

# **Aplicación de la metodología iRAP para evaluar y clasificar el nivel de riesgo en la seguridad vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago**

## ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

### CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**Aplicación de la metodología iRAP para evaluar y clasificar el nivel de riesgo en la seguridad vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago**

Llevado a cabo por el estudiante:

Guillén Pizarro Jason Josué

Carné: 2017117001

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el viernes 27 de junio de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

 **Tecnológico de Costa Rica**  
Firmado digitalmente por  
JOSE ANDRES ARAYA  
OBANDO (FIRMA)  
Fecha: 2025.07.01 12:01:21  
-06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando  
Director de Escuela

 **Tecnológico de Costa Rica**  
Firmado digitalmente por  
IRVING JORHANY PIZARRO  
MARCHENA (FIRMA)  
Fecha: 2025.06.30 07:49:36  
-06'00'

Dr. Irving Pizarro Marchena  
Profesor Guía

**MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2025.06.28 15:38:14 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE  
Profesor Lector

**GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA)  
Fecha: 2025.06.30 09:44:22 -06'00'

Ing. Giannina Ortiz Quesada, MSc.  
Profesora Observadora

# Resumen

En este proyecto se aplicó la metodología iRAP-Star Rating for Schools (SR4S) para evaluar las condiciones de seguridad vial en entornos escolares del distrito central de Cartago, Costa Rica. El objetivo fue identificar factores de riesgo asociados a la infraestructura vial y proponer intervenciones que contribuyan a entornos más seguros para los estudiantes. La metodología incluyó una codificación detallada de atributos viales mediante la plataforma web de SR4S, inspecciones de campo, encuestas a padres de familia y análisis de aforos vehiculares. Los resultados evidenciaron velocidades de operación superiores a las permitidas, deficiencias en señalización, infraestructura peatonal incompleta o en mal estado y escasa supervisión en horarios pico. Estas condiciones incrementan el riesgo de siniestros viales en zonas escolares. A partir del análisis se formuló un plan de acción con recomendaciones basadas en contramedidas conforme la metodología de iRAP. Se concluye que la ausencia de elementos viales clave en el entorno evaluado incrementa significativamente el nivel de riesgo para los peatones. Estas condiciones no solo comprometen la seguridad de los estudiantes, sino que reflejan una planificación vial que históricamente ha priorizado la movilidad vehicular sobre la protección de los peatones.

Palabras clave: Seguridad vial, entornos escolares, iRAP-SR4S, infraestructura vial, evaluación de riesgos.

# Abstract

In this project, the iRAP-Star Rating for Schools (SR4S) methodology was applied to assess road safety conditions in school environments within the central district of Cartago, Costa Rica. The objective was to identify risk factors associated with road infrastructure and to propose interventions that contribute to safer environments for students. The methodology included detailed coding of road attributes using the SR4S web platform, field inspections, surveys administered to parents, and analysis of traffic volume data.

The results revealed operating speeds exceeding legal limits, deficiencies in signage, incomplete or deteriorated pedestrian infrastructure, and a lack of supervision during peak hours. These conditions increase the risk of traffic crashes in school zones. Based on the analysis, an action plan was formulated with recommendations aligned with iRAP's countermeasure guidelines. It is concluded that the absence of key road safety elements in the evaluated area significantly increases the risk level for pedestrians. These conditions not only compromise student safety but also reflect a road planning approach that has historically prioritized vehicular mobility over pedestrian protection.

Palabras clave: Road safety, school zone safety, iRAP-SR4S, road infrastructure, risk assessment.

# **Aplicación de la metodología iRAP para evaluar y clasificar el nivel de riesgo en la seguridad vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago**

JASON JOSUÉ GUILLÉN PIZARRO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

JUNIO de 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Glosario.....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	5
Planteamiento del problema.....	5
Justificación.....	6
Antecedentes .....	7
Objetivo General .....	11
Objetivos Específicos .....	11
Alcance.....	11
Limitaciones .....	12
Agradecimientos.....	13
Capítulo 1: Marco teórico .....	14
Capítulo 2: Metodología .....	40
Capítulo 3: Resultados y análisis .....	51
Conclusiones y recomendaciones .....	84
Referencias .....	87
Apéndices.....	91
Anexos .....	103

# Índice de cuadros

Cuadro 1. Atributos propuestos por iRAP.....	25
Cuadro 2. Características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno .....	26
Cuadro 3. Atributos propuestos de SR4S.....	27
Cuadro 4. Atributos viales para la codificación.....	28
Cuadro 5. Contramedidas y atributos .....	34
Cuadro 6. Escala de calificación por estrellas y su interpretación.....	48
Cuadro 7. Escuelas seleccionadas .....	53
Cuadro 8. Plan de acción .....	80

# Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....	46
Ecuación 2.....	47
Ecuación 3.....	47

# Índice de tablas

Tabla 1. Datos sociodemográficos del área de estudio.....	52
Tabla 2. Características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno .....	52
Tabla 3. Información de las instituciones educativas .....	53
Tabla 4. Matriz de priorización de los entornos escolares.....	55

# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Zona de estudio.....	3
<b>Figura 2.</b> Distribución porcentual de las muertes notificadas por los países, por tipo de usuario de la carretera y región de la OMS. ....	20
<b>Figura 3.</b> Clasificación de estrellas de iRAP, ejemplo del demostrador ViDA.....	23
<b>Figura 4.</b> Metodología SR4S .....	24
<b>Figura 5.</b> Atributos Viales de la Aplicación SR4S – Ejemplo demostrador .....	34
<b>Figura 6.</b> Metodología del proyecto .....	41
<b>Figura 7.</b> Tabla interactiva de accidentes de tránsito .....	44
<b>Figura 8.</b> Aplicación web SR4S .....	45
<b>Figura 9.</b> Ubicación de los entornos escolares .....	53
<b>Figura 10.</b> Captura de la encuesta .....	56
<b>Figura 11.</b> Modos de transporte utilizados por los estudiantes.....	57
<b>Figura 12.</b> Duración media del trayecto a los centros escolares .....	58
<b>Figura 13.</b> Acompañante habitual del estudiante.....	59
<b>Figura 14.</b> Tipo de vías utilizadas por los estudiantes durante su desplazamiento hacia la escuela.....	60
<b>Figura 15.</b> Principales riesgos en el camino .....	61
<b>Figura 16.</b> ¿El estudiante debe cruzar calles de alto tránsito vehicular para llegar a la escuela? .....	62
<b>Figura 17.</b> Zonas de cruce seguras en el trayecto.....	62
<b>Figura 18.</b> Uso de transporte público.....	63
<b>Figura 19.</b> Seguridad vial en el camino hacia las escuelas .....	63
<b>Figura 20.</b> Presencia de oficiales de tránsito en los alrededores.....	64
<b>Figura 21.</b> Inspección en campo: Entrada Kinder Ascensión Esquivel Ibarra.....	65
<b>Figura 22.</b> Inspección en campo: Entrada lateral de la escuela, calle principal Av.4.....	66
<b>Figura 23.</b> Inspección en campo: Zona cercana a la entrada lateral de la escuela, Av.4 .....	66
<b>Figura 24.</b> Inspección en campo: Calle entrada principal a la escuela, C.0.....	67
<b>Figura 25.</b> Interfaz de la aplicación SR4S.....	68
<b>Figura 26.</b> Codificación entrada lateral de la escuela Ascensión Esquivel Ibarra, Av.4.....	68
<b>Figura 27.</b> Codificación entrada principal de la escuela Ascensión Esquivel Ibarra, C.0.....	69
<b>Figura 28.</b> Codificación entrada principal del Kinder Ascensión Esquivel Ibarra, Av.6. ....	69
<b>Figura 29.</b> Codificación entrada lateral del kinder Ascensión Esquivel Ibarra, C.1.....	70
<b>Figura 30.</b> Codificación Calle principal que se dirige hacia entrada lateral de la escuela, Av.4. ....	70
<b>Figura 31.</b> Falta de cruce peatonal .....	73
<b>Figura 32.</b> Aceras en mal estado.....	73
<b>Figura 33.</b> Señalización horizontal desgastada.....	73
<b>Figura 34.</b> Señalización horizontal ausente.....	74
<b>Figura 35.</b> Tránsito mixto y aglomeración de peatones .....	75
<b>Figura 36.</b> Estacionamiento indebido en zona escolar .....	76
<b>Figura 37.</b> Resultados de calificación por estrellas.....	77
<b>Figura 38.</b> Bandas alertadoras en la vía.....	78
<b>Figura 39.</b> Cruce peatonal sin semáforo.....	79
<b>Figura 40.</b> Señalización horizontal zona escolar.....	79
<b>Figura 41.</b> Señalización vertical zona escolar.....	80
<b>Figura 42.</b> Calificación por estrellas mejorada Av.4 Calle principal Entrada lateral a la escuela .....	82
<b>Figura 43.</b> Calificación por estrellas mejorada Av.6 Entrada principal al kínder .....	82

# Glosario

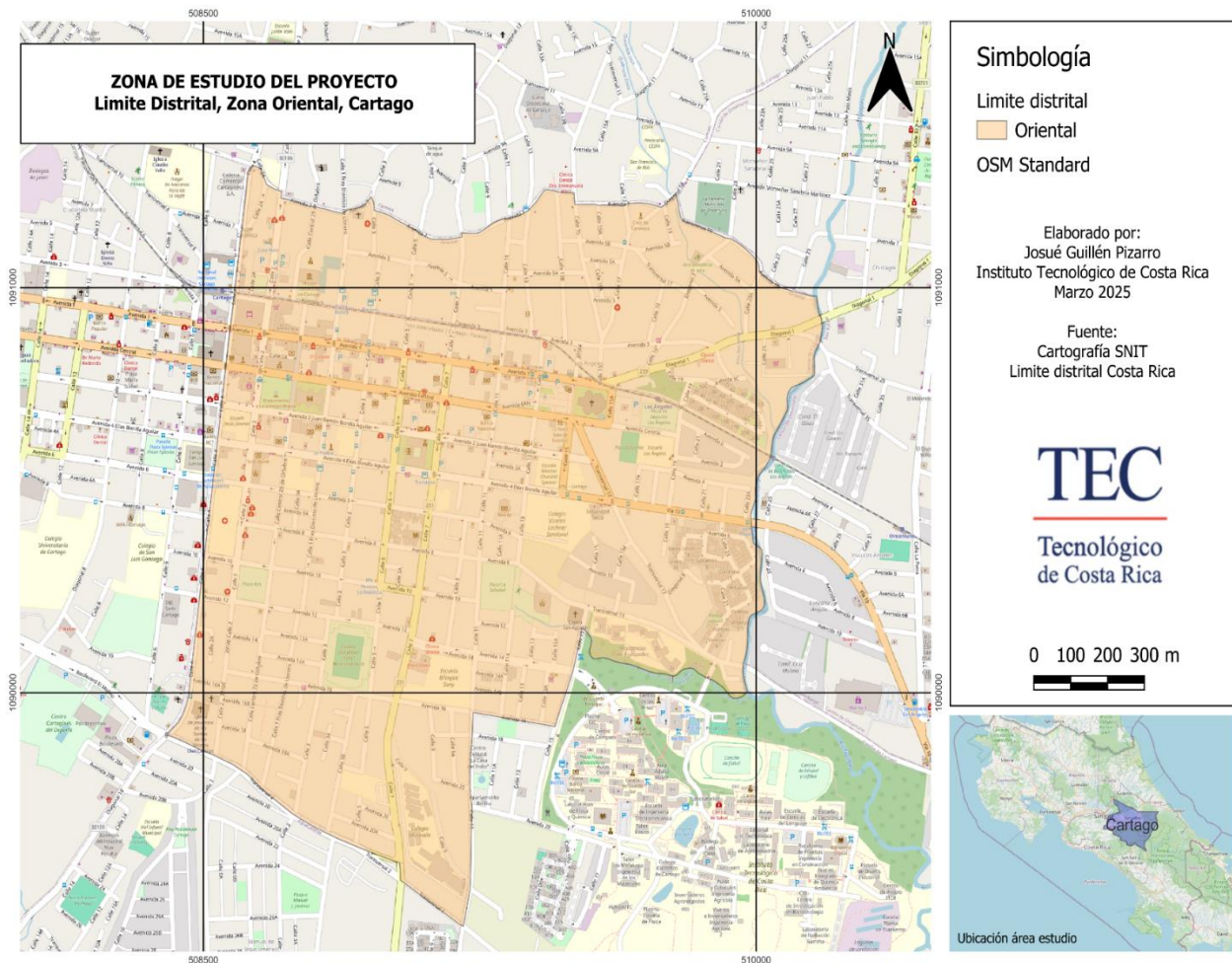
Esta sección constituye un catálogo de palabras, abreviaturas y siglas utilizadas a lo largo del documento como recurso de referencia para los lectores. De este modo, se proporciona una definición, descripción o traducción para que cada uno de los elementos del glosario pueda ser consultado antes o durante la lectura del documento.

- AIPCR: Asociación Internacional Permanente de Congresos de Carreteras (PIARC: Permanent International Association of Road Congresses).
- COSEVI: Consejo de seguridad vial.
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés “Global Positioning System”).
- HGV: Porcentaje de vehículos pesados que transitan por una vía específica (en inglés “Heavy Goods Vehicles”).
- INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- IRAP: Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (Por sus siglas en inglés “International Road Assessment Programme”).
- LANAMME: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- MEP: Ministerio de Educación Pública.
- MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- ODS: Objetivos de desarrollo sostenible.
- ONG: Organización no gubernamental.
- OMS: Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés “World Health Organization”).
- SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.
- SR4S: Clasificación de Estrellas para Escuelas (Por sus siglas en inglés “Star Rating for Schools”).
- QGIS: Sistema de Información Geográfica Cuántica (Por sus siglas en inglés “Quantum Geographic Information System”).

# Resumen ejecutivo

La presente investigación aborda de manera integral la seguridad vial en entornos escolares ubicados en la zona central del cantón de Cartago, Costa Rica, mediante la adaptación y aplicación de la metodología Star Rating for Schools (SR4S) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP). El problema abordado radica en la necesidad de identificar y mitigar los riesgos a los que se exponen los estudiantes al desplazarse hacia y desde sus centros educativos, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial. En Costa Rica, los siniestros viales representan una de las principales causas de lesiones y muertes en niños y jóvenes, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias efectivas para mitigar estos riesgos. En el contexto de la región central del cantón de Cartago, esta problemática se agrava debido a que existe una falta de infraestructura vial adecuada, también el crecimiento poblacional y la urbanización han generado un aumento en el flujo vehicular, lo que incrementa el riesgo de siniestros, adicionalmente, conductores como peatones suelen adoptar conductas irresponsables, como exceso de velocidad, uso inadecuado del celular al conducir y cruce imprudente de las vías. La Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) reconoce la necesidad de formar profesionales capaces de aplicar herramientas internacionales con rigor técnico, además de la aplicación de metodologías innovadoras para Costa Rica. A su vez, para la Junta de Educación de Cartago Centro, el estudio representa una oportunidad para evidenciar la situación actual del entorno escolar y procurar garantizar rutas más seguras para todos los estudiantes. En la siguiente figura se muestra la zona en la que se encuentran los entornos escolares seleccionados y evaluados:

Figura 1. Zona de estudio



El proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente los ODS 3, 4, 9 y 11 (WHO, 2023). Con el ODS 3: Salud y Bienestar se está contribuyendo a reducir el número de siniestros viales, que son una de las principales causas de muerte y de discapacidad en jóvenes y niños. El ODS 4: Educación de Calidad al identificar y abordar los peligros en las rutas escolares, se promueve que los estudiantes puedan acceder a un entorno escolar más seguro el cual facilita el acceso a una educación de calidad. El ODS 9: Industria, innovación e infraestructura promueve la construcción de infraestructuras duraderas y sostenibles. La mejora de la infraestructura vial en entornos escolares, basada en la evaluación de riesgos, contribuye a crear una infraestructura más segura y eficiente que protege a los usuarios en las vías. Y finalmente, con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, al priorizar la seguridad vial se fomenta a la movilidad activa como caminar o andar en bicicleta, lo que reduce la congestión vehicular y la contaminación del aire.

Por otra parte, se definieron tres objetivos específicos: identificar los centros educativos de la región central del cantón de Cartago que presentan riesgos en seguridad vial mediante el uso de criterios de priorización basados en los atributos establecidos por la metodología de categorización y selección de iRAP-

SR4S, evaluar el nivel de riesgo de las escuelas priorizadas a través de la metodología de Clasificación por Estrellas para escuelas, generando una clasificación y diagnóstico de riesgos asociados al uso de la infraestructura vial en el entorno de los centros educativos y por último, proponer recomendaciones basadas en los resultados obtenidos de la evaluación, análisis de riesgos y clasificación de las vías, orientadas a mejorar la infraestructura vial y la seguridad en las zonas escolares evaluadas.

La metodología desarrollada combinó análisis de datos incluyendo estadísticas de siniestros viales del COSEVI, datos demográficos del INEC y flujos vehiculares municipales con levantamientos de campo que integraron fotografías georreferenciadas y la codificación de cuarenta atributos viales en la plataforma web SR4S. En la fase de priorización, se generó una matriz multicriterio que consideró parámetros como densidad de siniestros viales por peatón, población escolar, uso del suelo, longitud y tipo de vías, número de intersecciones y horarios de atención. Como resultado, la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra fue seleccionada como el entorno más crítico y sujeto del estudio más detallado.

El levantamiento de información de campo permitió identificar deficiencias de infraestructura peatonal: el 40% de las aceras se encontró en mal estado o ausentes, la señalización horizontal y vertical presentaba desgaste en un 52% de los tramos, y el flujo vehicular medido superó en un 15% el límite operacional seguro. La encuesta a padres reveló que el 96% de los estudiantes debía cruzar vías de alto tránsito, el 58% detectó cruces inseguros, y el 96% consideró insuficiente la presencia de oficiales de tránsito en horarios pico. La combinación de datos objetivos y percepciones facilitó un diagnóstico integral.

La aplicación de SR4S resultó en calificaciones de 2.7, 3.1 y 3.1 estrellas en sus tres accesos principales, mientras que las entradas del kínder alcanzaron 3.8 estrellas. Como parte de las recomendaciones con el fin de mejorar la calificación por estrellas, se analizaron en la plataforma SR4S contramedidas como bandas alertadoras, reductores de velocidad, mejora de cruces peatonales y supervisión activa, proyectando un incremento a 4 y hasta 5 estrellas en todos los puntos críticos. Estos resultados cuantitativos se complementan con análisis cualitativos que confirman la viabilidad y el impacto potencial de las intervenciones.

Las conclusiones subrayan la eficacia de SR4S como herramienta replicable para entornos escolares costarricenses y la importancia de integrar la percepción comunitaria en la planificación de mejoras. Se recomienda implementar de manera coordinada con la Municipalidad y COSEVI un plan de acción que incluya la rehabilitación de aceras, instalación de señalización, dispositivos de control de tráfico y asignación de supervisores de cruce. Además, se sugiere formalizar inspecciones anuales interinstitucionales, crear un Observatorio Escolar de Seguridad Vial y capacitar a estudiantes de ingeniería en la metodología SR4S para garantizar la sostenibilidad del enfoque.

En síntesis, este estudio ofrece un diagnóstico claro y un conjunto de recomendaciones en evidencia que permiten transformar la infraestructura vial escolar, reducir riesgos y conformar entornos más seguros, sostenibles e inclusivos para los estudiantes de Cartago Centro. El modelo propuesto puede servir de referencia para políticas públicas y futuros proyectos de investigación en el ámbito de la seguridad vial escolar.

# Introducción

El presente proyecto busca implementar la metodología de Clasificación por estrellas para escuelas (SR4S) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP) para evaluar y clasificar los riesgos de siniestralidad para los usuarios de la infraestructura vial en entornos educativos de la región central del cantón de Cartago. La iniciativa tiene como objetivo evaluar y clasificar las condiciones actuales de las vías cercanas y el entorno de los centros educativos, identificando los posibles peligros involucrados y clasificando su grado de amenaza. Para ello, se emplearán varios métodos de recopilación de datos, incluida la observación in situ, la aplicación de herramientas de mapeo vial y la evaluación de la infraestructura actual mediante un sistema de clasificación por estrellas en los sitios designados. La Clasificación por Estrellas de iRAP es una metodología reconocida internacionalmente para evaluar el riesgo en las vías. Las vías menos seguras son clasificadas con 1 Estrella y las más seguras con 5 Estrellas. Star Rating for Schools (SR4S) es una herramienta que permite evaluar y clasificar el nivel de riesgo vial en los entornos educativos a partir de un análisis detallado de los factores de seguridad para peatones. Al generar una clasificación objetiva basada en evidencia, este trabajo busca proporcionar información clave para la formulación de estrategias de mitigación de riesgos, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial en las zonas escolares de la región central del cantón de Cartago.

## Planteamiento del problema

El problema abordado radica en la necesidad de identificar y mitigar los riesgos a los que se exponen los estudiantes al desplazarse hacia y desde sus centros educativos, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial. En Costa Rica, los siniestros viales representan una de las principales causas de lesiones y muertes en niños y jóvenes, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias efectivas para mitigar estos riesgos. En el contexto de la región central del cantón de Cartago, esta problemática se agrava debido a que existe una falta de infraestructura vial adecuada, también el crecimiento poblacional y la urbanización han generado un aumento en el flujo vehicular, lo que incrementa el riesgo de siniestros, adicionalmente, conductores como peatones suelen adoptar conductas irresponsables, como exceso de velocidad, uso inadecuado del celular al conducir y cruce imprudente de las vías. Estos factores han dado lugar a una serie de consecuencias negativas, entre las que se destacan siniestros viales que pueden causar lesiones graves

y discapacidades permanentes en los estudiantes, afectando su calidad de vida y su desarrollo integral, inclusive la pérdida de vidas.

La ausencia de estudios sistemáticos que evalúen objetivamente el nivel de seguridad vial en los entornos escolares limita la capacidad de las autoridades locales para diseñar e implementar intervenciones eficaces. Actualmente, las decisiones en materia de seguridad vial en estos espacios se basan en criterios generales y no en evaluaciones detalladas de riesgo. Ante esta problemática, surge la necesidad de aplicar metodologías estandarizadas que permitan identificar puntos críticos y priorizar acciones de mejora en la infraestructura vial escolar. Es por esta razón que el presente estudio aborda esta problemática mediante la aplicación de la metodología de Clasificación por Estrellas para Escuelas (SR4S) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP).

## Justificación

La seguridad vial en entornos escolares es un tema de gran importancia, ya que los estudiantes representan uno de los grupos más vulnerables en las vías. La alta incidencia de accidentes de tránsito en estos entornos evidencia la necesidad de contar con herramientas que permitan evaluar y mitigar los riesgos a los que se enfrentan diariamente los peatones escolares. Esta situación se respalda con datos estadísticos presentados en la Figura A.2 del anexo 1, donde se muestra la proporción de siniestros viales que afectan a población infantil y juvenil en el país. Con el objetivo de contribuir a la mejora de la seguridad vial en el cantón de Cartago, este trabajo de investigación se desarrolló en estrecha colaboración con la Junta de Educación de Cartago Centro. La región central de este cantón fue seleccionada como área de estudio debido a la creciente preocupación por la seguridad de los estudiantes al utilizar las vías públicas. A través de la aplicación de la metodología iRAP, se busca identificar los riesgos de cada entorno escolar y proponer soluciones prácticas para mitigarlos.

La falta de estudios sobre la seguridad vial en los entornos escolares limita la capacidad de las autoridades locales y educativas para implementar medidas de prevención efectivas. Al aplicar la metodología iRAP, se espera obtener una evaluación objetiva del nivel de riesgo en cada entorno escolar, lo que permitirá identificar las zonas con mayor riesgo para los usuarios y las contramedidas de seguridad que se requieren para la reducción de estos riesgos.

Dicha metodología se presenta como una alternativa práctica con estándares internacionales y herramientas ampliamente utilizadas y aceptadas por la comunidad vinculada a la seguridad vial. iRAP facilita la comparación de resultados a nivel global y la generación de recomendaciones basadas en evidencia. La clasificación por estrellas, característica distintiva de esta metodología, permite comunicar de manera clara y concisa el nivel de riesgo a diferentes factores, facilitando la toma de decisiones y la asignación de recursos. A nivel científico, se espera contribuir al conocimiento sobre la seguridad vial en entornos escolares y validar la aplicación de la metodología iRAP en el contexto costarricense. Socialmente, se espera aportar en la

mejora de la gestión de la seguridad vial que a su vez procura disminuir el riesgo de accidentes de tránsito, mejorar la calidad de vida de la comunidad educativa y fomentar una cultura de seguridad vial. Desde una perspectiva económica, se destaca que mejoras en la gestión de la seguridad vial están vinculadas con la economía del país a través de la disminución de los costos asociados a accidentes de tránsito, atención hospitalaria y el impacto futuro en el recurso humano involucrado en la actividad económica del país.

Por otra parte, el proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente los ODS 3, 4, 9 y 11 (WHO, 2023). Con el ODS 3: Salud y Bienestar se estaría contribuyendo a reducir el número de accidentes de tránsito, que son una de las principales causas de muerte y discapacidad en jóvenes y niños. El ODS 4: Educación de Calidad al identificar y abordar los peligros en las rutas escolares, se promueve que los estudiantes puedan acceder a un entorno escolar más seguro el cual facilita el acceso a una educación de calidad. El ODS 9: Industria, innovación e infraestructura promueve la construcción de infraestructuras duraderas y sostenibles. La mejora de la infraestructura vial en entornos escolares, basada en la evaluación de riesgos, contribuye a crear una infraestructura más segura y eficiente que protege a los usuarios en las vías. Y finalmente, con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles al priorizar la seguridad vial, se fomenta a la movilidad activa como caminar o andar en bicicleta, lo que reduce la congestión vehicular y la contaminación del aire.

## Antecedentes

La seguridad vial en entornos escolares ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones internacionales, debido a la creciente preocupación por la protección de los estudiantes en su desplazamiento diario. Diferentes estudios han abordado la evaluación del riesgo en zonas escolares mediante metodologías basadas en evidencia, identificando los factores que influyen en la siniestralidad y proponiendo estrategias para mejorar la infraestructura vial. Entre las herramientas más utilizadas para estos análisis se encuentra la metodología iRAP y su sistema de Clasificación por Estrellas para Escuelas (SR4S), cuya aplicación ha permitido diagnosticar y mitigar riesgos en diversos países. El presente trabajo se fundamenta en una revisión exhaustiva de literatura científica y técnica relacionada con la seguridad vial escolar, con el objetivo de contextualizar el estudio y establecer un marco comparativo con investigaciones previas. Se han analizado estudios en distintos países que han aplicado la metodología iRAP-SR4S para evaluar y mejorar la seguridad en zonas escolares, considerando aspectos como la infraestructura vial, la velocidad vehicular y la señalización. A través de este análisis, se han identificado tendencias en la implementación de medidas de mitigación y se ha determinado la efectividad de distintas intervenciones para reducir la siniestralidad en estos entornos.

Choocharukul et al., (2018) desarrollaron una investigación con el objetivo de concientizar sobre la seguridad vial en zonas escolares analizando los riesgos potenciales en la red viaria en torno a los centros escolares y sugiriendo opciones de tratamiento adecuadas. Dicho estudio fue realizado en la ciudad de

Bangkok, Tailandia donde los datos se recopilaron mediante estudios de carreteras que recogen imágenes digitales de la carretera utilizando cámaras multivisión de alta resolución. Una vez tomadas las imágenes, los codificadores las visualizaron con un software especializado para registrar los atributos de la carretera. Los resultados indican que la metodología iRAP puede aplicarse a las escuelas tailandesas, además se comprobó que algunos tramos de acceso a las escuelas siguen siendo de 1 o 2 estrellas, mientras que el criterio mínimo aceptable según los objetivos de seguridad vial de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 3 estrellas o superior. De acuerdo con los autores esto impulsa a las autoridades viales locales a mejorar esos tramos con el fin de alcanzar una mejor clasificación y aumentar el nivel de la seguridad vial. Además, recomiendan fomentar la participación pública para así maximizar los beneficios de los proyectos de seguridad vial.

De manera similar, el estudio de Zayerzadeh & Fallah Z., (2019) se enfocaron en evaluar la situación de la seguridad vial en torno a 8 escuelas primarias de las ciudades de Teherán y Mashhad en Irán, utilizando la metodología Star Rating for Schools (SR4S). Para la evaluación de las escuelas, se recopilaron diferentes datos de 8 escuelas, como el volumen de tráfico, el número de alumnos, la velocidad de circulación, el ancho de la calzada, las instalaciones de cruce, etc., y se calcularon las puntuaciones de seguridad utilizando la aplicación SR4S del iRAP. En los resultados destacan que las autoridades viales locales seleccionaron los 3 centros escolares con las puntuaciones más altas en la evaluación de la seguridad para aplicar las medidas de mejora. La reevaluación de las zonas escolares mostró una mejora significativa de las puntuaciones de seguridad, la calificación inicial de las escuelas de 1 estrella mejoró a 3,4 y 2 estrellas respectivamente.

Otro estudio por Kamid et al., (2021) fue ejecutado en Filipinas, donde evaluaron 25 y 41 escuelas de las ciudades de Zamboanga y Valenzuela respectivamente, utilizando la herramienta Star Rating for Schools. Los resultados mostraron que un gran número de escuelas de la ciudad de Zamboanga registraron calificaciones bajas de estrellas, esto se debió principalmente a las características de su ubicación y la velocidad de operación que es un factor importante que afecta a la clasificación por estrellas y a la puntuación. En Valenzuela, de las escuelas evaluadas, el 86,9% obtuvo una calificación de 5 estrellas, mientras que el 10,9% y el 2,2% obtuvieron 4 y 3 estrellas respectivamente. Aquí señalan que la mayoría de las escuelas encuestadas están situadas en zonas exclusivas, mientras que otras están en medio de residencias donde los accesos son generalmente caminos estrechos en los que difícilmente pueden penetrar vehículos de cuatro ruedas. El proceso comenzó con la inspección *in situ* de los tramos de carretera elegidos que sirven de acceso a los alumnos que se dirigen a sus respectivos centros escolares. Los puntos críticos se codificaron y analizaron mediante la aplicación web SR4S donde se generaron clasificaciones por estrellas. Luego se identificaron los atributos críticos de las carreteras para finalmente simular virtualmente las intervenciones, que mejorarían o no la clasificación por estrellas y la puntuación de una carretera utilizando la función de demostrador del sistema. Según los autores, la Clasificación por Estrellas para Escuelas (SR4S) es un recurso respaldado por la investigación que destaca los peligros a los que se enfrentan los estudiantes en la carretera y cuando viajan hacia los centros educativos. También proporciona una evaluación sencilla de la seguridad en las instituciones educativas y sugiere estrategias de intervención adecuadas.

Es importante entender que es deber de los urbanistas e ingenieros complementar estos esfuerzos diseñando infraestructuras peatonales que sean seguras y cómodas, y comunicar eficazmente estos diseños a las diversas partes interesadas para su aplicación. Es por esto que Gomintong & Jose Regin F. Regidor, (2022) elaboraron un trabajo en la ciudad de Quezon en las Filipinas donde comentan que el estudio contribuye al objetivo colectivo de contar con ciudades y comunidades sostenibles que incluyan a todos sus usuarios, incluidos los más vulnerables, como los escolares, tal y como establecen los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Los criterios utilizados para seleccionar las escuelas de este estudio fue la exposición a un elevado volumen de tráfico de vehículos, por lo que se identificaron y seleccionaron las escuelas situadas a lo largo de las carreteras principales. Entre los resultados destacan que tras la aplicación de las mejoras se evidenció una reducción de los riesgos de seguridad superior al 90%, y suponiendo que la velocidad de circulación de los vehículos se ajusta al límite de velocidad especificado para cada carretera, la clasificación por estrellas de todos los puntos de inspección superó la marca de tres estrellas recomendada por iRAP. Finalmente, concluyen que Herramientas como SR4S permiten a los investigadores y a diversos grupos realizar evaluaciones de la seguridad peatonal, identificar posibles mejoras, medir su impacto y, lo que es más importante, comunicarlas eficazmente a las partes interesadas para que las mejoras sean una realidad.

Por otra parte, investigaciones recientes han abordado esta problemática en países de ingresos bajos y medios. En un estudio realizado en Nepal por Luitel et al., (2023) se seleccionaron cuatro escuelas por sus características inadecuadas de seguridad, se recolectaron datos de 39 parámetros para cada escuela relacionados con el entorno vial, el tipo y las características de la carretera, la zona escolar, las aceras, los cruces, el flujo de tráfico, las intersecciones, las curvas y la velocidad. Las calificaciones iniciales de las cuatro escuelas variaron desde una hasta cuatro estrellas; pero tras aplicar las medidas de seguridad, las calificaciones aumentaron mejorando su clasificación, con una reducción significativa de las puntuaciones de los factores de riesgo. Sin embargo, los autores evidenciaron la existencia de posibilidades de mejora para alcanzar una calificación de seguridad hasta de cinco estrellas.

Ellizar et al., (2023) realizaron un estudio en la escuela Junior High School en Surakarta, Indonesia donde utilizaron la herramienta de Star Rating for Schools (SR4S). Los autores destacan que los principales problemas detectados por los estudiantes fueron la falta de infraestructuras más seguras, los obstáculos en las calles para los peatones, la falta de concientización sobre la seguridad, el mal diseño y gestión de las infraestructuras y la falta de servicios. Al utilizar la metodología iRAP encontraron siete lugares de alto riesgo alrededor de la escuela que debían evaluarse, por lo que en el estudio identificaron con éxito mejoras de la seguridad vial que pueden satisfacer las necesidades de los usuarios basándose en un enfoque de diseño participativo en el que intervienen los estudiantes combinados con el análisis SR4S del iRAP. La escuela y el equipo de investigación presentaron las soluciones propuestas al gobierno, pero las medidas adoptadas fueron limitadas. La escuela Junior High fue la primera escuela de Indonesia evaluada oficialmente mediante SR4S. El estudio demostró que la participación de los jóvenes en la identificación de los peligros que

comprometen su seguridad al ir y volver de la escuela y las posibles soluciones a través de la herramienta SR4S es una técnica útil para la planificación de la seguridad vial en torno a las escuelas.

En 2024 Regidor et al., resaltan que los desplazamientos regulares de los niños a los centros escolares y viceversa pueden planificarse, diseñarse, gestionarse y mantenerse de forma eficaz para lograr una movilidad segura, saludable y sostenible. Los desplazamientos de los niños entre sus casas y la escuela representan una parte significativa del total de viajes realizados en un día normal. En la metodología de este trabajo elaborado en tres ciudades de Filipinas: Angeles, Cagayan de Oro y Zamboanga destaca el uso de encuestas para determinar las características de los desplazamientos de los escolares. La información obtenida de estos conjuntos de datos se utilizó como base para la identificación y aplicación de intervenciones tales como la mejora de la infraestructura vial, así como para formular políticas destinadas a hacer más seguros los desplazamientos de los estudiantes. Concluyen que SR4S puede utilizarse como herramienta para determinar los lugares críticos alrededor de los entornos escolares y a lo largo de las rutas de desplazamiento. Las clasificaciones por estrellas pueden utilizarse como base para determinar las intervenciones que serían más eficaces para reducir el riesgo para los estudiantes.

Por otra parte, Ndingwan Tevoh Lordswill et al., (2024) trabajaron en la ciudad de Yaundé, Camerún. Este estudio progresivo se llevó a cabo en 2 fases: una primera fase en 2022 (de enero a julio) que comprendía el análisis de los datos de colisiones, la evaluación iRAP de un tramo de carretera y el SR4S, y la segunda fase en 2023 (de octubre a diciembre) y 2024 (de enero a febrero) que comprendía la formulación de encuestas a las escuelas y la segunda evaluación de la Calificación por Estrellas para Escuelas. Los resultados de la primera fase se presentaron durante el Congreso Mundial de Carreteras de la AIPCR en 2023 como evaluaciones iRAP y selección de contramedidas para carreteras más seguras a las escuelas de la ciudad de Yaundé. Según los resultados la clasificación por estrellas de la mayoría de las escuelas fue de 1 y 2 estrellas. Los autores comentan que para mejorar la seguridad y tomar medidas significativas, los esfuerzos dirigidos deben ser multidisciplinarios y no limitarse a medidas de ingeniería. Las acciones multidisciplinarias deben comprender métodos de ingeniería, complementados con la aplicación del enfoque de sistema seguro. También deberían incluir la participación de las partes interesadas de la comunidad, como los educadores, y de las autoridades encargadas de hacer cumplir la ley, que tienen un amplio conocimiento del comportamiento de los usuarios locales de la vía pública. Teniendo en cuenta el estado actual de la gestión de la seguridad vial en Camerún, podrían llevarse a cabo más investigaciones sobre el comportamiento de otros grupos de usuarios de la vía pública y la transferibilidad de las soluciones propuestas a las ciudades camerunesas.

Los trabajos antes mencionados, al igual que el presente proyecto, resaltan la necesidad de implementar medidas basadas en evidencia para disminuir los riesgos viales y promover entornos escolares más seguros. Tras una revisión bibliográfica exhaustiva, no se encontraron estudios previos que apliquen directamente esta metodología en Costa Rica. La ausencia de investigaciones similares a nivel nacional resalta lo inédito y relevante de este trabajo, ya que representa un primer esfuerzo por evaluar y clasificar el

nivel de riesgo en entornos escolares costarricenses mediante un enfoque estandarizado y reconocido internacionalmente.

## Objetivo General

Evaluar el nivel de riesgo para los usuarios de la infraestructura vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago, utilizando la metodología de Clasificación por estrellas para escuelas del Programa internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP), para la identificación de puntos críticos y propuesta de mejoras en la infraestructura vial que contribuyan a la prevención y mitigación de siniestros.

## Objetivos Específicos

1. Identificar los centros educativos de la región central del cantón de Cartago que presentan riesgos en seguridad vial mediante el uso de criterios de priorización basados en los atributos establecidos por la metodología de categorización y selección de iRAP-SR4S, con el fin de seleccionar el entorno escolar que requiere atención prioritaria para su posterior evaluación, diagnóstico y formulación de mejoras.
2. Evaluar el nivel de riesgo de las escuelas priorizadas a través de la metodología de Clasificación por Estrellas para escuelas de iRAP, generando una clasificación y diagnóstico de riesgos asociados al uso de la infraestructura vial en el entorno de los centros educativos.
3. Proponer recomendaciones basadas en los resultados obtenidos de la evaluación, análisis de riesgos y clasificación de las vías, orientadas a la mejora de la infraestructura vial y la seguridad en las zonas escolares evaluadas.

## Alcance

Este proyecto abarca la identificación de centros educativos en la región central del cantón de Cartago que presentan riesgos para la seguridad vial, enfocado inicialmente en seis centros educativos, de los cuales tres serán priorizados para realizar la evaluación y clasificación utilizando la metodología iRAP-SR4S.

Se incluyó la recopilación de datos sobre el entorno vial de los centros priorizados, tomando en cuenta aspectos como la infraestructura existente, la velocidad vehicular, la señalización y las condiciones de accesibilidad para peatones. Dicha recopilación de datos y definición de criterios de priorización se llevaron a cabo a través de la consulta de fuentes digitales confiables, empleando plataformas en línea, bases de datos y literatura especializada disponible. Por otra parte, no se evaluaron variables o condiciones no

contempladas en la metodología iRAP o fuera del enfoque de seguridad vial. Estos datos se codificaron y analizaron mediante la plataforma SR4S, con el fin de obtener una clasificación del nivel de riesgo y generar un diagnóstico detallado.

En la fase de evaluación, se aplica la metodología Star Rating for Schools (SR4S) para analizar y clasificar el nivel de riesgo en el entorno educativo priorizado, generando un diagnóstico basado en una matriz y un mapa de clasificación. La evaluación se realizará exclusivamente bajo los estándares de clasificación por estrellas de iRAP y no se incluirá la implementación de medidas correctivas; solo se realizará la evaluación y el diagnóstico.

Finalmente, el estudio se enfocará en la formulación de recomendaciones para mejorar la infraestructura vial y la seguridad en los entornos escolares evaluados. Estas recomendaciones estarán alineadas con las intervenciones definidas por iRAP y se presentarán en un plan de acción detallado. Sin embargo, el proyecto no incluirá un análisis costo-beneficio de las propuestas, ni la implementación de estas, limitándose a proporcionar un marco de referencia para futuras acciones de mejora en la seguridad vial escolar.

## Limitaciones

Durante el desarrollo de este estudio se presentaron diversas limitaciones que afectaron en cierto grado el cumplimiento de los objetivos planteados. En la etapa de identificación de los centros educativos con mayores riesgos en seguridad vial, una de las principales dificultades fue la limitada disponibilidad de datos actualizados y precisos sobre siniestros viales y condiciones de la infraestructura en el entorno escolar. Aunque se logró obtener información a través de instituciones como COSEVI y la Municipalidad de Cartago, algunos registros carecían de detalle geográfico o estaban desactualizados, lo que dificultó una caracterización más precisa en la etapa de priorización.

Durante la aplicación de la metodología SR4S, se identificó que algunos atributos propios de la realidad costarricense no están contemplados directamente por la herramienta, lo que pudo influir en la codificación final de ciertos segmentos viales. Además, la necesidad de realizar múltiples visitas para codificar distintos puntos y validar datos en campo implicó retos logísticos y de tiempo, especialmente en condiciones climáticas adversas o con alta circulación vehicular.

En cuanto a la formulación de recomendaciones, una de las limitaciones fue la incertidumbre sobre la viabilidad de implementación de algunas contramedidas, ya que su ejecución depende de la coordinación entre múltiples actores institucionales. A pesar de que se propusieron medidas técnicamente justificadas, la aceptación o ejecución efectiva por parte de las autoridades locales o la comunidad educativa podría enfrentar restricciones presupuestarias o técnicas en el corto plazo.

# Agradecimientos

Primeramente, y más importante, agradezco profundamente a Dios por darme la sabiduría, inteligencia, entendimiento, fortaleza y salud, tanto durante todos los años de la carrera como en la realización de este proyecto. Sin sus fuerzas, no habría podido llegar hasta aquí.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi familia por todo su apoyo durante todos estos años. A mi mamá Zaida por apoyarme siempre, por darme aliento e impulso en los momentos más difíciles, y por su amor incondicional que ha sido un pilar fundamental a lo largo de este camino. A mis abuelos Gladys y Roger, darles las gracias por estar siempre para mí y por darme una razón más para seguir adelante con esfuerzo y determinación. A mi papá, por motivarme constantemente a seguir estudiando y recordarme la importancia de prepararme para el futuro.

Agradezco al profesor tutor de este proyecto, Dr. Irving Pizarro Marchena, quien además de ser parte fundamental en mi formación académica, es también mi tío. Gracias por motivarme siempre a estudiar, por alentarme a seguir adelante con constancia y compromiso, y por brindarme todo su amor, cariño y apoyo incondicional durante este proceso. Su acompañamiento cercano y sincero fue esencial para alcanzar esta meta, y su ejemplo ha dejado una huella significativa en mi camino.

Quiero expresar mi agradecimiento al Ingeniero Gustavo Rojas, presidente de la Junta de Educación de Cartago Centro y profesor de la Escuela de Ingeniería en Construcción, por su valiosa colaboración en la gestión para contactar a las escuelas y facilitar el acceso a los datos necesarios para el desarrollo de este proyecto. Asimismo, agradezco a la Junta de Educación de Cartago Centro por su disposición y apoyo para permitir que este estudio se realizara en las instituciones educativas del cantón.

De igual manera, agradezco a la Licenciada Teresita Guzmán, jefa del Área de Investigación y Estadísticas del COSEVI, por su amable apoyo en la obtención de datos de accidentes de tránsito que fueron fundamentales para el análisis. También extendo mi gratitud al Ingeniero Felipe Gutiérrez, de la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Cartago, por facilitar la información relativa al tránsito promedio diario y los datos de accidentes de tránsito que enriquecieron este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer a mis compañeros Daniela Fallas, Daniel Marín y Erick Solís, por su compañerismo y apoyo durante los meses de trabajo en el proyecto. Su colaboración y motivación mutua hicieron que este proceso fuera más llevadero y agradable para todos, contribuyendo a que cada uno pudiera avanzar y culminar exitosamente su respectivo proyecto.

# Capítulo 1: Marco teórico

El presente capítulo desarrolla los fundamentos teóricos que respaldan la metodología utilizada, el análisis de los resultados y las recomendaciones propuestas en este estudio. A partir de la revisión de diversas fuentes bibliográficas, se abordan conceptos relacionados con la seguridad vial, la infraestructura vial, la metodología iRAP y su herramienta Star Rating for Schools (SR4S), así como las medidas de mejora propuestas para disminuir los riesgos identificados. Cada uno de los subtemas ha sido seleccionado en función del problema planteado y de los objetivos específicos del proyecto. Este capítulo permite contextualizar el estudio dentro del campo de la seguridad vial y establece la base conceptual necesaria para comprender y justificar las decisiones metodológicas adoptadas a lo largo del trabajo.

## 1.1 Carreteras

De acuerdo con el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (MOPT, 2020) una carretera o camino es toda vía pública abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás usuarios, que permite el tránsito.

## 1.2 Elementos de una carretera

Una carretera está compuesta por distintos elementos funcionales que en conjunto permiten el tránsito seguro y eficiente de los usuarios. Su diseño, mantenimiento y correcta interacción son fundamentales para garantizar una infraestructura vial segura y funcional. A continuación, se describen algunos de los principales elementos que conforman una carretera.

### 1.2.1. Acera

Según el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (MOPT, 2020) una acera es el área de la vía pública terrestre destinada al uso por parte de peatones y para la instalación de servicios; la cual podría estar destinada a un uso compartido con modos activos de movilidad siempre que su diseño sea adecuado para tales fines, con prioridad peatonal.

## 1.2.2. Calzada

La calzada es el segmento de derecho de paso designado para la circulación de vehículos, que puede abarcar uno o varios carriles de tráfico (MOPT, 2020).

## 1.2.3. Ciclovía

De acuerdo con el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (MOPT, 2020) una ciclovía se define como:

Vía o sección de la calzada destinada, exclusivamente, al tránsito de bicicletas, triciclos no motorizados y peatones, cuyo ancho se establecerá reglamentariamente, esto de conformidad con la normativa vigente. (p.20)

## 1.2.4. Cuneta

La cuneta es una estructura longitudinal que se construye a partir de zanjas que se hacen en uno o ambos lados de la carretera, revestidas o no revestidas, con el fin de recibir y conducir el agua de escorrentía superficial, talud de corte y laderas, aledañas a la carretera hacia un punto determinado donde no provoque daños al pavimento, a otras estructuras de la carretera o a propiedades privadas (MOPT, 2020).

## 1.2.5. Dispositivos de seguridad

Los dispositivos de seguridad en carreteras son elementos diseñados para guiar, alertar, regular y proteger a los usuarios de la vía, con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito vehicular y peatonal. Estos dispositivos desempeñan un papel vital de la seguridad en las carreteras, garantizando un tráfico organizado y una respuesta efectiva en situaciones de emergencia. Según el CR-2020 los dispositivos de seguridad se definen como:

Las señales, marcas, semáforos y cualquier otro elemento que se coloquen dentro del derecho de vía de manera temporal o permanente para prevenir, regular, guiar e informar a todos los usuarios viales con el fin de que transiten con confort y seguridad (p.27).

## 1.2.6. Espaldón

El manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (MOPT, 2020) define el espaldón como:

Sección del derecho de vía libre de obstáculos, contigua a los carriles de circulación, destinada a emergencias y al acomodo de los vehículos que se detienen, con el fin de no interrumpir el flujo vehicular; además, provee soporte lateral a la estructura del pavimento (p.29).

### 1.2.7. Señalización

La señalización es una parte muy importante de las carreteras para garantizar la seguridad de los usuarios que utilizan las vías públicas. Es Conjunto de señales destinado a regular, prevenir o informar el tránsito vehicular (SIECA, 2015). Se divide en señalización vertical que es el aviso o señal de tránsito que se adhiere al suelo, colocado en forma vertical, para informar, reglamentar o prevenir a los usuarios de la vía, y señalización horizontal que se define como: marca de pintura de color amarillo o blanco que se graba sobre la superficie de rodamiento para reglamentar, prevenir o informar a los usuarios de la vía.

### 1.2.8. Red vial cantonal

La Red Vial Cantonal comprende las calles y caminos públicos que no forman parte de la Red Vial Nacional. Conforme con el CR-2020 la red vial cantonal es el conjunto de carreteras cantonales cuya administración corresponde a las Municipalidades. Esta red se subdivide de acuerdo con la Ley General de Caminos Públicos, de la siguiente manera: caminos vecinales, calles locales y caminos no clasificados.

### 1.2.9. Red vial nacional

La Red Vial Nacional abarca las principales carreteras que conectan regiones, ciudades y puntos estratégicos del país. Según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT, 2020) es el conjunto de carreteras nacionales administradas por el Consejo Nacional de Vialidad. Esta red se subdivide de acuerdo con la Ley General de Caminos Públicos, de la siguiente manera: carreteras primarias, secundarias y terciarias.

### 1.2.10. Reductores de velocidad

De acuerdo con el CR-2020, son dispositivos de control de tránsito utilizados para propiciar en los conductores la reducción de la velocidad a la que conducen. Se utilizan mayormente en sitios de alta velocidad, en cruces de carretera por sitios poblados, en zonas urbanas con presencia de peatones que cruzan la vía, en zonas escolares y en la llegada a estaciones de peaje o pesaje, entre otras aplicaciones.

La importancia de los reductores de velocidad radica en su capacidad para prevenir siniestros asociados al exceso de velocidad, como atropellos y colisiones. Al obligar a los conductores a reducir la velocidad, se promueve un comportamiento más prudente y se garantiza una mayor seguridad en la vía.

### 1.2.11. Superficie de rodamiento

La superficie de rodamiento de una carretera es la capa superior del pavimento con la que los neumáticos de los vehículos entran en contacto directo. Su función principal es proporcionar una superficie de contacto segura y duradera para el tránsito vehicular. Según el Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (SIECA, 2015) el rodamiento es la circulación o desplazamiento de los vehículos por las vías públicas.

### 1.2.12. Tránsito

El Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (SIECA, 2015) define tránsito o transitar como:

El flujo de personas y vehículos que transitan por las vías. (p.475)

### 1.2.13. Tránsito promedio diario

Se refiere a la cantidad promedio de vehículos que circulan por día en un tramo de carretera. (MOPT, 2020) (p.55)

### 1.2.14. Vehículo automotor

De acuerdo con el Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (SIECA, 2015) es un Vehículo de transporte terrestre de propulsión propia sobre dos o más ruedas y que no requiere de rieles.

### 1.2.15. Zona escolar

Zona de la vía en las cercanías de los centros educativos, en la cual rige automáticamente una velocidad máxima (generalmente 25 KPH) cuando los estudiantes están presentes o cuando los dispositivos de control de tránsito instalados así lo indiquen. (SIECA, 2015) (p.477)

## 1.3 Seguridad vial

El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (MOPT, 2020) define la seguridad vial como el conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de

accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

Por otra parte, la seguridad vial es un componente fundamental en la planificación y gestión del transporte, cuyo objetivo es minimizar los riesgos de siniestros viales y sus consecuencias sobre la vida humana. También es una parte importante para el desarrollo sostenible de las sociedades modernas, implica la creación de entornos viales seguros para todos los usuarios, desde peatones y ciclistas hasta conductores y pasajeros. No obstante, a pesar de los avances en ingeniería y tecnología, las vías públicas continúan siendo escenarios de siniestros que generan pérdidas humanas y económicas significativas.

Los siniestros viales representan una de las principales amenazas para la seguridad pública urbana, y son una problemática a la que todos los países prestan atención. La seguridad vial es un tema de alcance mundial, que la Organización Mundial de la Salud define como crisis de salud pública de acuerdo con Sun (2022).

González, (2013) destaca que la red vial debe planificarse y diseñarse de manera apropiada para garantizar una movilidad segura, eficiente y rentable para todos los usuarios, mitigando así los efectos adversos que dicha circulación pueda generar. Hay que tener en cuenta los factores que contribuyen a un funcionamiento apropiado, así como las conclusiones que se obtengan del mal funcionamiento del sistema. La principal responsabilidad de las autoridades encargadas de la red vial consiste en actuar sobre los factores que producen siniestros en carretera.

Es así como, el concepto de seguridad vial hace referencia a todos aquellos comportamientos que las personas deben tener en la vía pública, tanto como peatones, conductores o pasajeros, las cuales se encuentran orientadas a propiciar su seguridad integral y la de los otros.

## 1.4 Infraestructura vial

La infraestructura vial es el conjunto de elementos físicos y estructurales diseñados para garantizar la movilidad segura y eficiente de los distintos usuarios que transitan las vías. Comprende carreteras, calles, intersecciones, aceras, pasos peatonales, ciclovías, señalización vertical y horizontal y dispositivos de control del tránsito.

La Organización para la Cooperación Económica y de Desarrollo definió tres componentes principales dentro de un sistema vial: la infraestructura vial y su entorno, el factor vehículo y el factor humano. La infraestructura vial incluye las regulaciones en la planificación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de las carreteras y su entorno. Se estima que un 34% de los siniestros viales involucran el factor de infraestructura vial, afirma Barrantes (2010).

Por lo general, cuando se produce un siniestro vial, sus causas están representadas por una serie de factores como la experiencia del conductor, el cansancio, la conducción bajo los efectos del alcohol y otras sustancias psicoactivas, el diseño de la carretera, las condiciones meteorológicas, el exceso de velocidad,

conducir de manera distraída y la inseguridad de la infraestructura vial. El diseño de las carreteras es un factor clave para la seguridad de todos los usuarios que utilizan las vías según menciona Dumitrascu (2024).

Por otra parte, según Ahmed (2013) la red de carreteras influye en el riesgo de colisión porque determina cómo perciben los usuarios su entorno. En este sentido, la red vial proporciona instrucciones a los usuarios de la carretera sobre lo que deben hacer. Entre los factores negativos del diseño de carreteras en ingeniería vial se incluyen aquellos en los que un defecto de la carretera desencadena directamente un accidente, en los que algún elemento del entorno vial induce a error a un usuario de la carretera y, por tanto, induce errores humanos.

De acuerdo con González (2013) con el propósito de lograr una operación segura del tráfico, los ingenieros de carretera y otros profesionales encargados del desarrollo de proyectos de infraestructura vial deben respetar tres principios básicos: el principio de calidad cumpliendo requerimientos como visibilidad, adecuación de la infraestructura a la dinámica de los vehículos, posibilidades de maniobra y recuperación y la reducción de la severidad de impacto, en segunda instancia la consistencia espacial que completa de todos los elementos del camino con su entorno y la consistencia de las características de la carretera a lo largo de todo el recorrido, finalmente, el principio de consistencia temporal donde se habla del diseño planificado de carreteras.

La relación entre infraestructura y seguridad vial es evidente en la necesidad de adaptar el entorno vial a las características y necesidades de los usuarios más vulnerables, como peatones y ciclistas, para promover un tránsito más seguro y accesible. Elementos como cruces peatonales señalizados, reductores de velocidad y zonas de amortiguamiento son ejemplos de medidas en la infraestructura que contribuyen a la protección de los usuarios más vulnerables. Asimismo, una infraestructura adaptada a las condiciones del tráfico y las necesidades locales favorece el cumplimiento de las normativas viales, optimizando la seguridad y reduciendo los costos asociados a la siniestralidad.

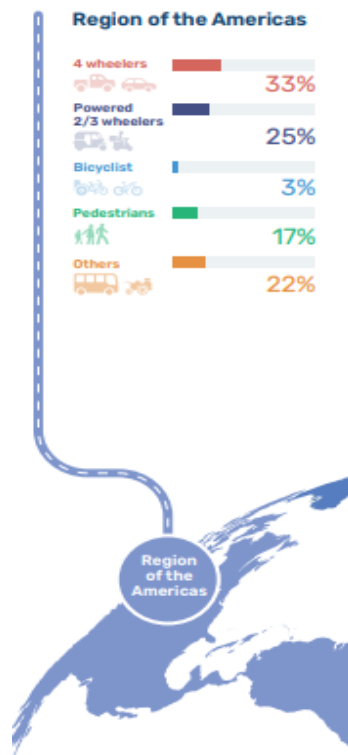
## 1.5 Problemática en la seguridad vial

La problemática en la seguridad vial en el mundo ha experimentado un fuerte aumento en el número de vehículos y con esto un incremento significativo del tráfico. Kolosok, (2020) menciona que se traduce en un aumento del número de siniestros viales y de sus consecuencias negativas. Hay toda una serie de problemas que deben resolverse, como las elevadas tasas de mortalidad y lesiones como consecuencia de los siniestros viales.

De acuerdo con La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2023) las muertes causadas por accidentes de tránsito siguen siendo la principal causa de mortalidad entre las personas de 5 a 29 años. Un porcentaje significativo de estas muertes involucra a peatones, ciclistas y motociclistas, particularmente en los países de ingresos bajos y medios. La intervención inmediata es imprescindible para cumplir el objetivo internacional de reducir a la mitad las muertes y lesiones causadas por accidentes de tránsito para el año

2030. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el reporte de estatus global de la seguridad vial en 2023, afirma que en la región de América el 17% de los siniestros vienen solamente de los peatones como se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Distribución porcentual de las muertes notificadas por los países, por tipo de usuario de la carretera y región de la OMS.



Nota: Informe de la OMS sobre la situación mundial de la seguridad vial (WHO, 2023)

Costa Rica enfrenta grandes desafíos en el tema de la seguridad vial, especialmente si el objetivo es un enfoque integral que va mucho más allá de la ingeniería de transportes. Son muchos los sectores que tienen responsabilidad en este tema y su labor debe ser coordinada para lograr una meta en común: reducir las fatalidades y las lesiones en las carreteras. Los siniestros viales representan la primera causa de muertes violentas, trayendo consigo la pérdida del bienestar de las víctimas y de sus familiares, pérdidas de producción, tratamiento de lesiones, daños materiales y a la propiedad pública y privada, congestión vial, entre otros como afirma Barrantes, (2010). En el contexto de la región central del cantón de Cartago, esta problemática se agrava debido a que existe una falta de infraestructura vial adecuada, también el crecimiento poblacional y la urbanización han generado un aumento en el flujo vehicular, lo que incrementa el riesgo de siniestros, adicionalmente, tanto conductores como peatones suelen adoptar conductas irresponsables, como exceso de velocidad, uso inadecuado del celular al conducir y cruce imprudente de las vías. Estos factores han dado lugar a una serie de consecuencias negativas, entre las que se destacan siniestros viales que

pueden causar lesiones graves y discapacidades permanentes en los estudiantes, afectando su calidad de vida y su desarrollo integral, inclusive la pérdida de vidas.

Por otro lado, la seguridad vial en el tema de entornos escolares representa una problemática de gran relevancia debido a la vulnerabilidad de los estudiantes en su desplazamiento diario hacia las instituciones educativas. Mahmoudabadi et al., (2015) consideran que muchas escuelas se encuentran muy cerca de las carreteras y dispersas en lugares inseguros. Los estudiantes no son conscientes de la información necesaria sobre los riesgos de seguridad vial y la falta de programas de formación adecuados en las escuelas, especialmente en los niveles de primaria y secundaria, causan un aumento anual en la tasa de accidentes de tráfico.

En muchas zonas urbanas, la infraestructura vial no está diseñada para proteger adecuadamente a los peatones más jóvenes, lo que se traduce en la falta de aceras seguras, cruces peatonales visibles, señalización adecuada y medidas de reducción de velocidad. Además, el crecimiento vehicular, el incumplimiento de normativas de tránsito y las conductas de riesgo de conductores, como el exceso de velocidad y la distracción al volante, agravan la exposición de los escolares a situaciones peligrosas. También una de las tantas causas de siniestros producidos en estos entornos es debido a que los niños observan el entorno vial desde una perspectiva diferente a la de los adultos debido a su menor estatura, lo que les dificulta ver el tráfico, además como mencionan Schieber & Thompson, (2024) a los niños les resulta difícil juzgar la velocidad con precisión y no es raro que, al cruzar una carretera, dejen pasar a un vehículo lento y crucen delante de uno rápido. Es bastante frecuente que los niños crucen la carretera simultáneamente con los vehículos y no utilicen los pasos de peatones. Los niños suelen mostrar un comportamiento inesperado al utilizar la red vial sin tener en cuenta las consecuencias de sus actos. Además, tienden a centrarse sólo en las cosas que más les interesan y se distraen con facilidad. Por último, los niños a menudo se centran en lo que creen que es la ruta más rápida para llegar a su destino, aunque esta ruta pueda ser bastante peligrosa. Varias investigaciones han identificado la influencia de las actitudes, la percepción del riesgo, la edad y los comportamientos observables en la conducta de los usuarios de la infraestructura vial. Dinh et al., (2020) demostraron que la mejora de las conductas de seguridad de los peatones se correlaciona con percepciones más favorables con respecto a la seguridad vial y con niveles mayores de conciencia sobre el riesgo de tráfico.

Ante esta situación, se hace necesario aplicar metodologías estandarizadas para evaluar el nivel de seguridad vial en estos entornos y establecer estrategias de intervención basadas en evidencia para reducir la siniestralidad y mejorar la movilidad segura de los estudiantes.

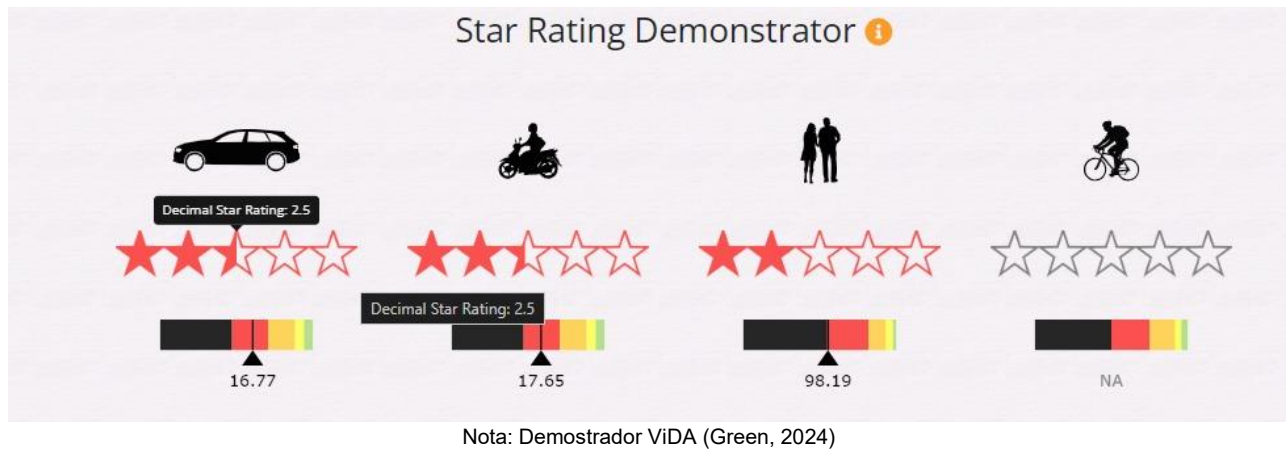
## 1.6 Metodología iRAP

El International Road Assessment Programme (iRAP) o Programa Internacional de Evaluación de Carreteras es una organización benéfica registrada, dedicada a salvar vidas mediante la eliminación de carreteras de

alto riesgo en todo el mundo. Al igual que muchas organizaciones benéficas que salvan vidas y que trabajan en el ámbito de la salud pública, utiliza un enfoque sólido y basado en pruebas para prevenir muertes y sufrimientos innecesarios. iRAP, (2020b) trabaja en asociación con gobiernos, autoridades viales, clubes de movilidad, bancos de desarrollo, ONG y organizaciones de investigación para: Inspeccionar carreteras de alto riesgo y desarrollar calificaciones por estrellas, mapas de riesgo y planes de inversión en carreteras más seguras, brindar capacitación, tecnología y apoyo que desarrollarán y mantendrán la capacidad nacional, regional y local y realizar un seguimiento del desempeño de la seguridad vial para que las agencias de financiamiento puedan evaluar los beneficios de sus inversiones.

La metodología iRAP se presenta como una alternativa práctica con estándares internacionales y herramientas ampliamente utilizadas y aceptadas por la comunidad vinculada a la seguridad vial. iRAP facilita la comparación de resultados a nivel global y la generación de recomendaciones basadas en evidencia. La clasificación por estrellas, característica distintiva de esta metodología, permite comunicar de manera clara y concisa el nivel de riesgo a diferentes factores, facilitando la toma de decisiones y la asignación de recursos. Dichas clasificaciones por estrellas se basan en los datos de inspección de las carreteras y proporcionan una medida sencilla y objetiva del nivel de seguridad incorporado a la carretera. Las carreteras de 5 estrellas son las de menor riesgo, mientras que las de 1 estrella son las de mayor riesgo. La figura 3 ilustra un ejemplo del resultado generado por el demostrador de iRAP, en el cual se muestran las calificaciones por estrellas asignadas a diferentes tipos de usuarios viales. En este caso, se observa que el vehículo y la motocicleta obtienen una calificación de 2.5 estrellas, lo que indica un riesgo moderado en cuanto a seguridad vial para estos modos de transporte. Por su parte, los peatones reciben una calificación de 2 estrellas, lo cual refleja un entorno con condiciones de riesgo elevadas para quienes se desplazan a pie. Finalmente, los ciclistas aparecen con una calificación de 0 estrellas, lo que evidencia un entorno completamente desfavorable y altamente riesgoso para este tipo de usuario, al carecer de infraestructura adecuada o medidas mínimas de protección. Este tipo de visualizaciones permite comparar el nivel de seguridad que ofrece la infraestructura a cada grupo de usuarios, facilitando así la toma de decisiones orientadas a la equidad y protección de los más vulnerables. Además, el criterio mínimo aceptable según los objetivos de seguridad vial de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2023) es de 3 estrellas o superior.

**Figura 3.** Clasificación de estrellas de iRAP, ejemplo del demostrador ViDA.



## 1.7 Star Rating for Schools (SR4S)

Star Rating for Schools (SR4S) es una herramienta de evaluación desarrollada dentro de la metodología del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP), diseñada específicamente para clasificar el nivel de seguridad vial en entornos escolares. Esta herramienta genera clasificaciones y puntuaciones por estrellas, así como la proposición de intervenciones en la seguridad vial en función de los objetivos de cada proyecto. SR4S utiliza parámetros estandarizados para analizar factores como la visibilidad de los peatones, el ancho y estado de las aceras, la presencia de cruces peatonales seguros, la velocidad vehicular y la señalización existente. Al derivarse directamente de la metodología iRAP, SR4S permite aplicar un enfoque basado en evidencia para la identificación de puntos críticos en la seguridad vial escolar, facilitando la toma de decisiones y la implementación de mejoras orientadas a reducir la siniestralidad en estos entornos.

SR4S (iRAP, 2020b) apoya intervenciones rápidas que podrían salvar vidas y evitar accidentes de tráfico con heridos graves desde el primer día que se utiliza la herramienta. La metodología SR4S es una herramienta que ayuda a determinar las características de las carreteras y las condiciones del tráfico que afectan a la seguridad de los peatones en el trayecto a su centro escolar. También favorece a la evaluación de la seguridad antes y después de las mejoras viales y proporciona una clasificación de la seguridad vial basada en pruebas. Más concretamente, asigna una clasificación por estrellas en puntos concretos, donde 1 estrella es el menos seguro mientras que 5 estrellas es el más seguro. Combina una aplicación web central y una aplicación Android de recopilación de datos que aprovechan la clasificación por estrellas de iRAP para peatones. La metodología SR4S define una secuencia de pasos para obtener los resultados finales como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Metodología SR4S



Nota: Metodología SR4S (iRAP, 2020b)

## 1.7.1 Enfocado en peatones

La seguridad de los niños cruzando y caminando en las vías alrededor de los centros educativos es un tema de gran relevancia, es por esta razón que la metodología Star Rating for Schools (SR4S) se centra en la evaluación y contribuye en la reducción de riesgos para los peatones. Al enfocarse en un grupo de usuarios (peatones), el proceso de valoración de riesgos se simplifica facilitando su aplicación por parte de los centros educativos alrededor del mundo (iRAP, 2014).

A diferencia de otras herramientas de iRAP que contribuyen en el análisis de la seguridad vial de manera integral, SR4S pone especial atención en elementos clave como la calidad de los cruces peatonales, la presencia de aceras seguras, la visibilidad de los peatones y la velocidad del tráfico en las inmediaciones escolares. Su metodología permite identificar deficiencias en la infraestructura vial y proporcionar una clasificación por estrellas que facilita la implementación de medidas para reducir los riesgos de atropellos y mejorar la movilidad segura en estos entornos específicos.

## 1.7.2 Atributos de medida

Los atributos de medida son variables cuantificables utilizadas para evaluar condiciones específicas dentro de un sistema o entorno determinado. En el contexto de la seguridad vial, estos atributos permiten analizar factores como el estado de la infraestructura, el comportamiento de los usuarios y las condiciones del tráfico para determinar el nivel de riesgo presente. En el manual de análisis de Big Data (iRAP, 2021) se mencionan los parámetros y atributos propuestos por nivel para la obtención de datos que finalmente se utilizarán para realizar la priorización de los entornos escolares a calificar y evaluar.

El nivel 1 está diseñado para identificar y seleccionar comunidades de alta prioridad. Los atributos más relevantes se basan en datos procedentes de la información socioeconómica y sociodemográfica oficial disponible. En el cuadro 1 se muestran los atributos utilizados para el nivel 1:

**Cuadro 1.** Atributos propuestos por iRAP

<b>Atributos</b>	<b>Objetivo del atributo</b>
Densidad de accidentes por peatón (accidentes/km <sup>2</sup> )	Los niveles altos de víctimas entre los peatones indican un entorno de riesgo para los estudiantes.
Densidad de población (habitantes/km <sup>2</sup> )	La densidad de población indica las zonas de mayor exposición (en términos de número de peatones y niveles de tráfico).
% de población 6-18 años	Indica las comunidades con un público objetivo amplio (niños y jóvenes)
Tipo de área	Zona rural/urbana
Ingresos	Los accidentes de peatones tienen una alta incidencia en las zonas de ingresos bajos y medios. Las personas de esas zonas son también más vulnerables y se enfrentan a consecuencias más duras debido a lesiones graves.
Rápido crecimiento urbano	La expansión urbana suele estar relacionada con el crecimiento desordenado de las zonas periféricas y las comunidades más vulnerables. Puede medirse por el % de crecimiento en un tiempo determinado.
Densidad vial (km/km <sup>2</sup> )	Las zonas con alta densidad de carreteras se correlacionan con un mayor número de peatones fallecidos.
Densidad de escuelas (Escuelas/km <sup>2</sup> )	Un elevado número de escuelas en una zona determinada suele significar un elevado número de niños y jóvenes en las zonas circundantes. Por lo tanto, la selección de zonas con una alta densidad escolar ayudará indirectamente a aumentar la seguridad vial para un mayor número de estudiantes. La densidad escolar también muestra una correlación positiva con el riesgo peatonal.

Nota: Análisis de Big Data: Metodología para evaluar las escuelas de alto riesgo (iRAP, 2021)

En el nivel 2 se analizan las características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno. En cuanto a los atributos de la zona escolar, deben considerarse todas las posibles vías de acceso de los alumnos. En el cuadro 2 se muestran las características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno:

**Cuadro 2.** Características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno

Atributo	Objetivo del atributo
Longitud de las carreteras por tipo de carretera (km)	El número elevado de carreteras que rodean los entornos escolares. Las grandes vías con gran volumen de tráfico y velocidad aumentan especialmente el riesgo para los peatones.
Número de intersecciones	Un número elevado de intersecciones alrededor de los entornos escolares aumenta el número de cruces necesarios y el riesgo para los peatones.
% de uso comercial del suelo	Las zonas comerciales atraen los desplazamientos a pie, pero no son necesariamente seguras para caminar. Algunos estudios encuentran correlaciones positivas (alto riesgo) entre mayores proporciones de uso comercial del suelo y riesgo peatonal.
Número de paradas de tránsito	Aunque el transporte público en sí puede ser más seguro que otros modos, el acceso a las paradas de tránsito puede ser inseguro. El número de paradas de tránsito es indicativo del número de estudiantes que pueden caminar entre una parada de tránsito y la escuela.
Tipo de camino a la escuela	Las carreteras principales y las secundarias tienen volúmenes de tráfico y velocidades elevados. Por lo tanto, para los estudiantes cuya entrada está situada en vías secundarias son más vulnerables.
Número de carriles en el camino escolar (carriles de cruce)	Al igual que las carreteras principales, las calles con más carriles también presentan un mayor riesgo de colisión peatón-vehículo debido a la mayor distancia de cruce, y es probable que un entorno de mayor velocidad.
Número de estudiantes	Se centra en las escuelas con mayor número de alumnos que se desplazan hacia y desde la escuela.

Atributo	Objetivo del atributo
Horario de turnos	Debido al elevado número de alumnos y a la escasa capacidad, algunas escuelas pueden tener turnos dobles. Para estas escuelas, hay un mayor período del día en el que los estudiantes viajan hacia y desde la escuela, aumentando así la exposición a situaciones de tráfico de alto riesgo. Por lo tanto, dar prioridad a estas escuelas podría beneficiar a más estudiantes. Además, en algunos centros de doble turno los alumnos pueden ir o volver a casa a horas más peligrosas.

Nota: Análisis de Big Data: Metodología para evaluar las escuelas de alto riesgo (iRAP, 2021)

Por otra parte, el nivel 3 se centra en el riesgo de exposición para peatones donde considera elementos cruciales para evaluar el riesgo peatonal como: el flujo de vehículos y la velocidad. El efecto de la velocidad del tráfico es especialmente importante en el caso de los peatones, ya que las probabilidades de supervivencia en caso de colisión disminuyen exponencialmente a medida que aumenta la velocidad. A continuación, se presentan los atributos propuestos de SR4S en el cuadro 3:

**Cuadro 3.** Atributos propuestos de SR4S

Atributo	Se clasifica de:
Velocidad operativa media en la zona de amortiguamiento.	De mayor a menor.
Velocidad operativa media en las carreteras escolares.	De mayor a menor.
Flujo máximo promedio en la zona de amortiguamiento.	De mayor a menor.
Flujo medio máximo en las carreteras escolares.	De mayor a menor.

Nota: Análisis de Big Data: Metodología para evaluar las escuelas de alto riesgo (iRAP, 2021)

Los valores medios en la zona de amortiguamiento representan el riesgo peatonal en los desplazamientos a las escuelas. En cambio, los valores del camino escolar están relacionados con los riesgos de cruce y el riesgo asociado a la reunión de alumnos fuera del recinto escolar.

Finalmente, el nivel 4 es la herramienta de Star Rating for Schools que utiliza las clasificaciones por estrellas de los peatones y los componentes del plan de la metodología de iRAP para evaluar los riesgos en torno a la escuela.

## 1.7.3 Atributos Viales

Los atributos viales son características físicas y funcionales de la infraestructura que influyen en la seguridad y movilidad de los usuarios de la vía. En el contexto de la evaluación de calles y carreteras, estos atributos permiten analizar factores como el diseño de la vía, la calidad de las aceras, la señalización, la iluminación, la presencia de cruces peatonales y la velocidad vehicular. Su correcta identificación y clasificación es fundamental para determinar el nivel de riesgo en un entorno específico, ya que deficiencias en estos elementos pueden aumentar la probabilidad de siniestros viales.

Según la metodología iRAP (2015a) la información sobre atributos viales se recopilan durante las inspecciones en la vía, la cual consisten en dos partes: en primera instancia, inspección de la vía, que involucra la recolección de imágenes (o videos) del camino, información de la ubicación (GPS) e información de la distancia y por otra parte, codificación de la vía, que involucra el registro de las categorías de los atributos viales usando imágenes o videos de la inspección. Se recopilan los atributos viales descriptivos (como el nombre de la carretera y la sección) y atributos que influyen en la probabilidad y severidad de los tipos más comunes de siniestros para ocupantes de vehículos, motociclistas, peatones y ciclistas. Los atributos se registran para cada segmento de 100 metros de la vía. En una situación en que la condición de un atributo varía dentro de un segmento de 100 metros, se registra el peor caso (desde una perspectiva de seguridad vial).

A continuación, se presenta en el cuadro 4 los atributos utilizados por la metodología iRAP para la evaluación de la seguridad vial. No obstante, la selección de atributos a considerar en el análisis dependerá de las condiciones específicas de la zona de estudio y de las características de la infraestructura vial.

**Cuadro 4.** Atributos viales para la codificación

Atributo	Elemento	Categoría
1	Uso del suelo – Izquierda	Residencial
		Comercial
		Industrial
		Agricultura
		Escuela
		Sin desarrollo
2	Uso del suelo – Derecha	Residencial
		Comercial
		Industrial
		Agricultura
		Escuela
		Sin desarrollo
3	Tipo de área	Rural
		Urbano

<b>Atributo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Categoría</b>
4	Zona de parqueo	N/A En un lado En ambos lados
5	Distancia de visibilidad	Adecuada Inadecuada
6	Número de carriles	1 en cada sentido 1 y 2 2 en cada sentido 2 y 3 3 en cada sentido 4 en cada sentido
7	Ancho de carril	Amplio Medio Estrecho
8	Bandas rugosas o sonoras	Presentes No presentes
9	Condición de las vías	Buen estado Medio Mal estado
10	Adherencia de la vía	Buen estado Medio Mal estado
11	Pendiente	0 a 7.5% 7.5% a 10% Más de 10%
12	Tipo de calzada	División Norte/Este División Sur/Oeste No aplicable
13	Mediana (En medio de la vía)	Línea de centro Línea amplia < 1m Líneas diagonales marcadas Línea de retorno Postes flexibles Separación de 0 a 1m Separación de 1 a 5m  Separación de 5 a 10m Separación de 10 a 20m Separación de >20m

<b>Atributo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Categoría</b>
		Barrera de metal Barrera de concreto Barrera de alambre Barrera para motocicletas Un sentido Delineado entre marcado
14	Líneas y señales	Adecuado Inadecuado
15	Alumbrado público	Presente No presente
16	Aviso de zona escolar	Luces intermitentes Señalización y demarcación No hay zona escolar No hay escuelas cercanas
17	Supervisor de cruce	Supervisor No hay supervisor No hay escuelas cercanas
18	Acera - izquierda	No hay acera De 0 a 1m de distancia De 1 a 3m de distancia >3m de distancia Detrás de una barrera Mala condición Moderado Camino de uso compartido
19	Acera - derecha	No hay acera De 0 a 1m de distancia De 1 a 3m de distancia >3m de distancia Detrás de una barrera Mala condición Moderado Camino de uso compartido
20	Borde izquierdo de la vía	N/A De 0 a 1m de ancho De 1 a 2.4m de ancho  >2.4 de ancho
21	Borde derecho de la vía	N/A De 0 a 1m de ancho

Atributo	Elemento	Categoría
		De 1 a 2.4m de ancho >2.4 de ancho
22	Canalización peatonal	Presente No presente
23	Cruce principal de la carretera	N/A Luces/ Semáforo Elevado Puente/ Túnel Demarcado No demarcado Refugio Luces y refugio Demarcado y refugio Elevado y demarcado Elevado y refugio Elevado, marcado y refugio
24	Cruce lateral de la carretera	N/A Luces/ Semáforo Elevado Puente/ Túnel Demarcado No demarcado Refugio Luces y refugio Demarcado y refugio Elevado y demarcado Elevado y refugio Elevado, marcado y refugio
25	Calidad del cruce	Adecuado Inadecuado N/A
26	Vehículos/ día	
27	Flujo de cruce	Presente No presente
28	Flujo del lado derecho	Presente No presente
29	Flujo del lado izquierdo	Presente No presente
30	Tipo de intersección	Carril de incorporación

Atributo	Elemento	Categoría
		3 sentidos
		3 sentidos y señalización
		3 sentidos y carril de giro
		3 sentidos, carril de giro y señalización
		4 o más sentidos
		4 o más sentidos y carril de giro
		4 o más sentidos y señalización
		4 o más sentidos, carril de giro y señalización
		Rotonda
		Mini rotonda
		Giro en U demarcado
		Giro en U no demarcado
		Tren activo
		Tren inactivo
		No hay intersección
		Carril de incorporación
		Carril de desvío
31	Caminos de acceso	1 o 2 residencial
		>2 residencial
		Comercial
		N/A
32	Flujo en el lado de la intersección	
33	Calidad de la intersección	Adecuada
		Inadecuada
		N/A
34	Tipo de curva	Recta
		Moderada
		Cerrada
		Muy cerrada
35	Calidad de la curva	Adecuada
		Inadecuada
		N/A
36	Límite de velocidad	
37	Velocidad de operación	
38	Gestión de la velocidad	Presente

Atributo	Elemento	Categoría
39	% Motocicletas	No presente
		N/A
		0%
		1-5%
		6-10%
		11-20%
		21-40%
		41-60%
		61-80%
		81-90%
		100%
40	% HGV	N/A
		0 a <5%
		5 a <10%
		10 a <15%
		15 a <20%
		20 a <30%
		30 a <40%
		>=40%

Nota: Demostrador de la aplicación web SR4S

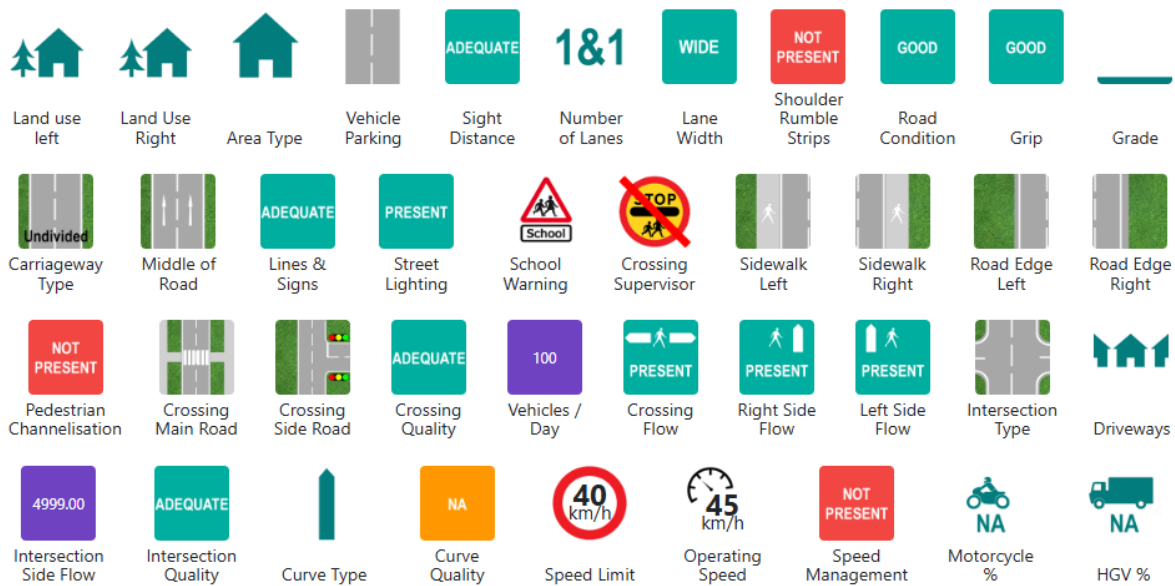
## 1.7.4 Codificación

La aplicación web de Star Rating for Schools (SR4S) es una plataforma digital que es auxiliar en la evaluación de la seguridad vial en los entornos escolares mediante la codificación estructurada de los atributos antes mencionados. Este proceso de codificación consiste en registrar y analizar datos específicos de la infraestructura y el entorno vial, asignando valores a distintos parámetros previamente definidos por la metodología iRAP. Entre los aspectos evaluados se incluyen la presencia y calidad de cruces peatonales, la visibilidad de los peatones, el ancho de aceras, la velocidad vehicular y la existencia de señalización y medidas de control del tráfico.

La implementación de la codificación en SR4S sigue un enfoque sistemático en el que los evaluadores ingresan información recopilada en campo a la plataforma, la cual procesa los datos y genera una clasificación por estrellas basada en el nivel de seguridad identificado. Este método permite obtener resultados objetivos y comparables, facilitando la identificación de zonas de alto riesgo y la formulación de recomendaciones para mejorar la seguridad en los entornos escolares.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de atributos viales codificados en la aplicación web de SR4S.

Figura 5. Atributos Viales de la Aplicación SR4S – Ejemplo demostrador



Nota: Demostrador de la aplicación SR4S (iRAP, 2025)

## 1.7.5 Medidas de mejora

Las medidas o contramedidas de mejora en seguridad vial son intervenciones diseñadas para reducir el riesgo de siniestros y mejorar la protección de los usuarios de la vía. Estas pueden incluir modificaciones en la infraestructura, mejoras en la señalización, implementación de controles de velocidad y estrategias de concienciación para los distintos actores viales. En entornos escolares, estas medidas buscan garantizar condiciones seguras para los estudiantes, minimizando la exposición a situaciones de peligro en su trayecto diario.

De acuerdo con la metodología iRAP (2015) se puede utilizar un total de 94 medidas de mejoramiento. Existe al menos un resultado para cada medida de mejora. Esto se refiere al código de atributo vial que es aplicado en un segmento de 100 metros del camino al aplicar la medida de mejora.

En el cuadro 5 se muestra la lista de contramedidas de mejoramiento, así como su atributo:

Cuadro 5. Contramedidas y atributos

	Contramedida	Atributo
1	Alineación vertical (mayor)	Pendiente
2	Realineamiento (mejora de la distancia visual)	Distancia Visual
3	Realineamiento horizontal	Curvatura
4	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora mayor a 20m de ancho	Tipo de mediana/separador central

<b>Contramedida</b>		<b>Atributo</b>
		Número de carriles
5	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 10 a 20m de ancho	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
6	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 5 a 10m de ancho	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
7	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 1 a 5m de ancho	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
8	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora central de hasta 1m de ancho	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
9	Ampliación/Duplicación de calzada con barrera central	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
10	Vía lateral o auxiliar / Camino de servicio	Puntos de acceso a propiedades
		Vía de servicio
11	Carril adicional (2 + 1 con barrera)	Tipo de mediana/separador central
		Número de carriles
12	Implementar red de un sentido	Tipo de mediana/separador central
13	Carril de adelantamiento	Número de carriles
14	Paso a desnivel en intersección	Tipo de intersección
15	Barrera mediana central (sin duplicación de calzada) /Barrera central en vías de más de un carril por sentido	Tipo de mediana/separador central
16	Carril de giro central a lo largo de toda la vía	Tipo de mediana/separador central
17	Barrera mediana central (1+1)	Tipo de mediana/separador central
18	Bandas de alerta centrales / postes flexibles centrales	Tipo de mediana/separador central

	<b>Contramedida</b>	<b>Atributo</b>
19	Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales)	Tipo de mediana/separador central
20	Línea central ancha	Tipo de mediana/separador central
21	Carril para motocicletas (Segregado)	Infraestructura para vehículos motorizados de 2 ruedas
22	Carril para motocicletas (construir en vía existente)	Infraestructura para vehículos motorizados de 2 ruedas
23	Carril para motocicletas (logotipos pintados solamente en la carretera)	Infraestructura para vehículos motorizados de 2 ruedas
24	Ampliar/Ensanchar carril (>0.5 m)	Ancho del carril
25	Ampliar/Ensanchar carril (hasta 0.5 m)	Ancho del carril
26	Pavimentación de berma/acotamiento de lado del copiloto mayor a 1m.	Berma/acotamiento pavimentado – lado del copiloto
27	Pavimentación de berma/acotamiento de lado del copiloto hasta 1m.	Berma/acotamiento pavimentado – lado del copiloto
28	Pavimentación de berma/acotamiento del lado del conductor mayor a 1m.	Berma/acotamiento pavimentado – lado del conductor
29	Pavimentación de berma/acotamiento del lado del conductor hasta 1m	Berma/acotamiento pavimentado - lado del conductor
30	Bandas alertadoras sobre berma/acotamiento	Bandas alertadoras sobre bermas/acotamiento
31	Barreras laterales – lado del conductor	Severidad lateral - Distancia al objeto - lado del conductor Severidad lateral - Objeto – lado del conductor
32	Barreras laterales – lado del copiloto	Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto Severidad lateral - Objeto – lado del copiloto
33	Eliminar peligros laterales – lado conductor	Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del conductor Severidad lateral - Objeto – lado del conductor
34	Eliminar peligros laterales – lado del pasajero	Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto Severidad lateral – Objeto – lado del copiloto
35	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales – lado conductor	Severidad lateral - Distancia al objeto lado del conductor Severidad lateral - Objeto – lado del conductor
36	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales – lado del pasajero	Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del pasajero Severidad lateral – Objeto – lado del copiloto
37	Rotonda/Glorieta	Tipo de intersección

	<b>Contra medida</b>	<b>Atributo</b>
38	Pavimentar superficie de la vía	Resistencia al deslizamiento / Agarre
39	Rehabilitación de la superficie de la vía	Condición de la vía
40	Resistencia al deslizamiento (vía pavimentada)	Resistencia al deslizamiento / Agarre
41	Resistencia al deslizamiento (vía sin pavimentar)	Resistencia al deslizamiento / Agarre
42	Semaforizar intersección (4 ramas)	Tipo de intersección
43	Carril de giro izquierdo en intersección de 4 ramas con semáforo	Tipo de intersección
44	Carril de giro a la izquierda en intersección de 4 ramas sin semáforo	Tipo de intersección
45	Semaforizar intersección de 3 ramas	Tipo de intersección
46	Carril de giro izquierdo en intersección de 3 ramas con semáforo	Tipo de intersección
47	Carril de giro a la izquierda en intersección 3 ramas sin semáforo	Tipo de intersección
48	Mejora en cruce ferroviario	Tipo de intersección
49	Mejora de cruce de mediana	Tipo de intersección Calidad de la intersección
50	Carril para bicicletas (fuera de la vía)	Infraestructura para bicicletas
51	Carril para bicicletas (dentro de la vía)	Infraestructura para bicicletas
52	Cruce peatonal - paso a desnivel	Cruce peatonal - Vía analizada
53	Cruce peatonal con semáforo	Cruce peatonal - Vía analizada
54	Zona escolar - guardia o supervisor de cruce peatonal	Supervisor de cruce peatonal de zona escolar
55	Cruce peatonal elevado de la superficie de rodado (plataforma peatonal) sin semáforo	Cruce peatonal - Vía analizada
56	Cruce peatonal sin semáforo	Cruce peatonal - Vía analizada
57	Isla de refugio	Cruce peatonal - Vía analizada
58	Mejorar la calidad de la infraestructura para peatones	Calidad del cruce peatonal
59	Infraestructura para peatones a desnivel en la carretera secundaria o lateral	Cruce peatonal - Vía analizada
60	Cruce peatonal con semáforo en la carretera secundaria o lateral	Cruce peatonal - Vía analizada
61	Cruce peatonal sin semáforo en la vía lateral	Cruce peatonal - Vía analizada
62	Acera peatonal del lado del copiloto (con barrera)	Acera - costado del copiloto
63	Acera peatonal de lado del pasajero (separada del camino > 3m)	Acera - costado del pasajero
64	Acera peatonal de lado del pasajero (adyacente al camino)	Acera - costado del pasajero

	<b>Contramedida</b>	<b>Atributo</b>
65	Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del copiloto	Acera - costado del pasajero
66	Provisión de acera costado del conductor (con barrera)	Acera - costado del conductor
67	Provisión de acera costado del conductor (>3 m de la vía)	Acera - costado del conductor
68	Provisión de acera costado del conductor (adyacente al camino)	Acera - costado del conductor
69	Provisión de acera costado del conductor (acera informal >1 m)	Acera - costado del conductor
70	Vallas peatonales	Vallas peatonales
71	Alumbrado público (intersección)	Alumbrado público
72	Alumbrado público (cruce peatonal)	Alumbrado público
73	Alumbrado público (en tramo carretero)	Alumbrado público
74	Distancia visual (eliminación de obstrucciones)	Distancia Visual
75	Advertencia de zona escolar – semáforo intermitente	Advertencia de zona escolar
76	Advertencia en zona escolar - señales y demarcaciones	Advertencia de zona escolar
77	Señalamiento y delineación (intersección)	Calidad de la intersección
78	Mejorar delineación de la curva	Calidad de la curva
79	Mejorar delineación	Delineación
80	Restringir/combinar puntos de acceso directo	Puntos de acceso a propiedades
81	Calmantes del tráfico	Gestión de la velocidad / Calmante de tráfico
82	Mejoras de estacionamiento	Estacionamiento de vehículos
83	Mejora del talud y terraplenes laterales (carril para bicicletas)	Severidad lateral - distancia al objeto – lado del copiloto Severidad lateral - objeto – lado del copiloto
84	Eliminar peligros laterales (carril para bicicleta)	Severidad lateral - distancia al objeto – lado del copiloto Severidad lateral - Objeto – lado del copiloto
85	Barreras laterales (carril para bicicletas)	Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto Severidad lateral - Objeto – lado del pasajero
86	Barrera mediana central (carril de motocicletas)	Infraestructura para vehículos motorizados de 2 ruedas Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto
87	Mejora del talud lateral y terraplene (carril de motocicletas) lado del copiloto	

<b>Contramedida</b>		<b>Atributo</b>
88	Eliminar peligros laterales evidentes (carril de motocicletas) lado del copiloto	Severidad lateral – Objeto – lado del copiloto
		Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto
89	Barreras laterales (carril de motocicletas) lado del copiloto	Severidad lateral – Objeto – lado del copiloto
		Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del copiloto
90	Mejora del talud y terraplén lateral (carril de motocicletas) lado del conductor	Severidad lateral – Objeto – lado del copiloto
		Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del conductor
91	Eliminar peligros laterales evidentes (carril de motocicletas) lado del conductor	Severidad lateral – Objeto – lado del conductor
		Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del conductor
92	Barreras laterales (carril para motocicletas) lado del conductor	Severidad lateral – Objeto – lado del conductor
		Severidad lateral - Distancia al objeto – lado del conductor
93	Revisiones de la gestión de velocidad	Severidad lateral - Objeto – lado del conductor
94	Revisiones de la gestión de velocidad (carril de motocicletas)	Velocidad operación (al percentil 85)
		Límite de velocidad para motocicletas

Nota: Ficha técnica de metodología del iRAP#11: Medidas de mejoramiento (iRAP, 2015b)

# Capítulo 2: Metodología

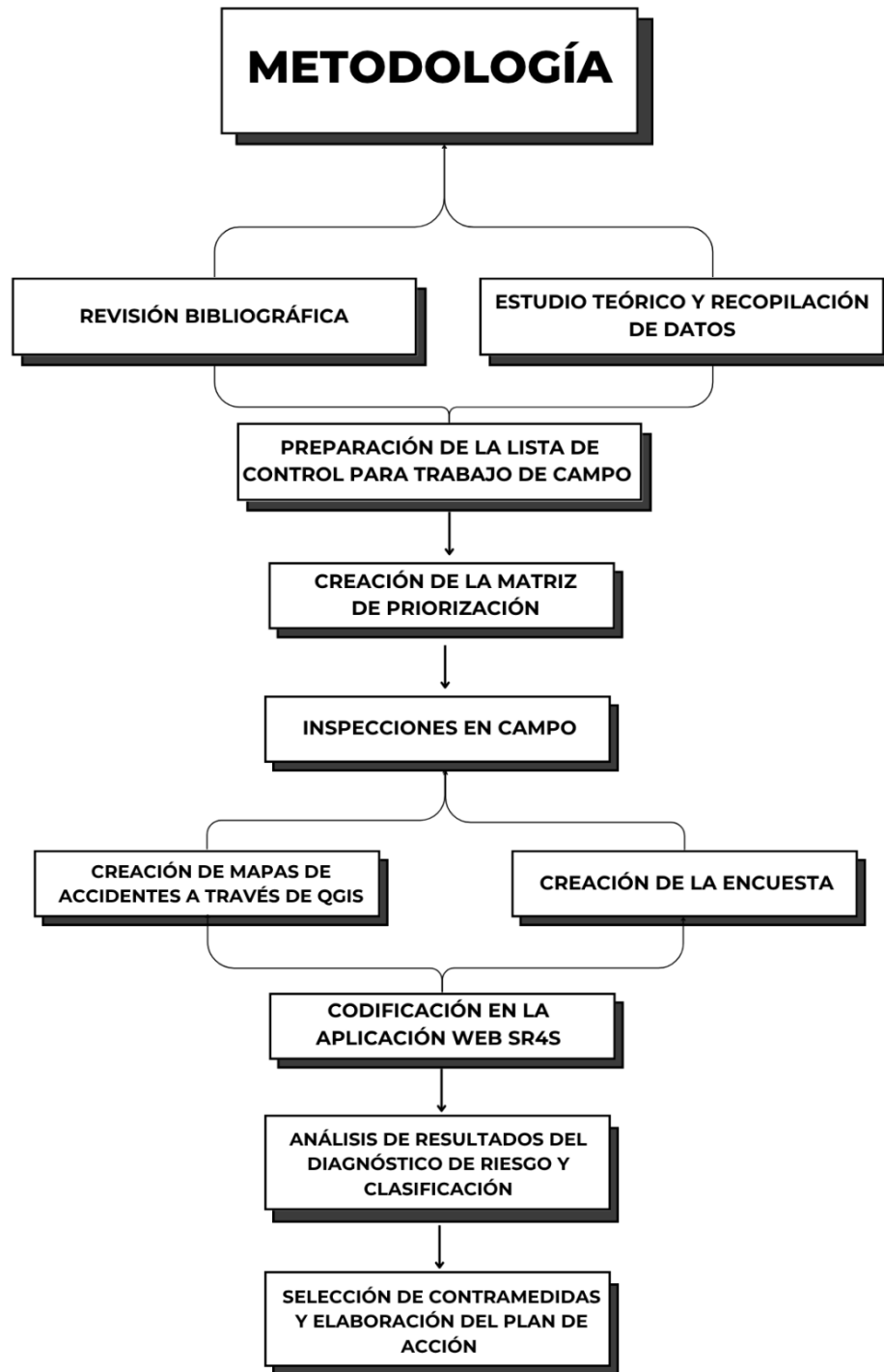
Esta sección describe detalladamente el enfoque metodológico utilizado para llevar a cabo la evaluación y clasificación de la seguridad vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago, aplicando la metodología de Clasificación por Estrellas para Escuelas (SR4S) de iRAP. Se presentan los procedimientos seguidos de manera secuencial, estructurados en función de los objetivos específicos del estudio, con el fin de garantizar la coherencia y replicabilidad del trabajo.

El estudio se desarrolló en seis centros educativos de la región central del cantón de Cartago, los cuales se distribuyen en tres entornos escolares. La investigación se llevó a cabo entre febrero y junio de 2025, período en el cual se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema abordado, preparación de listas de control para las inspecciones de campo, recopilación de datos, inspecciones de campo, codificación de los atributos de la infraestructura vial, análisis de los resultados del diagnóstico de riesgos y la formulación de recomendaciones a través de la selección de contramedidas.

Cada uno de los objetivos específicos del estudio se aborda en secciones separadas, describiendo las actividades realizadas para su cumplimiento, los métodos empleados, las herramientas utilizadas y los productos obtenidos. Se detalla el proceso de selección y priorización de centros educativos, la evaluación del nivel de riesgo mediante iRAP-SR4S y la propuesta de mejoras en la infraestructura vial con base en los resultados obtenidos. Además, se especifican los criterios de análisis, los parámetros de seguridad considerados y las técnicas utilizadas para interpretar los datos recopilados.

La metodología y el enfoque utilizados para llevar a cabo este proyecto se presentan de manera resumida en la figura 6:

Figura 6. Metodología del proyecto



## 2.1 Tipo de investigación

En el contexto de este proyecto, la investigación se clasifica como aplicada debido a su objetivo principal: mejorar la seguridad vial en entornos escolares mediante la implementación de la metodología iRAP-SR4S. Este enfoque busca aplicar conocimientos existentes en ingeniería vial y seguridad del tránsito para abordar un problema concreto que afecta a la comunidad estudiantil. Al identificar riesgos específicos y proponer intervenciones precisas, se pretende reducir la incidencia de siniestros y proteger la integridad de los estudiantes en su desplazamiento diario hacia las instituciones educativas. La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque en resolver problemas prácticos y específicos, utilizando conocimientos científicos para desarrollar soluciones que beneficien a la sociedad (Duoc, 2024). Por otra parte, esta investigación también se caracteriza por ser de campo ya que implica la recolección de datos directamente en el lugar de estudio, como observaciones y encuestas en las zonas escolares seleccionadas. Finalmente, se relaciona con la investigación descriptiva ya que se enfoca en detallar las características actuales de la infraestructura vial y las condiciones de seguridad en los entornos escolares, proporcionando una representación de la situación actual para fundamentar las recomendaciones.

### 2.1.1 Sujetos de información

El presente proyecto se llevó a cabo en la región central del cantón de Cartago, enfocándose en los entornos escolares. La población objeto de estudio está constituida por niños y adolescentes de aproximadamente 4 a 16 años de edad que transitan diariamente hacia y desde sus centros educativos. Este grupo es particularmente vulnerable en términos de seguridad vial, dado que su movilidad implica desplazamientos frecuentes por áreas urbanas con variado flujo vehicular. Además, para complementar la información y comprender mejor las condiciones de traslado, se incluyó a padres, madres o encargados legales como informantes clave mediante la aplicación de encuestas, permitiendo así captar la percepción y experiencia de quienes acompañan o supervisan los desplazamientos de los estudiantes. Al centrar la investigación en este segmento poblacional y su entorno de apoyo, se busca identificar los riesgos específicos que enfrentan y desarrollar estrategias efectivas para mejorar su seguridad en los entornos escolares de Cartago Centro.

### 2.1.2 Fuentes de datos

La recopilación de datos es un paso fundamental en la evaluación y clasificación de la seguridad vial en la metodología iRAP, ya que permite obtener información objetiva y cuantificable sobre las condiciones del entorno. Las fuentes de datos pueden ser primarias, obtenidas directamente a través de observaciones en campo, mediciones de velocidad, registros de siniestros y encuestas a usuarios viales, o secundarias, recopiladas de bases de datos oficiales, estudios previos y sistemas de información geográfica. En el caso

de metodologías como iRAP y su herramienta Star Rating for Schools (SR4S), la combinación de diversas fuentes de datos garantiza un análisis más preciso y representativo de la realidad vial, facilitando la identificación de riesgos y la formulación de estrategias de mejora en infraestructura y seguridad vial.

En el caso de Costa Rica los datos demográficos, de siniestros viales y de tráfico promedio diario se obtuvieron de diversas fuentes oficiales y especializadas como:

- Datos demográficos:

-Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC): Proporciona información sobre población, densidad, características socioeconómicas y proyecciones demográficas.

- Datos de accidentes de tránsito:

-Consejo de Seguridad Vial (COSEVI): Publica estadísticas sobre siniestros viales, factores de riesgo y principales causas de siniestros (Ver Anexos).

- Datos de tráfico promedio diario:

-Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME-UCR): Realiza estudios sobre volúmenes de tráfico y capacidad vial en distintas carreteras.

-Dirección General de Ingeniería de Tránsito (MOPT): Publica datos sobre aforos vehiculares y estudios de movilidad.

-Municipalidades locales: En algunos casos, poseen información sobre flujos vehiculares en sus jurisdicciones.

## 2.2 Técnicas e instrumentos

En este apartado se describen las técnicas empleadas y los instrumentos utilizados para recopilar la información necesaria durante el desarrollo del proyecto. A continuación, se detallan las principales herramientas y métodos utilizados:

### 2.2.1 Observación *in situ*

Consiste en la inspección visual de las áreas circundantes a las escuelas para identificar factores de riesgo, como la ausencia de señales de tránsito, cruces peatonales deficientes o comportamientos peligrosos de conductores y peatones.

**Instrumentos:** Listas de verificación estandarizadas con los atributos de medida (ver cuadro 4) y cámaras fotográficas para documentar las condiciones observadas y su posterior análisis.

## 2.2.2 Encuesta

Recolección de información directamente de la población en estudio involucrada, incluyendo estudiantes y padres, para conocer la percepción de los usuarios de la infraestructura vial al desplazarse hacia y desde sus centros educativos y formular recomendaciones para mejorar la seguridad vial, sobre todo en las inmediaciones de los centros escolares.

**Instrumentos:** Encuestas estructuradas y diseñadas específicamente para el grupo objetivo (Ver Anexo 3).

## 2.2.3 Análisis de datos

Consiste en la revisión y análisis de registros y documentos existentes que aporten información relevante al estudio. Esto abarca estadísticas de accidentes de tránsito, información sociodemográfica e información sobre la infraestructura vial. El análisis de estos datos permite identificar patrones, tendencias y áreas de mayor riesgo, sirviendo como base para comparar la situación actual con periodos anteriores y evaluar la efectividad de intervenciones pasadas.

**Instrumentos:** Se accede a bases de datos oficiales (ejemplo en la figura 7), reportes institucionales y publicaciones académicas. Herramientas de software estadístico como la tabla interactiva de accidentes de tránsito del COSEVI pueden ser utilizadas para procesar y analizar grandes volúmenes de datos, facilitando la identificación de correlaciones y la generación de gráficos ilustrativos.

**Figura 7.** Tabla interactiva de accidentes de tránsito

### Datos para tabla interactiva de accidentes de tránsito con víctimas

Costa Rica. Periodo 2017 - 2023 | [Más información](#)

Tipo de accidente	Año							Totales
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Atropello a persona	51	39	27	18	25	27	44	231
Atropello animal	1		1		1			3
Caida de algún ocupante	4	2	4	8	10	16	18	62
Colisión con bicicleta	13	9	16	14	21	32	22	127
Colisión con motocicleta	54	66	70	41	53	60	84	428
Colisión con objeto fijo	2	3	2	1	5	5	6	24
Colisión entre vehículos	47	44	43	26	46	50	43	299
Desconocido			1			2		3
Otros	2	6	5	1	1	9	4	28
Salió de la vía	5	3	5	3	1	2	7	26
Vuelco	6	6	4				2	18
<b>Totales</b>	<b>185</b>	<b>178</b>	<b>178</b>	<b>112</b>	<b>163</b>	<b>203</b>	<b>230</b>	<b>1 249</b>

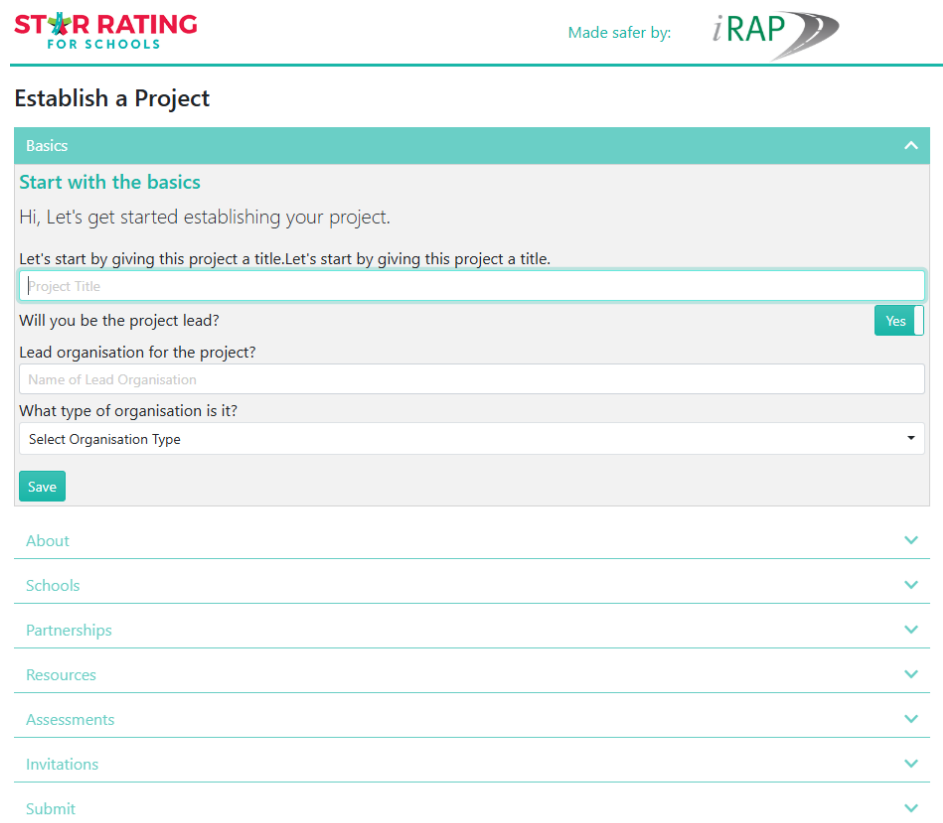
Nota: COSEVI (*Datos para tabla interactiva de accidentes de tránsito con víctimas* · COSEVI, 2023)

## 2.2.4 Aplicación web SR4S

La aplicación web SR4S es una plataforma digital desarrollada por iRAP que permite ingresar, codificar y analizar datos sobre la infraestructura vial en zonas escolares. Esta herramienta facilita la georreferenciación de ubicaciones específicas, el registro fotográfico y la codificación de atributos viales a través de formularios estandarizados. Además, la plataforma genera automáticamente una calificación por estrellas basada en los datos ingresados y permite visualizar los resultados en mapas y tablas. Su interfaz está diseñada para guiar paso a paso al usuario durante el proceso de evaluación, lo que la convierte en un recurso práctico y accesible para técnicos, instituciones y comunidades educativas interesadas en mejorar la seguridad vial.

**Instrumentos:** La plataforma genera automáticamente una calificación por estrellas basada en los datos ingresados y permite visualizar los resultados en mapas y tablas asociada (mostrada en la figura 8). Su interfaz está diseñada para guiar paso a paso al usuario durante el proceso de evaluación, lo que la convierte en un recurso práctico y accesible para técnicos, instituciones y comunidades educativas interesadas en mejorar la seguridad vial.

Figura 8. Aplicación web SR4S



The screenshot displays the 'Establish a Project' form in the SR4S web application. At the top left is the 'STAR RATING FOR SCHOOLS' logo, and at the top right is the 'Made safer by: iRAP' logo. The form is titled 'Establish a Project' and has a teal header bar with the word 'Basics' and an upward arrow. Below the header, the text reads 'Start with the basics' and 'Hi, Let's get started establishing your project.' The form contains several fields: a text input for 'Project Title' with the placeholder text 'Let's start by giving this project a title.', a radio button for 'Will you be the project lead?' with a 'Yes' button, a text input for 'Lead organisation for the project?' with the placeholder 'Name of Lead Organisation', and a dropdown menu for 'What type of organisation is it?' with the placeholder 'Select Organisation Type'. A teal 'Save' button is located at the bottom left of the form. Below the form is a vertical navigation menu with links for 'About', 'Schools', 'Partnerships', 'Resources', 'Assessments', 'Invitations', and 'Submit', each with a downward arrow.

Nota: Demostrador SR4S (iRAP, 2025)

## 2.2.1 Mapas y sistemas de información

La elaboración de mapas detallados es importante para visualizar la distribución espacial de las escuelas, las rutas de acceso utilizadas por los estudiantes y los puntos críticos donde se concentran incidentes viales.

**Instrumentos:** Se emplean software especializados en SIG, como QGIS, que ofrecen funcionalidades avanzadas para el mapeo y análisis espacial. Estos programas permiten importar datos de diversas fuentes, realizar análisis y generar representaciones visuales claras y comprensibles (Ver apéndices).

## 2.3 Priorización de los centros educativos que requieren intervención

Como primera parte del proyecto, se llevó a cabo una revisión bibliográfica para analizar la literatura relacionada con iRAP, SR4S y seguridad vial. Tras la revisión bibliográfica, se realizó la planificación del trabajo de campo, que incluyó la formulación de encuestas y la preparación de listas de control de acuerdo con el manual de codificación SR4S que se utilizarían durante el trabajo de campo.

Para identificar los centros educativos que presentan riesgos en seguridad vial inicialmente, se realizó una recopilación de datos sobre el entorno vial escolar, considerando factores como la densidad de población, el porcentaje de población entre los 6 y 18 años, tipo de área, cantidad de ingresos por zona, densidad vial, densidad de escuelas y la cantidad de estudiantes por escuela. Esta fase incluyó la consulta de fuentes oficiales y bases de datos como el INEC, COSEVI, MOPT y las escuelas involucradas en el proyecto, además de estudios previos relacionados con la seguridad vial en zonas escolares. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de selección estructurado basado en los criterios de priorización establecidos por la metodología iRAP-SR4S los cuales están detallados en los cuadros del 1 al 4, los cuales se muestran a continuación:

Para obtener la densidad de accidentes por peatón (accidentes/km<sup>2</sup>) primeramente, se seleccionó la página de datos de accidentes de tránsito del COSEVI, (2025) como la fuente principal para obtener la información necesaria sobre la densidad de accidentes por peatón. Además, se utilizó la ecuación 1 para calcular el atributo de interés.

$$D_a = \frac{N_a}{A} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

D<sub>a</sub>= Densidad de accidentes por peatón (accidentes/km<sup>2</sup>);

N<sub>a</sub>= Número total de accidentes en el área de interés;

A= Área del sector evaluado en km<sup>2</sup>.

Para obtener los datos necesarios de los siguientes atributos se accedió a las estadísticas y registros oficiales del INEC: Densidad de población, % de población 6-18 años, Ingresos de la zona de estudio y crecimiento urbano.

El siguiente atributo consultado es el de densidad vial, el cual se calculó con la ecuación 2 y utilizando datos del SNIT, (2025) los cuales fueron añadidos al software de QGIS para el análisis de datos.

$$D_v = \frac{L}{A} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$D_v$ = Densidad vial (km/km<sup>2</sup>);

L = Longitud total de la red vial en la zona analizada (km);

A= Área del sector evaluado en km<sup>2</sup>.

Siguiendo con la metodología de obtención de atributos está la Densidad de escuelas (Escuelas/km<sup>2</sup>), la cual fue obtenida con la ecuación 3:

$$D_e = \frac{N_e}{A} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$D_e$ = Densidad de escuelas (Escuelas/km<sup>2</sup>);

$N_e$ = Número total de escuelas en el área;

A= Área del sector evaluado en km<sup>2</sup>.

A partir de estos criterios, se generó una matriz de evaluación en la que se asignaron puntuaciones a cada centro educativo en función de su nivel de riesgo. Esta matriz permitió ordenar los centros educativos de mayor a menor prioridad, con el objetivo de seleccionar aquellos que requerían un análisis más detallado mediante la metodología SR4S.

Con base en la matriz de evaluación, se realizó un proceso de selección y priorización de los centros educativos a evaluar en la siguiente fase del estudio. De los seis centros educativos inicialmente considerados, se seleccionó el entorno con mayor puntuación de riesgo, el cual presentaba condiciones viales más críticas y requerían una intervención urgente.

La selección final se realizó considerando también aspectos logísticos, asegurando que los centros elegidos fueran representativos de diferentes condiciones urbanas dentro del cantón de Cartago. Con esta priorización, se garantizó que el análisis detallado de la seguridad vial en estos entornos pudiera generar resultados aplicables a un contexto más amplio dentro de la región.

Finalmente, para la obtención de los últimos datos de los atributos de número de intersecciones, número de paradas de tránsito, tipo de camino a la escuela y número de carriles a la escuela fue consultado un mapa de información geográfica de toda la zona en el software QGIS. Cabe destacar que los datos de número de estudiantes y horario de turnos fueron suministrados por la Junta de Educación de Cartago Centro.

## 2.4 Evaluación, clasificación y diagnóstico de los riesgos en la seguridad vial

El primer paso de esta fase consistió en la ejecución de visitas de campo a los centros educativos priorizados, con el fin de observar y documentar las condiciones de la infraestructura vial en sus entornos inmediatos. Estas visitas fueron realizadas en horarios clave, como la entrada y salida de los estudiantes, para obtener una visión realista de la interacción entre peatones y vehículos. Durante las visitas de campo, se realizó un levantamiento de información sobre los aspectos detallados en los cuadros 1 y 2.

Esta metodología permitió asignar una calificación objetiva del nivel de seguridad vial en entornos escolares, centrada principalmente en el riesgo que enfrentan los peatones, especialmente los niños y niñas en edad escolar. Esta calificación se expresa mediante una escala de 1 a 5 estrellas, donde una estrella indica un entorno de muy alto riesgo, mientras que cinco estrellas representan un entorno altamente seguro para el desplazamiento peatonal, tal y como se detalla en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Escala de calificación por estrellas y su interpretación.**

Estrellas	Nivel de riesgo	Descripción
★	Muy alto	Entorno peligroso para peatones. Ausencia de infraestructura segura. Riesgo extremo.
★★	Alto	Riesgo significativo. Algunas medidas de seguridad presentes, pero insuficientes.
★★★	Moderado	Riesgo aceptable. Existen elementos básicos de seguridad, pero aún hay deficiencias.
★★★★	Bajo	Buen nivel de seguridad. Infraestructura adecuada en la mayoría de los atributos.
★★★★★	Muy bajo	Entorno óptimo y seguro para peatones. Cumple estándares internacionales.

La calificación no se asigna de forma arbitraria ni mediante un simple promedio, sino que se calcula a partir de un modelo desarrollado por iRAP, el cual se basa en evidencia empírica y estudios internacionales sobre factores que afectan directamente la seguridad vial. El sistema utiliza un conjunto de 40 atributos viales (especificados en el cuadro 4), previamente codificados en campo, que describen las características del entorno evaluado, tales como: tipo de vía, ancho de calzada, cantidad de carriles, presencia o ausencia de aceras, velocidad operativa, visibilidad en intersecciones, señalización, calidad de los cruces peatonales, entre otros.

Cada uno de estos atributos tiene una ponderación específica, determinada por su nivel de influencia sobre el riesgo de siniestros viales. Es decir, no todos los atributos tienen el mismo peso: algunos, como la velocidad de operación o la existencia de cruces protegidos, tienen una mayor incidencia en la seguridad peatonal y por tanto afectan más significativamente la calificación final.

Una vez ingresados todos los datos codificados en la plataforma web de SR4S, el sistema realiza un análisis automatizado que combina todos los atributos aplicando esta ponderación. A partir de esto, se genera una calificación para cada ubicación codificada, que puede presentarse con valores decimales (por ejemplo, 2.7 o 3.1 estrellas), lo que permite una interpretación más precisa del nivel de riesgo.

La codificación incluyó los siguientes aspectos:

- Entorno escolar: Se registraron datos sobre el acceso peatonal a la escuela, el tipo de vía, el flujo vehicular y las condiciones generales del área de estudio.
- Infraestructura vial: Se ingresó información sobre la existencia y calidad de cruces peatonales, aceras, reductores de velocidad y señalización.
- Factores de riesgo asociados a la velocidad vehicular: Se incorporaron datos sobre los límites de velocidad en la zona y las mediciones reales obtenidas en campo.
- Condiciones de seguridad peatonal: Se codificaron elementos como la visibilidad de los peatones, la iluminación en la zona y la presencia de barreras de seguridad.

Con los datos codificados en la plataforma SR4S, se procedió a la evaluación del nivel de riesgo en cada uno de los centros educativos priorizados. A partir de la clasificación obtenida, se elaboró un diagnóstico detallado de los factores de riesgo, identificando los elementos más críticos que contribuyen a la inseguridad vial en cada escuela evaluada. Este diagnóstico se estructuró en una matriz de clasificación y un mapa de riesgos, los cuales permiten visualizar con claridad los puntos de mayor vulnerabilidad en los entornos escolares evaluados.

## 2.5 Proposición de recomendaciones

Para cumplir con el tercer objetivo específico, que consiste en proponer recomendaciones basadas en los resultados obtenidos de la evaluación y análisis de riesgos, se llevó a cabo un proceso metodológico estructurado en varias etapas. Estas actividades se centraron en el análisis de los datos recopilados, la formulación de intervenciones específicas y la elaboración de un plan de acción que permita orientar futuras mejoras en la seguridad vial de los entornos escolares evaluados. Con la información obtenida a través de la aplicación de SR4S, se elaboró un resumen de hallazgos, priorizando las deficiencias con mayor impacto en la seguridad de los estudiantes y estableciendo un marco para la formulación de recomendaciones.

Una vez analizados los factores de riesgo, se procedió a la formulación de un conjunto de recomendaciones orientadas a mejorar la seguridad vial. Estas recomendaciones fueron diseñadas conforme a los principios de la metodología iRAP y se basaron en estrategias de mitigación utilizadas en estudios internacionales con resultados exitosos. Cada recomendación se fundamentó en los resultados de la evaluación y en las condiciones particulares de cada entorno escolar, asegurando que las propuestas fueran viables, aplicables y alineadas con los estándares internacionales de seguridad vial.

El último paso del proceso metodológico consistió en la elaboración de plan de acción que consolida los hallazgos de la investigación y detalla las recomendaciones propuestas. Este plan incluye el diagnóstico de los riesgos identificados en cada entorno educativo, una lista de recomendaciones para cada entorno y una propuesta de implementación de intervenciones.

# Capítulo 3: Resultados y análisis

En este apartado se presentan los hallazgos obtenidos y su respectivo análisis. Los resultados fueron generados mediante la aplicación de la metodología iRAP-SR4S, la recopilación de datos en campo y el procesamiento de información.

Se exponen las condiciones actuales de la infraestructura vial, la clasificación por estrellas obtenida para cada sitio y los factores de riesgo identificados. Esta sección servirá como base para la formulación de recomendaciones orientadas a mejorar la seguridad de los estudiantes en sus desplazamientos diarios.

## 3.1 OE1: Priorización de los centros educativos que requieren intervención

En esta sección se presentan los datos recolectados para la priorización de los centros educativos que requieren intervención en materia de seguridad vial. Este proceso permitió clasificar y seleccionar los centros educativos con mayores niveles de exposición al riesgo, estableciendo un orden de prioridad para su evaluación y la posterior formulación de recomendaciones orientadas a mejorar la seguridad de los estudiantes en sus desplazamientos diarios.

En primera instancia, se muestran los datos obtenidos en la revisión y análisis de registros y documentos existentes que aportan información relevante a la investigación. Esto abarca estadísticas de accidentes de tránsito, información sociodemográfica e información sobre la infraestructura vial requerida en la parte de atributos de la metodología SR4S mostrada en los cuadros 1 y 2 de la sección 1.7.2 de atributos de medida.

Se tomó la ecuación 1 para calcular la densidad de accidentes por peatón para el área del sector evaluado en  $\text{km}^2$ . El área evaluada corresponde al distrito Oriental del cantón Central de Cartago la cual fue tomada de un mapa utilizado en el software QGIS y la cantidad de accidentes se obtuvo de la tabla interactiva de accidentes de tránsito con víctimas del (COSEVI, 2025) mostrados en el ANEXO A.1 y los mapas de accidentes en los apéndices.

Resultado de la densidad de accidentes por peatón:

$N_a = 679$  accidentes;

$A$  (distrito oriental) =  $2.39 \text{ km}^2$ .

$$D_a = \frac{679 \text{ accidentes}}{2.39 \text{ km}^2} = 284.100 \text{ accidentes/km}^2$$

Por otra parte, en la tabla 1 se muestran datos que fueron obtenidos de las estadísticas y registros oficiales del (INEC, 2023):

**Tabla 1. Datos sociodemográficos del área de estudio**

Atributo	Dato
Densidad de población	176 (habitantes/km <sup>2</sup> )
% de población 6-18 años	22.16%
Tipo de Área	Urbano
Ingresos	Zona de ingreso medio
Rápido crecimiento urbano	Distrito oriental: -0.9

Nota: Elaboración propia

De igual manera, con la ecuación 2 se calculó la densidad vial de la zona utilizando datos del SNIT:

L= 115 km (Cantón de Cartago);  
A (oriental)= 2.01 km<sup>2</sup>.

$$D_v = \frac{115}{2.01} = 57.21(\text{km}/\text{km}^2)$$

Finalmente, utilizando la ecuación 3 se pudo obtener la densidad de escuelas en la zona de evaluación:

N<sub>e</sub>= 18 escuelas en la zona;  
A (oriental)= 2.01 km<sup>2</sup>;  
A (occidental)= 2.04 km<sup>2</sup>;  
A<sub>total</sub> = 4.05 km<sup>2</sup>.

$$D_e = \frac{18}{4.05} = 4.44 (\text{Escuelas}/\text{km}^2)$$

En la tabla 2 se evidencian los datos utilizados para la confección de la matriz de priorización con las características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno:

**Tabla 2. Características de los centros escolares y elementos de riesgo del entorno**

Atributo	Datos
Longitud de las carreteras por tipo de carretera (km)	Longitud total de la red vial en la zona analizada: 115 (km)
Número de intersecciones	4 por cada cuadra
Número de paradas de tránsito	Entre 3-4 paradas de buses (Apéndice E)
Tipo de camino a la escuela	Carretera local de gran importancia
Número de carriles en el camino escolar (carriles de cruce)	2 carriles de cruce

Nota: Elaboración propia

En el cuadro 6 se detallan las escuelas seleccionadas para realizar el estudio y la priorización. En la figura 9 se muestran ubicadas espacialmente de acuerdo con las coordenadas CRTM05:

**Cuadro 7. Escuelas seleccionadas**

Indicador en fig.9	Nombre de la escuela	Coordenadas (CRTM05)
1	Kinder y Escuela Jesús Jiménez – Escuela Nocturna Jesús Robles Morales	Norte: 1090662.8 Este: 509251.5
2	Kinder y Escuela Ascensión Esquivel	Norte: 1090540.0 Este: 508761.3
3	Escuela Padre Peralta	Norte: 1090715.8 Este: 509100.5

Nota: Elaboración propia

**Figura 9. Ubicación de los entornos escolares**



En la tabla 3 se muestra información relevante acerca del número de alumnos de cada institución y los horarios de turnos:

**Tabla 3. Información de las instituciones educativas**

<b>Institución</b>	<b>N° Alumnos</b>	<b>Horario de turnos</b>
Escuela Ascensión Esquivel	1050	7am a 12:10pm 12:30pm a 5:40pm
Kinder Ascensión Esquivel	200	7am a 11:10am 12pm a 4:10pm
Escuela Jesús Jiménez	480	7am a 2:20pm 7am a 12:10pm 12pm a 5:40pm
Kinder Jesús Jiménez	148	7am a 11:10am 12pm a 4:10pm
Escuela Padre Peralta	227	Horario regular: 7am a 2:20pm Preescolar materno 7am a 10:30am y 11:30am a 3pm Preescolar transición 7am a 11:10am y 12md a 4:10pm
Escuela Nocturna Jesús Robles Morales	93 (adultos)	6pm a 9:10pm

Nota: Elaboración propia

A partir de los datos recopilados de las diversas fuentes nombradas en la sección 2.1.2, se elaboró una matriz de priorización que integra las características de los centros educativos y los elementos de riesgo presentes en su entorno. Esta matriz permite identificar y jerarquizar los centros escolares que requieren intervenciones en materia de seguridad vial. Con el fin de priorizar los entornos escolares de mayor riesgo para los estudiantes, se deben tener en cuenta los atributos mencionados en la metodología. Se clasifican o filtran de la siguiente manera según la metodología SR4S: Los atributos para los que se dispone de datos continuos se clasifican en función de su perfil de riesgo, donde el riesgo más alto es igual a 1, el segundo riesgo más alto es igual a 2 y así sucesivamente. Los valores más altos (que en este caso representan el riesgo más bajo) serán iguales al número total de elementos analizados.

A continuación, en la tabla 4 se presenta la matriz resultante, que refleja el análisis detallado de cada institución y su contexto, facilitando la toma de decisiones informadas para la implementación de medidas correctivas y preventivas.

**Tabla 4. Matriz de priorización de los entornos escolares**

Nombre de la escuela	Tipo de área	Ingresos	Densidad de accidentes por peatón	Número de intersecciones	Número de paradas de buses	Tipo de camino a la escuela	Carriles de cruce	Número de estudiantes	Horario de turnos	Indicador de riesgo (Suma)	Prioridad rango
Escuela Jesús Jiménez	Urbano	Medio	1	1	2	1	1	2	1	9	2
Kínder Jesús Jiménez	Urbano	Medio	1	1	2	1	1	2	1	9	2
Ascensión Esquivel	Urbano	Medio	2	1	1	1	1	1	1	8	1
Kínder Ascensión Esquivel	Urbano	Medio	2	1	1	1	1	1	1	8	1
Padre Peralta	Urbano	Medio	2	1	3	1	1	3	1	12	3
Escuela Nocturna Jesús Robles Morales	Urbano	Medio	1	1	2	1	1	4	2	12	3

Nota: Elaboración propia

Tras analizar los datos recopilados, se determinó que el entorno de la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra fue el más adecuado para realizar una evaluación, clasificación y diagnóstico detallado de los riesgos viales. Esta elección se fundamenta en las características presentadas en la Tabla 2, que detallan aspectos relevantes del entorno escolar, y en la información sobre la cantidad de estudiantes y los horarios de turnos, expuesta en la Tabla 3. Estos factores se reflejan en la matriz de priorización, donde se compararon diversos criterios para seleccionar el entorno escolar más representativo y con mayores necesidades de intervención.

La Escuela y kínder Ascensión Esquivel Ibarra, ubicada en el centro de Cartago, es una zona de alto tránsito vehicular y peatonal, junto con las condiciones actuales de la infraestructura vial circundante, la convierten en un caso representativo para aplicar la metodología iRAP-SR4S y proponer mejoras que beneficien la seguridad vial de los estudiantes y la comunidad en general.

## 3.2 OE2: Evaluación, clasificación y diagnóstico de los riesgos en la seguridad vial

En el marco del segundo objetivo específico, se llevó a cabo una evaluación de los riesgos asociados a la seguridad vial en las áreas escolares bajo estudio. Este análisis implicó la identificación y clasificación de factores de riesgo presentes en el entorno de cada centro educativo, considerando aspectos como la infraestructura vial, el volumen y comportamiento del tráfico vehicular y peatonal, así como la señalización existente.

Se elaboró una encuesta para analizar la percepción de los usuarios de la infraestructura vial al desplazarse hacia y desde sus centros educativos y formular recomendaciones para mejorar la seguridad vial, sobre todo en las inmediaciones de los centros escolares. Se proporcionó un código QR y un enlace a la encuesta a las escuelas seleccionadas con el fin de maximizar el número de muestras. Las encuestas recopilaban información sobre el modo principal de transporte de los estudiantes, la duración de los desplazamientos hacia y desde la escuela, el acompañante habitual hacia y desde la escuela, los riesgos que presentan las zonas por las cuales transitan, entre otros. La información de estos conjuntos de datos se utilizó como base para la identificación y aplicación de intervenciones tales como mejoras de la infraestructura vial. La Figura 10 muestra una captura de pantalla de la encuesta en Google Forms (Ver Anexo 3).

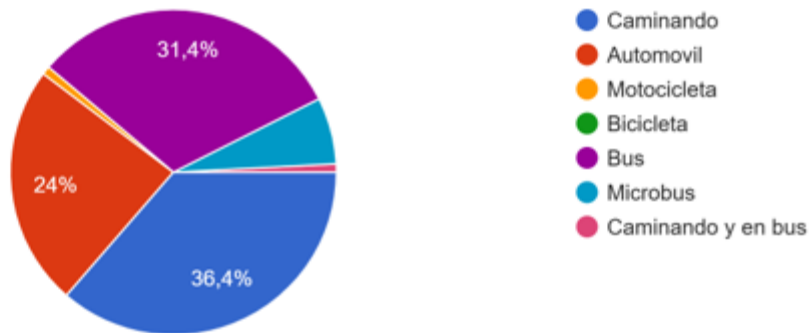
**Figura 10.** Captura de la encuesta



En la figura 11 se muestran los medios de transporte utilizados por los escolares y sus acompañantes para ir y volver de los centros educativos.

**Figura 11.** Modos de transporte utilizados por los estudiantes

¿Cuál es el principal medio de transporte utilizado para ir a la escuela?



Como se muestra en la figura anterior, este predominio del desplazamiento a pie destaca la importancia de garantizar infraestructuras peatonales seguras y adecuadas en las inmediaciones de los centros escolares. La alta proporción de estudiantes que caminan subraya la necesidad de contar con aceras en buen estado, pasos peatonales bien señalizados y medidas de control de velocidad vehicular para proteger a los peatones, especialmente a los niños y adolescentes.

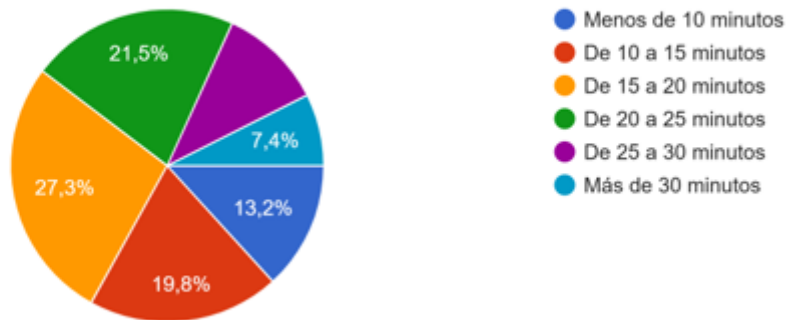
El 31% de los estudiantes que utiliza el autobús como medio de transporte refleja una dependencia significativa del transporte público para acceder a la educación. Esto resalta la necesidad de mantener y mejorar los servicios de transporte público, asegurando su puntualidad, seguridad y cobertura adecuada, especialmente en zonas donde las distancias a los centros educativos son mayores. Esto a su vez resalta la importancia de tener calles y carreteras en buen estado para el correcto tránsito del transporte público y así que los estudiantes lleguen de manera segura a los centros educativos.

El 24% que se moviliza en automóvil particular y el 1% en motocicleta indican una menor dependencia de medios de transporte privados, lo cual puede estar influenciado por factores socioeconómicos, disponibilidad de vehículos en el hogar o la proximidad de la residencia al centro educativo. Estos hallazgos son coherentes con las recomendaciones del "Manual de Movilidad para Estudiantes" del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el cual promueve la movilidad activa y segura para los estudiantes, enfatizando la necesidad de infraestructuras adecuadas y políticas que fomenten el uso de medios de transporte sostenibles y seguros, ya que durante el curso lectivo la congestión vial aumenta un 25% (Murillo, 2021).

La segunda pregunta de la encuesta fue ¿Cuánto tiempo le toma desplazarse de sus hogares a los centros educativos? El resultado se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** Duración media del trayecto a los centros escolares

¿Cuánto tiempo le toma desplazarse de sus hogares a los centros educativos?



Estos datos indican que aproximadamente el 81% de los estudiantes tiene un tiempo de desplazamiento inferior a 25 minutos, lo cual sugiere que una gran parte de la población estudiantil reside en proximidad a sus centros educativos. Este patrón de movilidad resalta la importancia de garantizar condiciones seguras y adecuadas en las rutas peatonales y en las inmediaciones de las escuelas, ya que muchos estudiantes podrían optar por caminar.

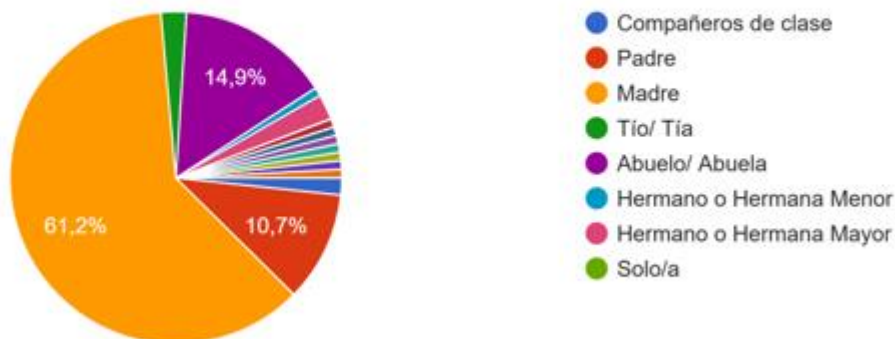
Por otro lado, el 19% de los estudiantes que reporta tiempos de desplazamiento superiores a 25 minutos podría estar expuesto a mayores riesgos viales, especialmente si deben cruzar vías de alto tráfico o carecen de infraestructura peatonal segura. Este grupo también podría enfrentar desafíos adicionales relacionados con la puntualidad y la fatiga, lo que podría afectar su rendimiento académico y bienestar general.

En comparación con datos generales de desplazamientos en Costa Rica, donde el tiempo promedio de viaje al trabajo o la escuela es de aproximadamente 60 minutos según datos de (Numbeo, 2024), los resultados de esta encuesta reflejan tiempos significativamente menores. Esta diferencia puede atribuirse a la ubicación de los centros educativos en zonas urbanas o semiurbanas, donde las distancias son más cortas y la accesibilidad es mayor.

Por otra parte, la siguiente pregunta de la encuesta mostrada en la figura 13 es que, al desplazarse a los centros educativos, ¿cuál es el acompañante habitual del estudiante?

**Figura 13.** Acompañante habitual del estudiante

Al desplazarse a los centros educativos, ¿cuál es el acompañante habitual del estudiante?



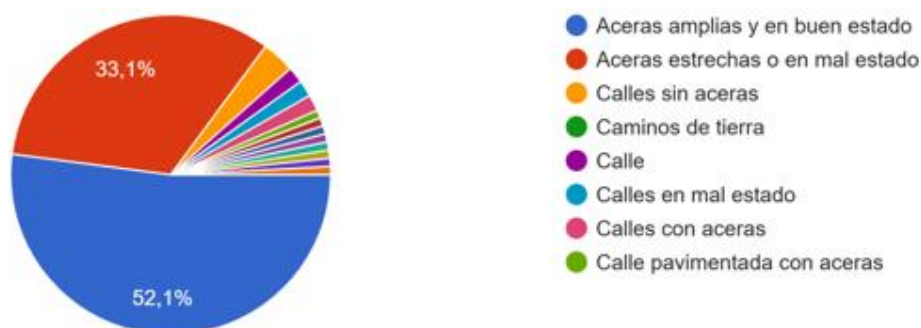
Este patrón destaca el papel central que desempeñan las madres en la rutina diaria de los estudiantes, especialmente en lo que respecta a la seguridad y supervisión durante los trayectos escolares. La significativa participación de los abuelos sugiere una estructura familiar extendida activa, donde los adultos mayores asumen responsabilidades clave en la vida cotidiana de los niños. La menor presencia del padre y otros familiares podría reflejar dinámicas familiares específicas, horarios laborales o roles tradicionales en la distribución de tareas de cuidado.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar a las madres y abuelos como actores clave en la implementación de estrategias de seguridad vial y programas de educación en movilidad segura. Su participación activa puede ser fundamental para el éxito de iniciativas destinadas a mejorar la seguridad de los estudiantes en su camino hacia y desde la escuela.

La cuarta pregunta de la encuesta mostrada en la figura 14: ¿Qué tipo de vías utiliza el estudiante en su trayecto a la escuela?

**Figura 14.** Tipo de vías utilizadas por los estudiantes durante su desplazamiento hacia la escuela

¿Que tipo de vías utiliza el estudiante en su trayecto a la escuela?

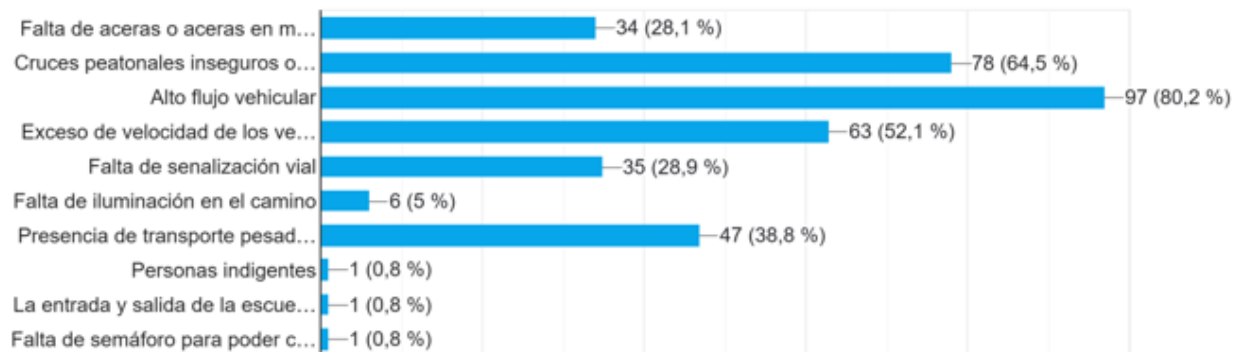


Las respuestas a esta pregunta revelan que en el trayecto hacia los centros educativos existe una diversidad en las condiciones de la infraestructura vial y peatonal. El 52,1% de los encuestados transita por aceras amplias en buen estado, lo que indica que casi la mitad de los estudiantes cuenta con infraestructuras peatonales adecuadas que facilitan un desplazamiento seguro y cómodo. Sin embargo, un 33,1% reporta utilizar aceras estrechas o en mal estado, lo que representa una proporción significativa de estudiantes que enfrentan malas condiciones en su recorrido diario. Estas aceras pueden presentar riesgos como tropiezos, caídas o la necesidad de invadir la calzada vehicular, aumentando la exposición a siniestros. Además, un 4% de los estudiantes indica que transita por calles sin aceras, y otro 4% utiliza aceras amplias, pero en mal estado. Estas situaciones son particularmente preocupantes, ya que la ausencia o deterioro de las aceras obliga a los peatones a compartir el espacio con vehículos motorizados, incrementando significativamente el riesgo de atropellos y otros incidentes viales.

La siguiente pregunta fue de respuesta múltiple para poder ver cuales consideran las personas que son los principales riesgos en el camino hacia los centros escolares, la cual se muestra en la figura 15.

**Figura 15.** Principales riesgos en el camino

¿Cuáles considera que son los principales riesgos en el camino a la escuela? (Puede marcar varias opciones)



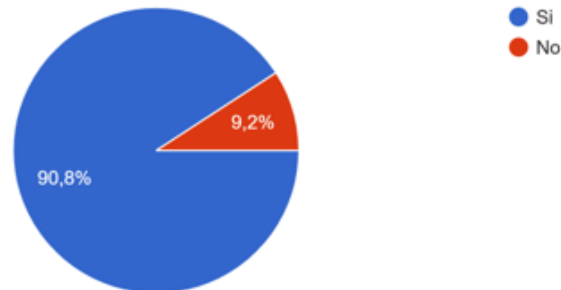
Estos resultados reflejan una percepción generalizada de inseguridad vial en las rutas escolares, especialmente en relación con el tráfico vehicular intenso y la infraestructura peatonal deficiente. La alta preocupación por el flujo vehicular y la velocidad excesiva sugiere la necesidad de implementar medidas de control de tráfico. La identificación de cruces peatonales inseguros o inexistentes resalta la urgencia de establecer pasos peatonales bien señalizados y seguros en las proximidades de los centros educativos.

La percepción de riesgos asociados a la falta de aceras en buen estado y la presencia de transporte pesado indica la necesidad de mejorar la infraestructura peatonal y regular el tránsito de vehículos de gran tamaño en zonas escolares. Además, la falta de señalización vial adecuada puede contribuir a la inseguridad percibida, lo que enfatiza la importancia de una señalización clara y visible para proteger a los estudiantes en su desplazamiento diario.

Por otro lado, se presentan los resultados a las preguntas 6 y 7 que están relacionadas con el cruce seguro de las calles hacia los centros educativos:

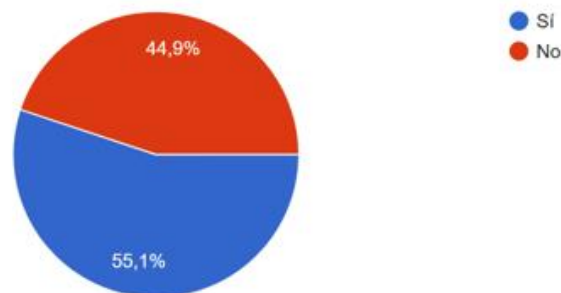
**Figura 16.** ¿El estudiante debe cruzar calles de alto tránsito vehicular para llegar a la escuela?

¿El estudiante debe cruzar calles de alto tránsito vehicular para llegar a la escuela?



**Figura 17.** Zonas de cruce seguras en el trayecto

Si el estudiante camina a la escuela, ¿existen zonas de cruce seguras en su trayecto?



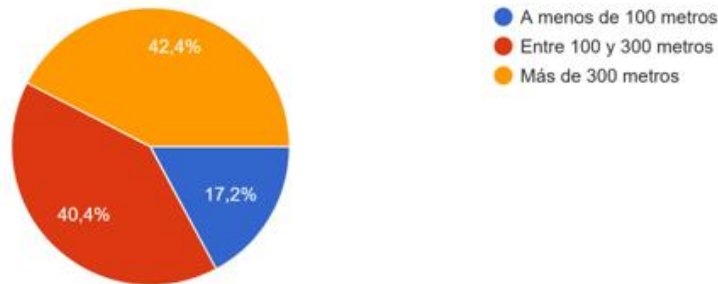
Los resultados de esta pregunta revelan que un 90% de los encuestados respondió afirmativamente. Este dato indica que la gran mayoría de los estudiantes enfrenta diariamente la necesidad de atravesar vías con un alto volumen de tránsito en su trayecto hacia los centros educativos.

Esta situación es especialmente preocupante, ya que los niños y adolescentes son considerados usuarios vulnerables en el entorno vial debido a su menor capacidad para evaluar riesgos y su limitada experiencia en la vía pública. La exposición constante a calles de alto tránsito sin las medidas de seguridad adecuadas incrementa el riesgo de siniestros y lesiones.

En la figura 18 se expone la pregunta 8 con respecto al uso de transporte público.

**Figura 18.** Uso de transporte público

En caso de que el estudiante utilice transporte público, ¿qué tan cerca se encuentra la parada más próxima de su casa y de la escuela?

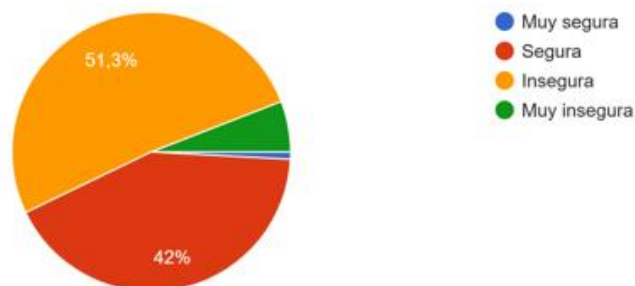


El 42,4% de los encuestados reporta que la parada más próxima se ubica a más de 300 metros, lo que podría representar trayectos peatonales relativamente largos antes y después del viaje en transporte público. Para los estudiantes, especialmente los más pequeños, esta distancia puede significar mayor riesgo y fatiga. Un 40,4% indica una distancia de entre 100 y 300 metros, lo que se considera razonable siempre que exista infraestructura peatonal continua y bien señalizada. Sin embargo, sigue siendo importante garantizar cruces seguros y reductores de velocidad en zonas adyacentes a las paradas. Solo el 17,2% de los estudiantes cuenta con una parada a menos de 100 metros, lo que facilita su acceso al transporte público y reduce su exposición a riesgos viales.

En temas de seguridad vial se encuentran las preguntas 9,10 y 11 las cuales se presentan en las figuras 19 y 20.

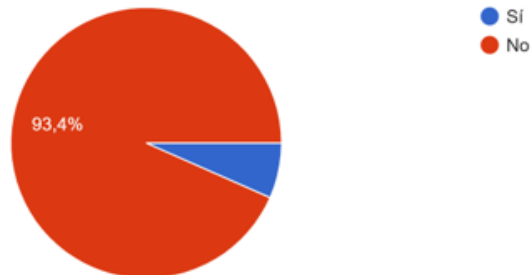
**Figura 19.** Seguridad vial en el camino hacia las escuelas

¿Cómo califica la seguridad vial en el camino que sigue el estudiante para ir a la escuela?



**Figura 20.** Presencia de oficiales de tránsito en los alrededores

¿Considera que hay suficiente presencia de oficiales de tránsito o personal de seguridad en los alrededores de la escuela?



El 51,3% califica el trayecto como “inseguro” y un 6% como “muy inseguro”, lo que significa que casi siete de cada diez encuestados perciben un riesgo elevado en el camino hacia la escuela. Solo 42% lo considera “seguro”, lo que evidencia que, a pesar de algunas infraestructuras favorables, la mayoría de la comunidad no confía en las condiciones viales actuales.

Un contundente 93,4% indica que no hay suficiente personal de control vial alrededor de la escuela, mientras solo un escaso 6,6% opina que sí hay presencia adecuada. La casi nula vigilancia contribuye a que conductores infrinjan límites de velocidad y normas de cruce, aumentando el riesgo para los peatones. Este hallazgo refuerza la necesidad de recomendaciones que incluyan no solo mejoras físicas (infraestructura y señalización), sino también un refuerzo de la supervisión del tránsito en horas pico escolares.

Finalmente, se les consultó a las personas sobre qué cambios creen que deberían implementarse para mejorar la seguridad vial durante el trayecto hacia los centros educativos. Las respuestas más relevantes fueron las siguientes:

- Marcar los pasos peatonales cerca de los centros educativos.
- Debida colocación de señalización vertical y horizontal para que los vehículos reduzcan la velocidad.
- Necesidad de la presencia de oficiales de tránsito en la zona.
- Colocar más semáforos que den paso a los peatones.
- Más zonas de estacionamiento.
- Instalación de vallas peatonales en las aceras.

Por otra parte, se presentan los resultados de la fase de codificación realizada en la plataforma iRAP-SR4S. Durante la fase de evaluación del entorno vial de la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra, se identificaron múltiples zonas críticas que presentaban deficiencias significativas en la infraestructura y señalización vial. Estas áreas, ubicadas principalmente en las inmediaciones de las entradas principales del centro educativo, carecían de elementos esenciales como señalización vertical y horizontal adecuada, bandas alertadoras y cruces peatonales bien definidos.

Para abordar estas deficiencias, se procedió a codificar detalladamente cada una de estas ubicaciones utilizando la aplicación SR4S. Este proceso implicó la introducción de atributos viales específicos y la incorporación de fotografías que documentaban las condiciones reales del entorno. La codificación se centró en aspectos clave como la calidad de la superficie de rodadura, la existencia y estado de las señales de tránsito, la presencia de dispositivos de control de velocidad y la adecuación de los cruces peatonales. De las figuras 21 a la 24 se muestra parte de la inspección en campo de la infraestructura y señalización vial.

**Figura 21.** Inspección en campo: Entrada Kinder Ascensión Esquivel Ibarra



**Figura 22.** Inspección en campo: Entrada lateral de la escuela, calle principal Av.4



**Figura 23.** Inspección en campo: Zona cercana a la entrada lateral de la escuela, Av.4



**Figura 24.** Inspección en campo: Calle entrada principal a la escuela, C.O.



La recopilación y análisis de estos datos permitieron obtener una visión clara y objetiva de los riesgos presentes en el entorno escolar, facilitando la identificación de áreas prioritarias para la implementación de mejoras en la seguridad vial. Este enfoque sistemático y basado en evidencia es fundamental para desarrollar estrategias efectivas que garanticen la protección de los estudiantes y demás usuarios vulnerables de la vía.

A continuación, de las figuras 25 a la 30 se presentan los atributos viales codificados en la zona de estudio, obtenidos desde la plataforma web de SR4S. Las ubicaciones seleccionadas corresponden a los accesos principales a la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra, así como a las calles cercanas donde se concentra un mayor flujo vehicular y peatonal, incluyendo zonas con paradas de autobús y rutas frecuentes de acceso a pie de los estudiantes.

Figura 25. Interfaz de la aplicación SR4S

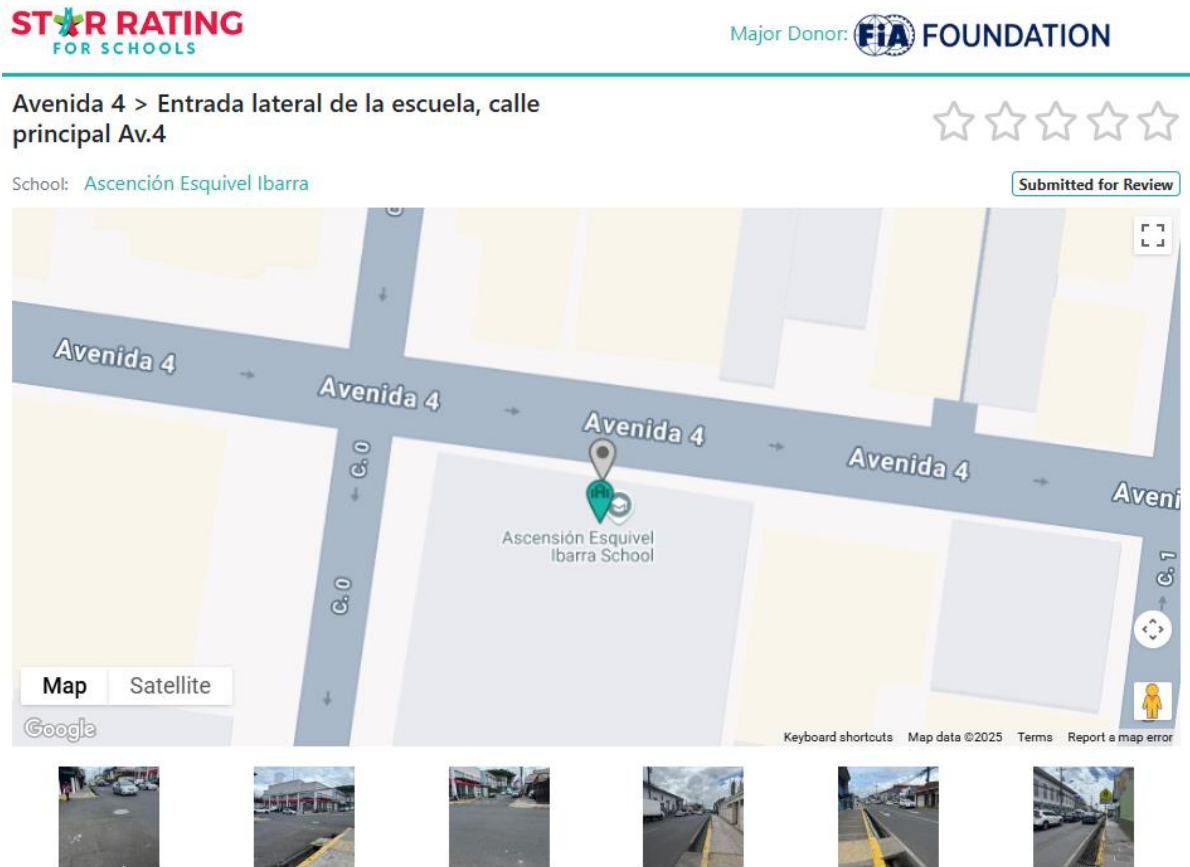
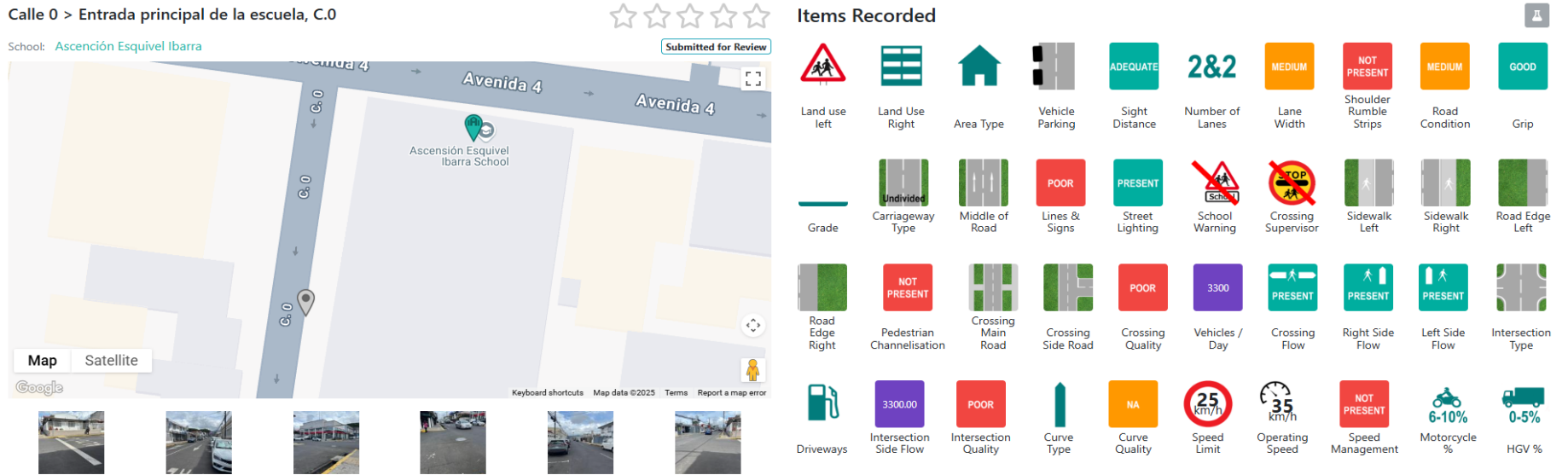


Figura 26. Codificación entrada lateral de la escuela Ascension Esquivel Ibarra, Av.4.

**Items Recorded**

Land use left	Land Use Right	Area Type	Vehicle Parking	Sight Distance	Number of Lanes	Lane Width	Shoulder Rumble Strips	Road Condition	Grip
Grade	Undivided Carriageway Type	Middle of Road	Lines & Signs	Street Lighting	School Warning	Crossing Supervisor	Sidewalk Left	Sidewalk Right	Road Edge Left
Road Edge Right	Pedestrian Channelisation	Crossing Main Road	Crossing Side Road	Crossing Quality	Vehicles / Day	Crossing Flow	Right Side Flow	Left Side Flow	Intersection Type
Driveways	3300.00 Intersection Side Flow	Intersection Quality	Curve Type	Curve Quality	Speed Limit	Operating Speed	Speed Management	Motorcycle %	HGV %

**Figura 27.** Codificación entrada principal de la escuela Ascensión Esquivel Ibarra, C.0.



**Figura 28.** Codificación entrada principal del Kinder Ascensión Esquivel Ibarra, Av.6.

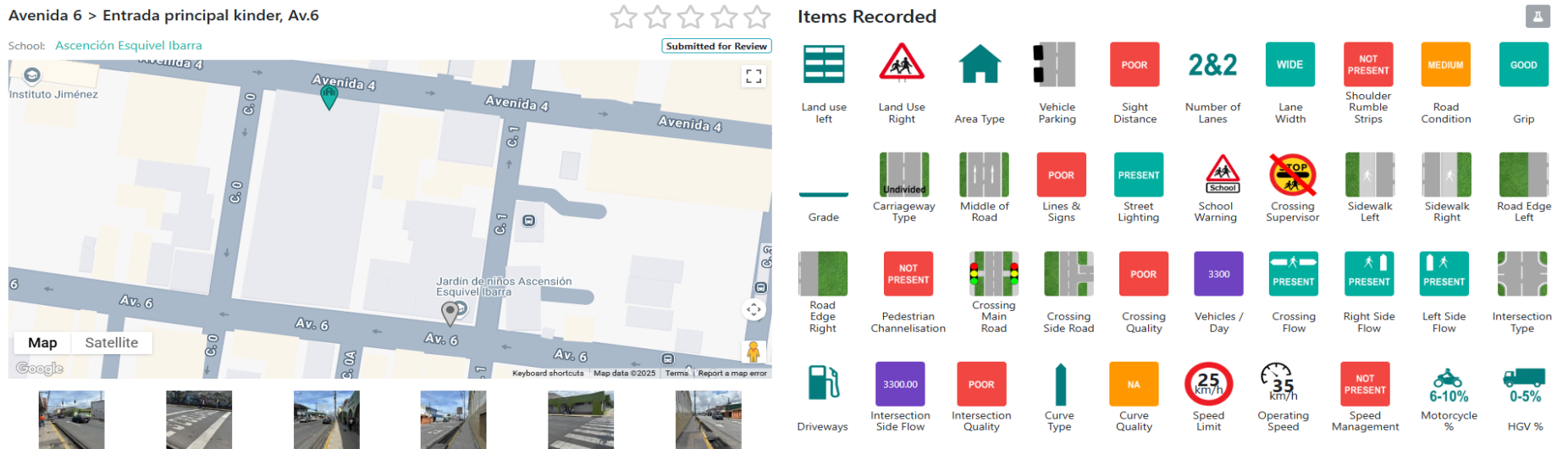


Figura 29. Codificación entrada lateral del kinder Ascensión Esquivel Ibarra, C.1.

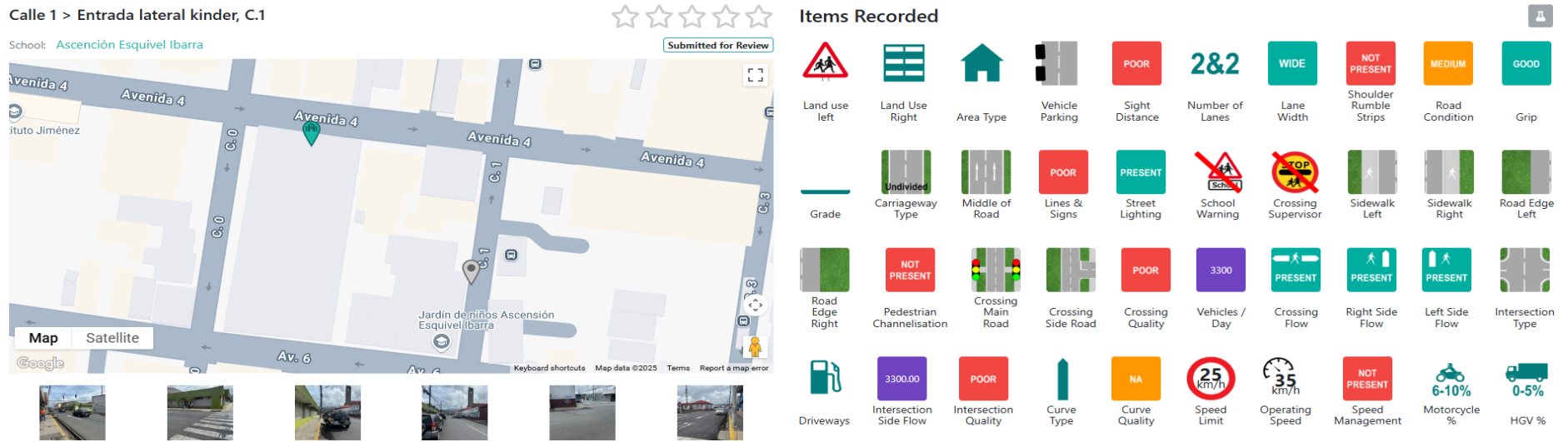
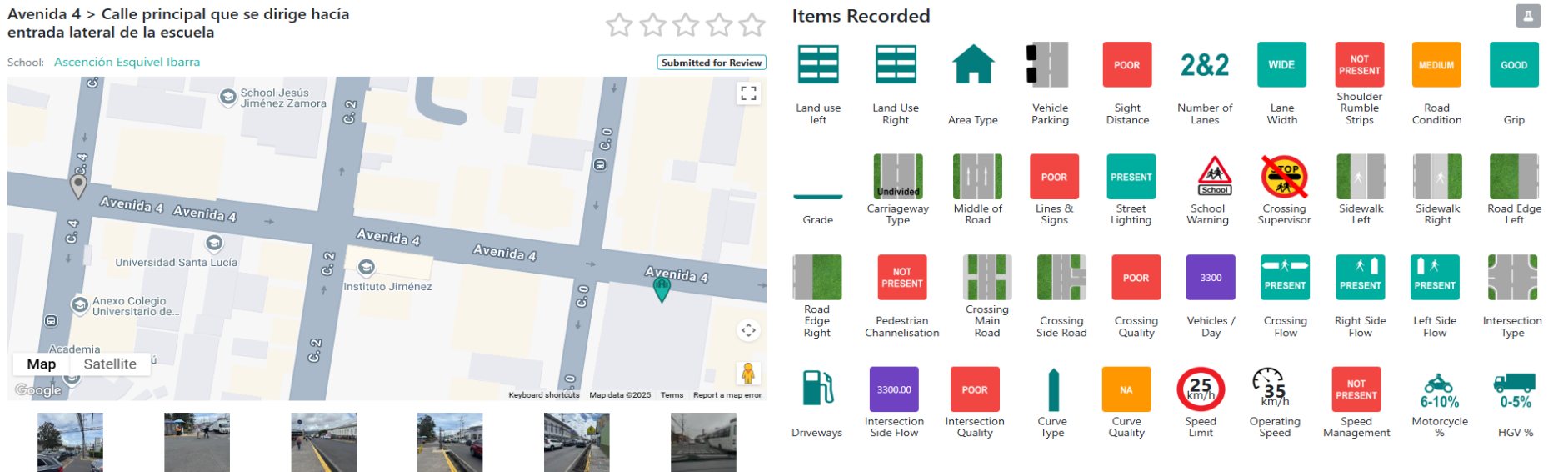


Figura 30. Codificación Calle principal que se dirige hacia entrada lateral de la escuela, Av.4.



En las figuras anteriores se observa que, en los puntos codificados, no hay presencia de bandas alertadoras ni dispositivos físicos de reducción de velocidad, lo cual aumenta el riesgo para los peatones. Además, se identificó que la calidad de la superficie de rodamiento presenta deterioros leves a moderados, calidad deficiente de cruces peatonales e intersecciones y en algunos sectores las señales horizontales son inexistentes o están en mal estado. También destaca la ausencia de supervisión de cruce en los puntos de mayor concentración peatonal, especialmente en horas de entrada y salida. Estos hallazgos permiten evidenciar debilidades claras en la infraestructura vial del entorno escolar, justificando la necesidad de aplicar mejoras inmediatas y sostenibles.

Estos atributos resaltan debilidades estructurales y de gestión del tránsito que, combinadas, generan puntos críticos de alta vulnerabilidad para los peatones escolares. A partir de esta codificación, los atributos fueron revisados por un técnico certificado de iRAP, quien forma parte del equipo de soporte internacional de la organización. El técnico revisó el proyecto a través de la plataforma SR4S, identificó algunas inconsistencias en los valores ingresados y posteriormente solicitó correcciones específicas mediante observaciones técnicas. Una vez realizadas dichas correcciones, se validaron los datos ingresados y la plataforma generó automáticamente la calificación por estrellas, la cual refleja de forma objetiva el nivel de riesgo de la infraestructura vial evaluada. Esta calificación sirvió como base para la formulación de las recomendaciones de mejora en el entorno escolar.

Entre todos los atributos codificados los más relevantes en el tema de seguridad vial en la zona de estudio son:

- Ausencia de bandas alertadoras en las aproximaciones a los entornos escolares, lo que impide advertir a los conductores sobre la necesidad de reducir la velocidad en zonas de alta concentración de peatones.
- Distancia de visibilidad: La capacidad de los conductores para ver a los peatones o ciclistas en la vía, a punto de cruzar la vía u otros vehículos en una intersección está restringida a lo largo de la vía, el alineamiento horizontal o vertical, u obstrucciones físicas, tales como objetos laterales y vehículos detenidos obstruyen la visibilidad.
- Condición regular de la superficie de rodamiento, con defectos secundarios (baches, fisuras) que pueden alterar de forma esporádica el control y la trayectoria de los vehículos.
- Señales de peligro y demarcaciones (centrales y laterales) inexistentes o en mal estado a lo largo de tramos prolongados, reduciendo la visibilidad y guía para conductores y peatones.
- Falta de supervisión de cruce, es decir, no hay personal asignado que facilite y proteja el cruce peatonal en horas de entrada y salida escolar.
- Calidad deficiente de los cruces peatonales, sin elementos de refugio ni señalización adecuada, lo cual pone en riesgo a los estudiantes al cruzar la vía.
- Intersecciones con señalización y demarcación ausentes u obstruidas, lo que dificulta la correcta lectura de prioridades y giros, incrementando la probabilidad de siniestros.

- Inexistencia de dispositivos de control del tránsito, evidenciada por velocidades de operación que superan consistentemente los límites establecidos, según los aforos vehiculares proporcionados por la Municipalidad (ANEXO 2).

A partir de la evaluación de los factores observados en campo se detectan diversas situaciones de riesgo que aumentan la probabilidad de siniestros y afectan la movilidad segura alrededor del entorno del centro educativo. Estos riesgos, descritos a continuación, permiten establecer un diagnóstico y fundamentar la necesidad de intervenciones que mejoren las condiciones actuales y contribuyan a una movilidad segura, accesible y sostenible.

### **Análisis de riesgos en el entorno escolar según evaluación iRAP-SR4S**

#### **1. Alta velocidad vehicular**

Uno de los riesgos más críticos es la velocidad excesiva de los vehículos cerca del centro educativo. Según los datos proporcionados por la Municipalidad de Cartago (Ver anexo 2), la velocidad de operación en la zona evaluada oscila entre los 25 y 36 km/h, superando en algunos puntos la velocidad límite permitida en zonas escolares. En una zona donde circulan niños, esto puede ser letal. Por tanto, este riesgo está directamente asociado a la probabilidad de accidentes graves o fatales y a la necesidad urgente de implementar medidas de control de tráfico.

#### **2. Cruces sin señalización ni prioridad peatonal**

De acuerdo con la inspección de campo, el centro educativo se encuentra en un entorno donde los cruces de las vías cercanas no están debidamente señalizados ni protegidos según se muestra en la figura 31. Esto obliga a los peatones a cruzar entre vehículos en movimiento, confiando en que los conductores reduzcan la velocidad. Esta situación es especialmente peligrosa para niños pequeños que no siempre calculan bien el tiempo de cruzar o la distancia en la que se acercan los vehículos. La falta de pasos peatonales señalizados y semáforos representa un alto riesgo de atropellos y debe considerarse una de las prioridades en la intervención.

**Figura 31.** Falta de cruce peatonal



### 3. Falta de aceras, aceras discontinuas y en mal estado

La ausencia de aceras continuas y seguras expone a los estudiantes a caminar directamente sobre la calzada o en los márgenes de las vías, como se muestra en la figura 32. Esta condición no solo representa un riesgo físico inmediato, sino que también impide que los estudiantes se desplacen de forma segura. Las aceras deben tener un ancho suficiente, estar libres de obstáculos y tener conexión directa con los accesos escolares. El mal estado de las aceras indica una infraestructura vial que no contempla al peatón como parte prioritaria del entorno vial.

**Figura 32.** Aceras en mal estado



#### 4. Ausencia de señalización escolar

Las señales verticales y horizontales cumplen un rol clave en advertir a los conductores sobre la presencia de una escuela y la necesidad de disminuir la velocidad. Cuando estas señales están ausentes, son confusas o están desgastadas, se pierde una herramienta fundamental para generar conciencia y comportamiento preventivo de los conductores. Ejemplo de esta situación se muestra en las figuras 33 y 34.

**Figura 33.** Señalización horizontal desgastada



**Figura 34.** Señalización horizontal ausente



#### 5. Tránsito mixto sin separación física clara

El entorno más próximo presenta una mezcla desordenada de usuarios: vehículos particulares, buses, motocicletas, bicicletas y peatones, todos compartiendo el mismo espacio sin una separación clara, tal y como se evidencia en la figura 35. Esta situación multiplica los puntos de conflicto y reduce drásticamente los márgenes de seguridad. Un diseño vial adecuado debería segregar los diferentes flujos mediante zonas de autobuses, ciclovías y zonas peatonales más protegidas.

**Figura 35.** Tránsito mixto y aglomeración de peatones



#### 6. Estacionamiento indebido o desordenado

En la zona evaluada se pudo observar que, si existen zonas de parqueo señalizado, sin embargo, en las horas de entrada y salida de los estudiantes los padres se detienen en doble fila, sobre aceras o en zonas prohibidas al dejar o recoger a sus hijos ya que las zonas de parqueo delineadas están ocupadas. Este comportamiento, junto con la falta de infraestructura para paradas temporales, bloquea la visibilidad de los peatones que cruzan y genera caos vehicular. Los niños muchas veces deben sortear estos obstáculos para poder cruzar, lo cual los expone innecesariamente a accidentes. Ejemplo de esta situación se evidencia en la figura 36.

**Figura 36.** Estacionamiento indebido en zona escolar








#### 7. Falta de supervisión o gestión del tránsito en horas pico

En horas pico, la presencia de oficiales de tránsito o encargados de la seguridad vial escolar es esencial. De acuerdo con la encuesta realizada, los padres de familia claramente expusieron su disconformidad por la falta de supervisión del tránsito. Su ausencia provoca desorden, comportamiento imprudente por parte de conductores y aumento del riesgo a siniestros viales. La gestión del tránsito escolar no solo organiza el flujo vehicular y peatonal, sino que también transmite a la comunidad un mensaje claro sobre la importancia de proteger a los estudiantes.

A continuación, se presentan los resultados de las calificaciones por estrellas obtenidas para las distintas ubicaciones evaluadas en el entorno escolar, las cuales reflejan las condiciones actuales de seguridad vial y servirán como base para proponer intervenciones y mejoras específicas que contribuyan a crear un entorno más seguro para los estudiantes y la comunidad educativa en general. Se codificaron cinco vías de gran importancia que están cercanas a la escuela y kínder. Los resultados se muestran en la figura 37:

**Figura 37.** Resultados de calificación por estrellas

<b>Avenida 4 &gt; Calle principal que se dirige hacia entrada lateral de la escuela</b> <b>Survey:</b> Inspección final <b>School:</b> Ascención Esquivel Ibarra	 Decimal Star Ratings: 3.1
<b>Calle 1 &gt; Entrada lateral kinder, C.1</b> <b>Survey:</b> Inspección final <b>School:</b> Ascención Esquivel Ibarra	 Decimal Star Ratings: 3.8
<b>Avenida 6 &gt; Entrada principal kinder, Av.6</b> <b>Survey:</b> Inspección final <b>School:</b> Ascención Esquivel Ibarra	 Decimal Star Ratings: 3.8
<b>Calle 0 &gt; Entrada principal de la escuela, C.0</b> <b>Survey:</b> Inspección final <b>School:</b> Ascención Esquivel Ibarra	 Decimal Star Ratings: 3.1
<b>Avenida 4 &gt; Entrada lateral de la escuela, calle principal Av.4</b> <b>Survey:</b> Inspección final <b>School:</b> Ascención Esquivel Ibarra	 Decimal Star Ratings: 2.7

Al analizar las calificaciones por estrellas obtenidas mediante la metodología Star Rating for Schools (SR4S) en las diferentes entradas de la Escuela y Jardín de Niños Ascención Esquivel Ibarra, se observaron variaciones significativas que reflejan el estado actual de la infraestructura vial y su impacto en la seguridad de los estudiantes.

Las tres entradas principales de la escuela recibieron calificaciones de 2.7, 3.1 y 3.1 estrellas, respectivamente. Estas puntuaciones indican que las áreas evaluadas presentan condiciones de seguridad vial que requieren atención inmediata. Según la metodología SR4S, una calificación de 3 estrellas representa un entorno con riesgos moderados, mientras que puntuaciones por debajo de esta, como la de 2.7 estrellas, señalan deficiencias más pronunciadas en la infraestructura vial.

Las bajas calificaciones en estas entradas pueden atribuirse a la ausencia o deterioro de elementos clave de seguridad, como señalización vertical y horizontal adecuada, dispositivos de control de velocidad y cruces peatonales bien definidos. Estas deficiencias aumentan la vulnerabilidad de los estudiantes y otros peatones, especialmente durante las horas pico de entrada y salida escolar.

Por otro lado, las dos entradas del jardín de niños obtuvieron una calificación de 3.8 estrellas cada una. Estas puntuaciones sugieren que, aunque las condiciones de seguridad vial son relativamente mejores en comparación con las entradas de la escuela, aún existen oportunidades de mejora.

Estas evaluaciones resaltan la necesidad de intervenciones específicas en las áreas con calificaciones más bajas para mejorar la seguridad vial en el entorno escolar. Implementar medidas

correctivas basadas en las recomendaciones de la metodología SR4S no solo elevará las calificaciones por estrellas, sino que también contribuirá a crear un entorno más seguro y propicio para el tránsito de estudiantes y la comunidad en general.

### **3.3 OE3: Propuesta de recomendaciones para la mejora de la seguridad vial en el entorno priorizado**

Con base en los resultados obtenidos a través de la evaluación, el análisis de riesgos y la clasificación por estrellas de las vías, se formuló un conjunto de recomendaciones orientadas a mejorar la infraestructura vial y fortalecer la seguridad en las zonas escolares evaluadas. A partir de elementos clave como la encuesta aplicada y la codificación detallada de los atributos viales, el plan de acción propuesto en el cuadro 7 incluye intervenciones concretas que responden a las principales necesidades identificadas en el entorno.

Con respecto a las contramedidas establecidas por iRAP, se tomaron como referencia las opciones presentadas en el Cuadro 5, eligiendo aquellas que mejor se ajustan a las condiciones observadas en el entorno vial evaluado. Estas contramedidas son fundamentales para formular las recomendaciones y estructurar el plan de acción, ya que brindan soluciones probadas y alineadas con los factores de riesgo identificados. La selección se realizó considerando su efectividad, aplicabilidad local y el impacto directo en la mejora de la seguridad vial para los estudiantes.

En primer lugar, se propone la colocación de bandas alertadoras sobre la superficie de las vías para advertir a los conductores sobre la cercanía de una zona escolar y promover una conducción más atenta.

En las inmediaciones de los ingresos a los centros educativos, se sugiere la instalación de barreras o vallas peatonales para canalizar el flujo peatonal y evitar cruces desordenados o peligrosos. Asimismo, la rehabilitación de la superficie de la vía es fundamental para garantizar condiciones seguras de desplazamiento, minimizando riesgos por baches o irregularidades.

En intersecciones críticas cercanas a las escuelas, se plantea la necesidad de semaforizar adecuadamente, así como instalar cruces peatonales con semáforo para garantizar que los estudiantes puedan cruzar con seguridad. Donde no sea viable la semaforización, se propone la incorporación de islas de refugio, permitiendo a los peatones cruzar en dos tiempos y reducir su exposición al flujo vehicular. Complementariamente, se debe mejorar la calidad de la infraestructura peatonal, ampliando aceras, mejorando su continuidad y eliminando obstáculos.

En vías laterales o de menor volumen vehicular, se recomienda establecer cruces peatonales con prioridad sin semáforo, debidamente señalizados y con elementos de protección, como vallas peatonales para guiar el flujo. También es necesario garantizar una adecuada distancia visual, eliminando obstrucciones visuales que puedan dificultar la detección de peatones por parte de los conductores.

La zona escolar debe ser claramente identificable, para ello se plantea la instalación de señalamiento intermitente, señales verticales y demarcaciones horizontales específicas, advirtiendo sobre la presencia de estudiantes. En intersecciones, es importante reforzar el delineamiento y señalamiento, así como mejorar la

delineación general de la vía para ordenar los flujos y reducir la velocidad ya que a lo largo de las vías evaluadas la mayoría de señalización horizontal que advertía la zona escolar estaba desgastada o era inexistente.

Finalmente, se recomienda realizar mejoras en las zonas de estacionamiento, especialmente las que se ubican frente a las escuelas, para evitar obstrucciones visuales o maniobras peligrosas. Todo esto debe ir acompañado de revisiones periódicas de la velocidad de operación, asegurando que las condiciones reales se alineen con los límites seguros establecidos para zonas escolares.

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de las medidas de mejora recomendadas para la zona de estudio:

**Figura 38.** Bandas alertadoras en la vía



Nota: Transverse rumble strips (Kranz, 2020)

**Figura 39.** Cruce peatonal sin semáforo



Nota: (Prioridad peatonal en esquina sin semáforo – Diario 5, slf)

Figura 40. Señalización horizontal zona escolar



Figura 41. Señalización vertical zona escolar



Nota: (Señales Preventivas Escolares, 2024)

Cuadro 8. Plan de acción

Objetivo	Actividades	Responsable	Indicadores de Éxito
<b>1. Señalizar y demarcar cruces peatonales</b>	1.1. Pintar pasos peatonales en puntos críticos identificados. 1.2. Instalar señalización horizontal (cruce peatonal prioritario) y vertical (señales de paso peatonal y zona escolar).	Municipalidad / Constructora vial	Nº de pasos peatonales pintados; visibilidad mejorada en inspección post-obra.
<b>2. Mejorar señalización vial tanto vertical como horizontal</b>	2.1. Colocar señales de límite de velocidad y “zona escolar” cada 100 metros. 2.2. Repintar líneas centrales y laterales en tramos prolongados.	COSEVI / MOPT	% de señalización nueva instalada; mediciones de reflectividad nocturna.
<b>3. Instalar dispositivos de seguridad y reducción de velocidad</b>	3.1. Colocar resaltos (badenes) y bandas rugosas en zonas cercanas a la entrada de las escuelas. 3.2. Señalización previa para advertir al conductor. 3.3. Instalación de vallas peatonales en las aceras que colindan con vías de alto tránsito.	Municipalidad / Policía de Tránsito	Nº de dispositivos instalados; reducción de la velocidad de operación (aforos antes/después).
<b>4. Rehabilitar y mantener la superficie de rodamiento</b>	4.1. Reparar baches y fisuras en aceras y calzadas adyacentes. 4.2. Sellado de grietas y repavimentación selectiva en tramos críticos.	Constructora / Municipalidad	Metros cuadrados reparados; encuestas de satisfacción de usuarios con el estado de la vía.

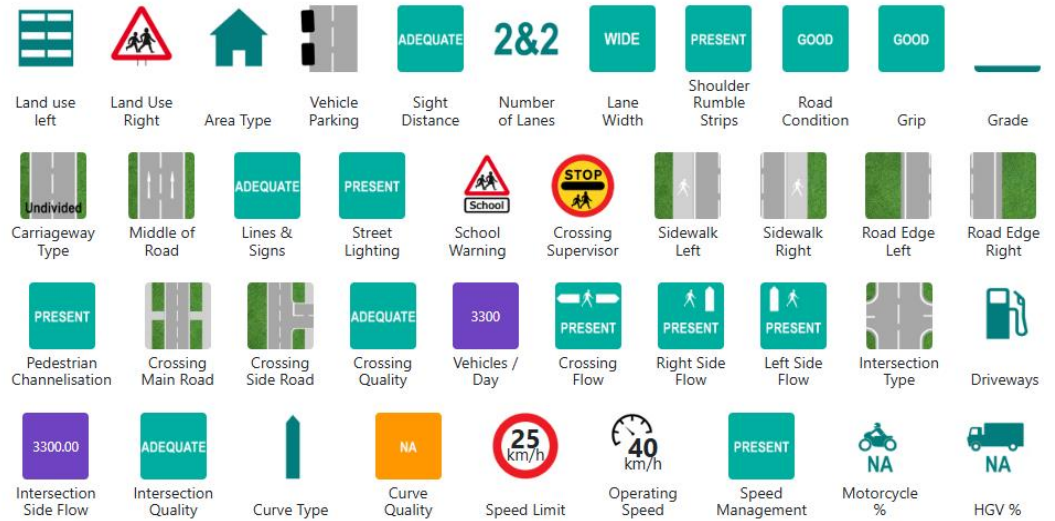
<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsable</b>	<b>Indicadores de Éxito</b>
<b>5. Fortalecer la seguridad y supervisión en cruces peatonales</b>	5.1. Asignar oficiales de tránsito en horas pico de entrada/salida. 5.2. Capacitar y equipar voluntarios (padres/docentes) como supervisores de cruce.	Policía de Tránsito / Junta Escolar	Nº de operativos con oficiales; percepción de seguridad
<b>6. Instalar semáforos peatonales en intersecciones críticas</b>	6.1. Instalar semáforos en intersecciones con alta siniestralidad con tiempos de cruce adecuados para los estudiantes.	MOPT / Municipalidad	Nº de semáforos instalados; observación de respeto a fases de cruce.
<b>7. Campañas de educación vial y comunicación</b>	7.1. Difundir material (volantes, carteles, redes sociales) sobre la importancia de la seguridad vial. 7.2. Realizar talleres de movilidad segura para estudiantes y padres.	Secretaría de Seguridad Vial/ COSEVI	Nº de talleres realizados; % de padres y estudiantes informados.
<b>8. Monitoreo y evaluación continua</b>	8.1. Recuento de flujo vehicular y peatonal tras intervenciones.	Equipo de Proyecto / COSEVI	Cambio en estrellas SR4S; disminución de velocidades y accidentes; mejora en percepción de usuarios.

Una vez completada la evaluación inicial de seguridad vial en las inmediaciones de la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra, se procedió a utilizar la herramienta de demostración de la metodología Star Rating for Schools (SR4S) para simular posibles mejoras en la infraestructura vial y analizar su impacto en la calificación por estrellas. Esta herramienta permite introducir virtualmente intervenciones específicas, como la instalación de señalización adecuada, la mejora de cruces peatonales y la implementación de dispositivos de control de velocidad, para observar cómo estas modificaciones podrían mejorar el nivel de seguridad en el entorno escolar.

Es importante destacar que estas simulaciones no representan cambios ya implementados en la realidad, sino que son proyecciones. A continuación, en las siguientes figuras se presentan los resultados de este ejercicio, evidenciando cómo algunas ubicaciones podrían mejorar su calificación hasta alcanzar 4 o incluso 5 estrellas con cambios específicos.

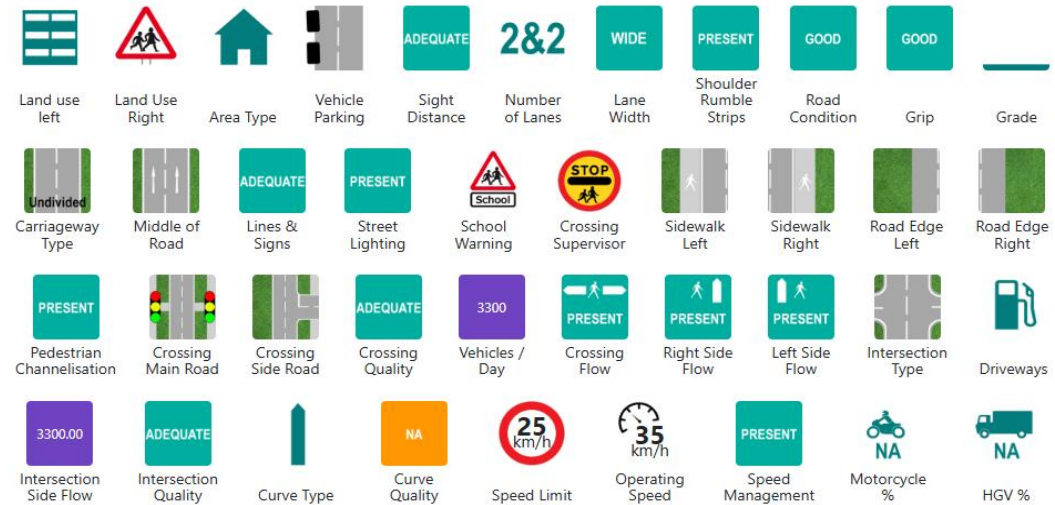
**Figura 42.** Calificación por estrellas mejorada Av.4 Calle principal Entrada lateral a la escuela

Click on an icon to change it's value, and see the effect on star ratings.



**Figura 43.** Calificación por estrellas mejorada Av.6 Entrada principal al kínder

Click on an icon to change it's value, and see the effect on star ratings.



En los dos ejemplos seleccionados, se evidencia el potencial de mejora que ofrece el demostrador de SR4S al simular virtualmente la implementación de contramedidas clave. A través de esta herramienta, se introdujeron elementos como bandas alertadoras en las aproximaciones, señalización vertical y horizontal reforzada, supervisores de cruce durante las horas pico de entrada y salida, así como mejoras en la calidad del cruce peatonal y en la intersección adyacente, incluyendo reductores de velocidad. Como resultado de estas simulaciones, ambas ubicaciones alcanzan calificaciones proyectadas de 4 y 4.7 estrellas respectivamente.

Si bien las figuras reflejan principalmente el aumento en el número de estrellas asignadas, es importante señalar que dicho incremento representa la mejora integral de múltiples atributos viales activados o ajustados dentro del entorno virtual del demostrador. Aunque no todos los cambios visuales se distinguen claramente en la imagen estática, cada intervención simulada se traduce en un reajuste en el nivel de riesgo percibido por la herramienta. Estos ejemplos ilustran cómo, aun partiendo de calificaciones por debajo o justo por encima de 3 estrellas, la combinación de intervenciones de infraestructura y gestión del flujo vehicular puede elevar rápidamente el nivel de seguridad a estándares elevados tal como se muestra en las figuras anteriores.

# Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del presente trabajo final de graduación, organizadas según los objetivos específicos planteados. Asimismo, se incluyen las recomendaciones derivadas del análisis, con el propósito de orientar futuras acciones, investigaciones o intervenciones relacionadas con la mejora de la seguridad vial en entornos escolares.

## Conclusiones

A partir de la aplicación de criterios de priorización basados en atributos definidos por la metodología SR4S, se identificó que todos los entornos escolares analizados en la zona central del cantón de Cartago presentan riesgos relevantes en materia de seguridad vial. Sin embargo, el entorno de la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra fue el que concentró un mayor nivel de riesgo, lo cual justificó su selección como caso de estudio prioritario. Esta priorización se fundamentó en aspectos como la gran cantidad de estudiantes, los horarios de entrada y salida, la presencia de vías con alto flujo vehicular y deficiencias visibles en la infraestructura peatonal, elementos que se identificaron a través de la matriz de evaluación multicriterio. Esta etapa permitió enfocar el análisis en un entorno representativo, aprovechando la relevancia e impacto de los hallazgos del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, la plataforma SR4S resultó ser una herramienta accesible y funcional para la aplicación de la metodología SR4S en entornos escolares. Su uso permitió realizar evaluaciones basadas en atributos codificados, con una interfaz sencilla para ingresar información, georreferenciar ubicaciones y adjuntar evidencia fotográfica. Aunque no se realizó una evaluación formal de la plataforma, la experiencia práctica durante su utilización facilitó la organización y procesamiento de los datos requeridos para la asignación de estrellas.

La evaluación y clasificación del nivel de riesgo vial en el entorno seleccionado, mediante la aplicación de la metodología SR4S, permitió obtener una valoración objetiva y detallada de las condiciones que enfrentan los estudiantes en sus trayectos diarios. En el entorno de la Escuela y Jardín de Niños Ascensión Esquivel Ibarra se evidenciaron factores de riesgo como la falta de bandas alertadoras, ausencia de vallas peatonales, señalización vertical y horizontal deficiente, velocidades de operación superiores a los límites establecidos en zonas escolares, ausencia de supervisión de cruce y condiciones inadecuadas en los cruces peatonales e intersecciones. A través del proceso de codificación y análisis, se generó un diagnóstico completo que permite visualizar los puntos críticos de intervención que aporta evidencia para la toma de decisiones informadas en cuanto a mejoras de infraestructura vial en la zona escolar evaluada.

En la evaluación del entorno vial mediante SR4S, las ubicaciones codificadas obtuvieron calificaciones de 2.7, 3.1 y 3.8 estrellas, reflejando un nivel de seguridad vial moderado, pero con importantes oportunidades de mejora. Alcanzar una calificación de 5 estrellas es un desafío complejo, ya que requiere condiciones ideales en todos los atributos evaluados; sin embargo, los resultados obtenidos permiten proyectar mejoras mediante las intervenciones recomendadas. La herramienta SR4S demuestra ser útil no solo para diagnosticar el nivel de riesgo, sino también para visualizar el impacto potencial de cada mejora aplicada en zonas escolares.

Con base en los resultados obtenidos de la codificación, el diagnóstico de riesgos y la percepción de los usuarios mediante encuestas, se formuló un conjunto de recomendaciones orientadas a reducir la exposición al riesgo de los estudiantes. Estas recomendaciones están alineadas con las contramedidas sugeridas por la metodología iRAP y comprenden acciones como la instalación de elementos de control de tráfico, la mejora de la señalización vertical y horizontal, renovación de los cruces peatonales y la asignación de personal de supervisión en horarios pico. Estas medidas no solo abordan las condiciones físicas de la vía, sino también aspectos de gestión vial y vigilancia. Su implementación contribuiría a crear un entorno más seguro para los estudiantes en el distrito central de Cartago.

Finalmente, las recomendaciones formuladas no se deben limitar exclusivamente al entorno escolar priorizado, sino que son aplicables a otros centros educativos del cantón central de Cartago, dado que comparten condiciones similares en cuanto a infraestructura vial y peatonal, así como características sociodemográficas. Esta aplicabilidad permite que el diagnóstico realizado sirva como modelo base para intervenir de manera preventiva y eficiente en otros entornos con riesgos comparables.

# Recomendaciones

Del análisis realizado se derivan diversas recomendaciones orientadas a ampliar el impacto del estudio, promover su aplicabilidad y fortalecer futuras investigaciones en materia de seguridad vial en entornos escolares.

En primer lugar, se recomienda al Ministerio de Educación Pública (MEP), al Consejo de Seguridad Vial (COSEVI) y a las autoridades locales, como las municipalidades considerar la aplicación de la metodología iRAP-SR4S como una herramienta estandarizada a nivel nacional para la evaluación de seguridad vial en entornos escolares. La experiencia desarrollada en este proyecto demuestra que su implementación permite identificar de forma sistemática los factores de riesgo, priorizar zonas críticas y formular intervenciones concretas. Su carácter metodológico, combinado con evidencia y participación comunitaria, la convierte en una base replicable para otros cantones y regiones del país. Adoptar esta herramienta a mayor escala facilitaría la formulación de políticas públicas orientadas a la protección de la población estudiantil y permitiría avanzar hacia un entorno vial más seguro, accesible y sostenible para niños, niñas y adolescentes en todo el territorio nacional.

Asimismo, se recomienda al Consejo de Seguridad Vial (COSEVI), las municipalidades y juntas de educación encargados del seguimiento de los entornos viales a que evaluaciones no se limiten a una única aplicación puntual, sino que se realicen de manera periódica, idealmente cada dos o tres años, con el fin de verificar si las mejoras propuestas han sido implementadas y si han tenido un impacto positivo en la reducción de los siniestros viales. Este seguimiento continuo fortalecería la toma de decisiones basada en evidencia y promovería una cultura de mejora constante en la planificación y gestión de la seguridad vial escolar.

Además, se destaca el valor de los instrumentos utilizados, como la encuesta de percepción ciudadana y las inspecciones de campo apoyadas en registros fotográficos, los cuales se recomienda a instituciones académicas, centros de investigación, y equipos técnicos de gobiernos locales que desarrollan diagnósticos de seguridad vial a ser retomados en futuras investigaciones o estudios ya en curso. Estos insumos permiten integrar la perspectiva de los usuarios con la evaluación técnica, lo que resulta clave para diseñar intervenciones más acertadas y pertinentes.

Se recomienda establecer un marco claro de corresponsabilidad institucional para la ejecución del plan de acción. La experiencia del proyecto evidenció que la implementación de contramedidas requiere de la participación de diferentes instituciones, como la junta de educación de Cartago Centro, la Municipalidad de Cartago, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Consejo de Seguridad Vial (COSEVI) y la Policía de Tránsito. Una coordinación eficaz entre estas instituciones es fundamental para garantizar la viabilidad y sostenibilidad de las intervenciones propuestas.

# Referencias

- Ahmed, I. (2013). *Road infrastructure and road safety*. 83.
- Barrantes, M. B. (2010). *Desafíos de la Seguridad Vial en Costa Rica*.
- Choocharukul, K., Sriroongvikrai, K., & Siraamporn, P. (2018). Road Safety Assessment and iRAP Star Ratings for High-risk Schools in Bangkok. *研究結果報告書集：交通安全等・高齢者福祉*, 24, 45–48.
- Cosevi. (2025). *Datos para tabla interactiva de accidentes de tránsito con víctimas*.  
<https://datosabiertos.csv.go.cr/dashboards/21175/datos-para-tabla-interactiva-de-accidentes-de-transito-con-victimas/>
- Datos para tabla interactiva de accidentes de tránsito con víctimas · Cosevi*. (2023). Cosevi.  
<http://datosabiertos.csv.go.cr/dashboards/21175/datos-para-tabla-interactiva-de-accidentes-de-transito-con-victimas/>
- Dinh, D. D., Vũ, N. H., McIlroy, R. C., Plant, K. A., & Stanton, N. A. (2020). Effect of attitudes towards traffic safety and risk perceptions on pedestrian behaviours in Vietnam. *IATSS Research*, 44(3), 238–247.  
<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.01.002>
- Dumitrascu, D.-I. (2024). Influence of Road Infrastructure Design over the Traffic Accidents: A Simulated Case Study. *Infrastructures*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9090154>
- Duoc, B. (2024). *Biblioteca: Investigación Aplicada, Innovación y Transferencia: Definición y propósito de la Investigación Aplicada*. <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>
- Ellizar, E., Larastiti, S., Bawono, T. E., Mulyana, W., & Kurniawan, C. (2023). Youth participation in school safety zones assessment: A casestudy in Indonesia. *Journal of Road Safety*, 34(2), 1–9.  
<https://doi.org/10.3316/informit.T2024041200006000755957434>

- Gomintong, C. L. & Jose Regin F. Regidor. (2022). Pedestrian Safety Assessment Within Public Elementary School Zones in Quezon City Using Star Rating for Schools. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 14, 2057–2076. <https://doi.org/10.11175/easts.14.2057>
- González, G. V. (2013). *Manual de seguridad vial 2013*.
- Green, B. (2024, mayo 22). *ViDA New Feature: Decimal Star Ratings now in iRAP Demonstrator*. iRAP. <https://irap.org/es/2024/05/vida-new-feature-decimal-star-ratings-now-in-irap-demonstrator/>
- INEC. (2023). *Resultados de estimación de población 2022 INEC* (p. 50). INEC. [https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/rePoblacResultadosGenerales\\_Estimacion\\_poblacion\\_vivienda\\_2022.pdf](https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/rePoblacResultadosGenerales_Estimacion_poblacion_vivienda_2022.pdf)
- iRAP. (2014, abril 16). *Ficha técnica de metodología del iRAP#14 Clasificación por Estrellas para centros educativos*.
- iRAP. (2015a, febrero 27). *Ficha técnica de metodología del iRAP #3 Atributos viales*.
- iRAP. (2015b, julio 14). *Ficha técnica de metodología del iRAP#11 Medidas de mejoramiento*.
- iRAP. (2020a). *iRAP - International Road Assessment Programme*. iRAP. <https://irap.org/es/>
- iRAP. (2020b, junio). *Star Rating for Schools Guía de Codificación*. <https://starratingforschools.org/es/useful-resources/>
- iRAP. (2021, agosto 20). *Big Data Analysis: Methodology for assessing high-risk schools*.
- iRAP. (2025). *Star Rating for Schools: Results*. Star Rating for Schools. <https://results.starratingforschools.org/demonstrator>
- Kamid, S., Latonero, G. S., Regidor, J. R., & Sigua, R. (2021). *Star Rating for Schools (SR4S): The Case of Zamboanga and Valenzuela Cities in the Philippines*.
- Kolosok, I. O. (2020). Contributing factors that influence on road traffic's risk. *Machinery & Energetics*, 3(11), Article 11(3).
- Kranz, M. (2020, abril 29). Transverse Rumble Strips: Another Tool for Rural Road Safety? *Crossroads*. <https://mntransportationresearch.org/2020/04/29/transverse-rumble-strips-another-tool-for-rural-road-safety/>
- Luitel, S., Tiwari, H., Gautam, S., & Bhattarai, S. (2023). *Evaluating Road Safety Scenario of Four Schools Using Star Rating for Schools*.

- Mahmoudabadi, A., Rahmanian, N. B., & Hajhashemi, S. (2015). Developing a risk level determination method for schools in the vicinity of inter-city roads. *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093865>
- MOPT. (2020). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. <https://www.mopt.go.cr/sites/default/files/destacados/planificacion-sectorial/normativa/cr-2020/cr-2020.pdf>
- Murillo, D. (2021). *Movilidad segura para estudiantes*. [https://www.mopt.go.cr/sites/default/files/destacados/infraestructura/obraspublicas/prvc-ii-mopt-bid/manuales/movilidad-seg-sost/m4-movilidad-para-escolares.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mopt.go.cr/sites/default/files/destacados/infraestructura/obraspublicas/prvc-ii-mopt-bid/manuales/movilidad-seg-sost/m4-movilidad-para-escolares.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Ndingwan Tevoh Lordswill, Jean-Francois, W., Fondzenyuy, S. K., Feudjio Tezong, S. L., Awasiri Rita Ndonue, Usami, D. S., & Persia, L. (2024). *Assessment and countermeasures selection for safer roads to schools in the city of Yaoundé: Progressive evaluation using surveys and iRAP methodology*. <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1722401>
- Numbeo. (2024). *Traffic in Costa Rica*. [https://www.numbeo.com/traffic/country\\_result.jsp?country=Costa+Rica&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.numbeo.com/traffic/country_result.jsp?country=Costa+Rica&utm_source=chatgpt.com)
- Prioridad peatonal en esquina sin semáforo – Diario 5*. (s/f). Recuperado el 16 de mayo de 2025, de <https://www.diario5.com.ar/636560/>
- Regidor, J. R., Kamid, S., Latonero, G. S., Abao, N., & Sigua, R. (2024). *Evaluation and Improvement of Road Safety in the Vicinity of Schools*.
- Schieber, R., & Thompson, N. J. (2024). (PDF) Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1136/ip.2.3.228>
- Señales Preventivas Escolares: Lo Mejor Para Seguridad*. (2024, mayo 6). <https://provialmex.com.mx/senales-preventivas-escolares/>
- SIECA. (2015, enero). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito*.
- SNIT. (2025). *IGN Cartografía 1:5mil CO*. [https://www.snitcr.go.cr/ico\\_servicios\\_ogc\\_info?k=bm9kbzo6OTM=&nombre=IGN%20Cartograf%C3%ADa%201:5mil%20CO](https://www.snitcr.go.cr/ico_servicios_ogc_info?k=bm9kbzo6OTM=&nombre=IGN%20Cartograf%C3%ADa%201:5mil%20CO)

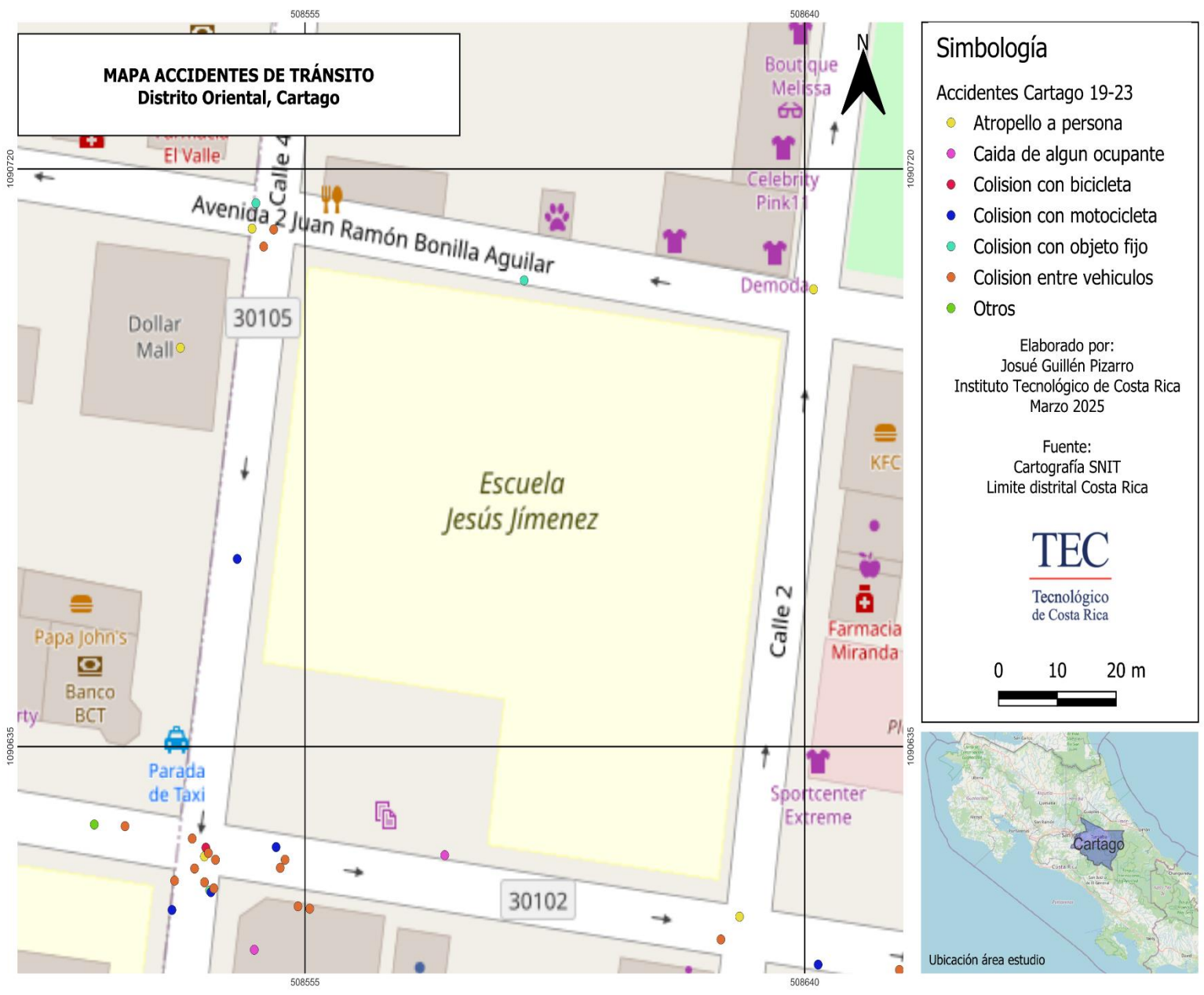
Sun, Y. (2022). Road traffic safety analysis and countermeasures. *Sixth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2021)*, 12081, 906–912.  
<https://doi.org/10.1117/12.2624671>

WHO. (2023). *Global status report on road safety 2023* (p. 96) [Reporte en seguridad vial]. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>

Zayerzadeh, A., & Fallah Z., M. (2019). *School Zone Road Safety Assessment Using the iRAP Star Rating for Schools (SR4S) Methodology in Khorasan Razavi Province*.

# Apéndices

## Apéndice A: Mapa Accidentes de Tránsito – Escuela Jesús Jiménez



## Apéndice B: Mapa Accidentes de Tránsito – Escuela Ascensión Esquivel Ibarra



## Apéndice C: Mapa Accidentes de Tránsito – Escuela Padre Peralta



### Simbología

Accidentes Cartago 19-23

- Atropello a persona
- Caída de algun ocupante
- Colision con bicicleta
- Colision con motocicleta
- Colision entre vehiculos
- Otros

OSM Standard

Elaborado por:  
 Josué Guillén Pizarro  
 Instituto Tecnológico de Costa Rica  
 Marzo 2025

Fuente:  
 Cartografía SNIT  
 Limite distrital Costa Rica

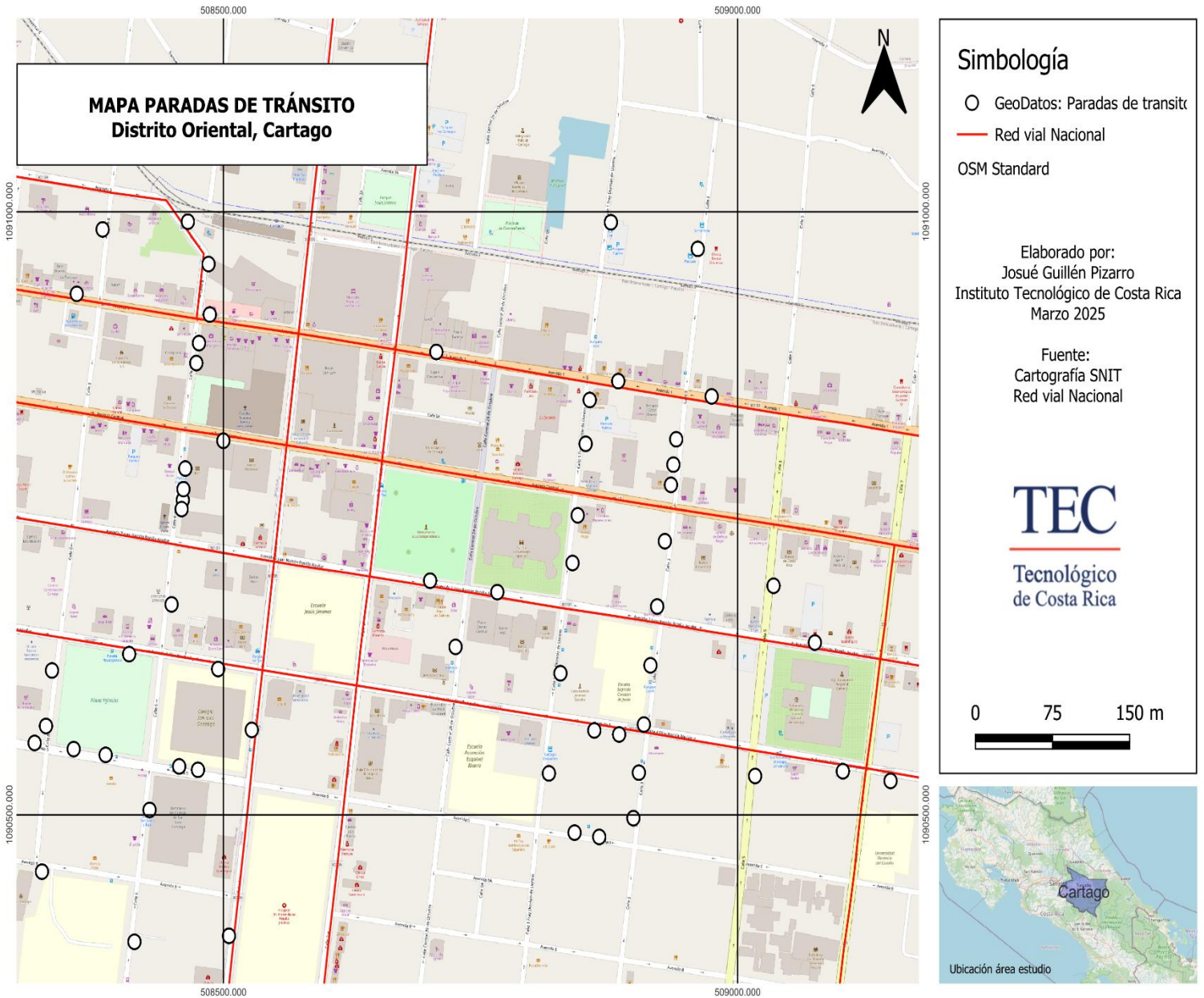


Tecnológico de Costa Rica

0 10 20 m




## Apéndice D: Mapa paradas de tránsito/bus



# **Apéndice E: Evidencia fotográfica de las inspecciones de campo**

**Figura A3.1**



**Figura A3.2**



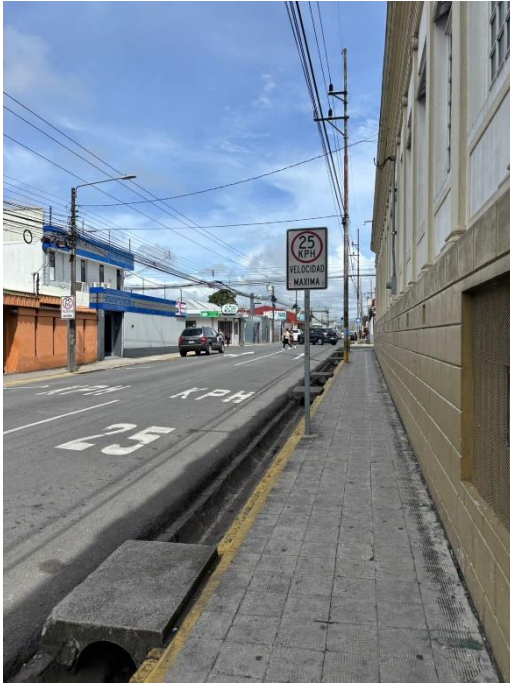
**Figura A3.3**



**Figura A3.4**



**Figura A3.5**



**Figura A3.6**



**Figura A3.7**



**Figura A3.8**



**Figura A3.9**



**Figura A3.10**



**Figura A3.11**



**Figura A3.12**



**Figura A3.13**



**Figura A3.14**



**Figura A3.15**



**Figura A3.16**



**Figura A3.17**



**Figura A3.18**



**Figura A3.19**



**Figura A3.20**



Figura A3.21



Figura A3.22



# Anexos

# **ANEXO 1: Datos sociodemográficos y de accidentes de tránsito**

Figura A.1: Datos de accidentes de tránsito Distrito Oriental

Tipo de accidente	Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Totales
<b>Atropello a persona</b>		28	19	17	9	15	13	31	<b>132</b>
<b>Atropello animal</b>		1				1			<b>2</b>
<b>Caída de algún ocupante</b>		3	1	1	6	4	8	12	<b>35</b>
<b>Colisión con bicicleta</b>		7	7	9	6	13	13	10	<b>65</b>
<b>Colisión con motocicleta</b>		37	29	44	17	29	29	39	<b>224</b>
<b>Colisión con objeto fijo</b>		1	2	2	1	2	4	3	<b>15</b>
<b>Colisión entre vehículos</b>		26	19	27	16	21	24	26	<b>159</b>
<b>Desconocido</b>				1			1		<b>2</b>
<b>Otros</b>		1	4	3	1	1	6		<b>16</b>
<b>Salió de la vía</b>		5	1	1	3	1	2	4	<b>17</b>
<b>Vuelco</b>		6	4	1				1	<b>12</b>
<b>Totales</b>		<b>115</b>	<b>86</b>	<b>106</b>	<b>59</b>	<b>87</b>	<b>100</b>	<b>126</b>	<b>679</b>

Figura A.2: Número y porcentaje de personas involucradas en accidentes con víctimas por tipo de lesión

**Cuadro 6-254 Cartago: número y porcentaje de personas involucradas en accidentes de tránsito con víctimas por tipo de lesión, según grupo de edad quinquenal en 2023**

Edad quinquenal	Tipo de lesión											
	Total		Muerte en sitio		Herido grave		Herido leve		Ileso		Lesión Ignorada	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Total</b>	<b>1 472</b>	<b>100,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>	<b>52</b>	<b>100,0</b>	<b>773</b>	<b>100,0</b>	<b>640</b>	<b>100,0</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>
De 0 a 4	9	0,6	0	0,0	0	0,0	5	0,6	4	0,6	0	0,0
De 5 a 9	9	0,6	0	0,0	0	0,0	8	1,0	1	0,2	0	0,0
De 10 a 14	23	1,6	0	0,0	0	0,0	19	2,5	4	0,6	0	0,0
De 15 a 19	46	3,1	0	0,0	2	3,8	36	4,7	8	1,3	0	0,0
De 20 a 24	203	13,8	1	25,0	10	19,2	147	19,0	44	6,9	1	33,3
De 25 a 29	206	14,0	0	0,0	12	23,1	121	15,7	73	11,4	0	0,0
De 30 a 34	220	14,9	0	0,0	10	19,2	108	14,0	102	15,9	0	0,0
De 35 a 39	151	10,3	0	0,0	2	3,8	78	10,1	71	11,1	0	0,0
De 40 a 44	150	10,2	0	0,0	1	1,9	64	8,3	84	13,1	1	33,3
De 45 a 49	86	5,8	1	25,0	4	7,7	27	3,5	54	8,4	0	0,0
De 50 a 54	70	4,8	0	0,0	1	1,9	25	3,2	44	6,9	0	0,0
De 55 a 59	79	5,4	1	25,0	2	3,8	31	4,0	45	7,0	0	0,0
De 60 a 64	77	5,2	0	0,0	2	3,8	31	4,0	44	6,9	0	0,0
De 65 a 69	31	2,1	0	0,0	0	0,0	13	1,7	18	2,8	0	0,0
De 70 a 74	24	1,6	0	0,0	2	3,8	5	0,6	16	2,5	1	33,3
75 y más	17	1,2	0	0,0	0	0,0	10	1,3	7	1,1	0	0,0
Desconocida	71	4,8	1	25,0	4	7,7	45	5,8	21	3,3	0	0,0

Fuente: Cosevi. Área de Investigación y Estadística.

Figura A.3: Número y porcentaje de accidentes de tránsito con víctimas por clase

**Cuadro 6-256 Cartago: número y porcentaje de accidentes de tránsito con víctimas por clase, según mes en 2023**

Mes	Clase de accidente					
	Total		Solo heridos leves		Con muertos o graves	
	n	%	n	%	n	%
<b>Total</b>	<b>673</b>	<b>100,0</b>	<b>624</b>	<b>100,0</b>	<b>49</b>	<b>100,0</b>
Enero	38	5,6	36	5,8	2	4,1
Febrero	55	8,2	47	7,5	8	16,3
Marzo	76	11,3	72	11,5	4	8,2
Abril	57	8,5	54	8,7	3	6,1
Mayo	57	8,5	55	8,8	2	4,1
Junio	63	9,4	60	9,6	3	6,1
Julio	56	8,3	52	8,3	4	8,2
Agosto	43	6,4	40	6,4	3	6,1
Setiembre	58	8,6	54	8,7	4	8,2
Octubre	53	7,9	46	7,4	7	14,3
Noviembre	58	8,6	52	8,3	6	12,2
Diciembre	59	8,8	56	9,0	3	6,1

Fuente: Cosevi. Área de Investigación y Estadística.

Figura A.4: Número y porcentaje de accidentes de tránsito con víctimas por clase

**Cuadro 6-257 Cartago: número y porcentaje de accidentes de tránsito con víctimas por clase, según franja horaria en 2023**

Franja horaria	Clase de accidente					
	Total		Solo heridos leves		Con muertos o graves	
	n	%	n	%	n	%
<b>Total</b>	<b>673</b>	<b>100,0</b>	<b>624</b>	<b>100,0</b>	<b>49</b>	<b>100,0</b>
00:00-05:59	45	6,7	36	5,8	9	18,4
06:00-11:59	199	29,6	188	30,1	11	22,4
12:00-17:59	271	40,3	252	40,4	19	38,8
18:00-23:59	158	23,5	148	23,7	10	20,4

Fuente: Cosevi. Área de Investigación y Estadística.

Figura A.5: Población total según grupos de edad

**CUADRO 4.3**

**Costa Rica. Población total por sexo, distribución relativa y relación hombre - mujer, según grupos quinquenales de edad, 2022**

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres	Distribución relativa	Relación hombre-mujer <sup>1/</sup>
<b>Total</b>	<b>5 044 197</b>	<b>2 511 844</b>	<b>2 532 353</b>	<b>100,0</b>	<b>99</b>
0 a 4	308 752	151 508	157 244	6,1	96
5 a 9	362 925	179 592	183 333	7,2	98
10 a 14	379 502	193 761	185 741	7,5	104
15 a 19	375 567	190 405	185 162	7,4	103
20 a 24	400 686	203 374	197 312	8,0	103
25 a 29	426 464	216 073	210 391	8,5	103
30 a 34	432 519	218 885	213 634	8,6	102
35 a 39	414 515	207 959	206 556	8,2	101
40 a 44	354 153	176 480	177 673	7,0	99
45 a 49	291 259	144 944	146 315	5,8	99
50 a 54	277 032	137 092	139 940	5,5	98
55 a 59	273 868	135 177	138 691	5,4	97
60 a 64	236 518	116 191	120 327	4,7	97
65 a 69	184 077	89 566	94 511	3,6	95
70 a 74	129 788	62 099	67 689	2,6	92
75 a 79	88 595	41 726	46 869	1,8	89
80 a 84	56 243	25 667	30 576	1,1	84
85 y más	51 734	21 345	30 389	1,0	70

1/ Relación hombre mujer = (hombres/mujeres)\*100.

Fuente: INEC-Costa Rica. Estimación de Población y Vivienda 2022.

## **ANEXO 2: Tránsito promedio diario de las zonas de estudio**

## MetroCount Traffic Executive Default

### ListaUsuario-59 -- español (ESC)

#### Series de Datos:

**Sitio:** [Esc. Ascensión E.] Oriental  
**Sentido de Circulación:** 1 - Sentido Hacia el Norte, Pulso en A Primero. **Carril:** 0  
**Duración de los Aforos:** 13:56 jueves, 27 de marzo de 2025 => 07:19 lunes, 31 de marzo de 2025  
**Zona:**  
**Archivo:** Esc. Ascensión E.31mar2025.EC0 (Plus)  
**Identificador:** DP80DWS2 MC56-L5 [MC55] (c)Microcom 19Oct04  
**Algoritmo:** Factory default (v3.21 - 15315)  
**Tipo de Datos:** Sensores de Ejes - En Pares (Clase, Velocidad, Recuento)

#### Perfil:

**Hora del Filtro:** 13:57 jueves, 27 de marzo de 2025 => 07:19 lunes, 31 de marzo de 2025  
**Clases Incluidas:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12  
**Intervalo de Velocidades:** 10 - 160 km/h.  
**Sentido de Circulación:** Norte, Este, Sur, Oeste (Acotado)  
**Separación:** Todos - (Intervalo Vehicular)  
**Nombre:** Default Profile  
**Esquema:** Clasificación Vehicular (ARX)  
**Unidades:** Métrico (metro, kilómetro, m/s, km/h, kg, Tonelada Métrica (kg))

#### Texto Descriptivo de la Columna:

0 [Tiempo] Formato de Tiempo de 24 Horas (0000 - 2359)  
1 [Total] Número en el Incremento de la Hora  
2 [Cls] Totales por Clase  
3 [Media] Velocidad Media  
4 [PV] Percentil de la Velocidad

**\* jueves, 27 de marzo de 2025**

Tiempo PV	Total	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Media
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	85	
1300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1400	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,8
1500	227	30	187	1	6	2	0	0	1	0	0	0	0	0	21,6
1600	188	16	166	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,0
1700	356	33	310	1	6	2	3	0	1	0	0	0	0	0	24,8
1800	363	49	300	5	2	3	1	0	2	0	1	0	0	0	26,2
1900	307	43	257	3	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	27,3
2000	257	46	199	2	5	1	2	0	0	0	1	0	1	1	27,0
2100	221	38	179	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	27,8
2200	129	18	108	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	28,4
2300	58	5	50	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,3
07-19	1137	129	965	8	19	7	4	0	4	0	1	0	0	0	24,1
06-22	1922	256	1600	15	27	8	8	0	5	0	2	0	1	1	25,4
31,3															
06-00	2109	279	1758	15	32	8	9	0	5	0	2	0	1	1	25,7
31,7															
00-00	2109	279	1758	15	32	8	9	0	5	0	2	0	1	1	25,7
31,7															

**\* viernes, 28 de marzo de 2025**

Tiempo PV	Total	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Media
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	85	
0000	37	6	30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,4
0100	18	3	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,0
0200	13	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,9
0300	15	3	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,8
0400	61	6	51	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29,3
0500	160	23	126	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,8
0600	247	15	220	0	10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	25,5
0700	282	15	256	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	24,7
0800	284	24	246	2	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	25,0
0900	217	22	176	2	12	2	0	1	0	2	0	0	0	0	24,5
1000	259	26	222	1	4	4	1	0	1	0	0	0	0	0	24,1
1100	198	27	158	1	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	21,0
1200	261	37	209	2	9	2	0	2	0	0	0	0	0	0	21,0
1300	206	34	163	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	23,0
1400	222	33	178	0	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	21,3
1500	208	23	173	3	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22,4
1600	276	23	242	2	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22,4
1700	265	30	227	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,4
1800	388	41	332	5	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	23,6
1900	409	54	336	7	1	1	3	0	5	1	1	0	0	0	25,7
2000	322	54	260	1	3	1	1	0	1	0	1	0	0	0	27,0
2100	278	49	217	3	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0	28,6
2200	208	24	181	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,6
2300	138	23	114	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,1
07-19	3066	335	2582	27	88	20	6	4	1	2	1	0	0	0	22,9
29,2															
06-22	4322	507	3615	38	107	26	10	4	9	3	3	0	0	0	24,0
30,2															
06-00	4668	554	3910	38	111	26	10	4	9	3	3	0	0	0	24,3
30,6															
00-00	4972	595	4155	42	124	27	10	4	9	3	3	0	0	0	24,6
31,0															

\* sábado, 29 de marzo de 2025

Tiempo PV	Total	Cls 1	Cls 2	Cls 3	Cls 4	Cls 5	Cls 6	Cls 7	Cls 8	Cls 9	Cls 10	Cls 11	Cls 12	Media 85
0000	65	8	55	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29,5 36,7
0100	44	0	41	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	29,8 33,5
0200	38	4	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,3 38,5
0300	28	2	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,8 34,6
0400	44	9	31	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	27,9 32,8
0500	116	20	90	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	30,1 35,3
0600	149	20	123	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	28,2 33,5
0700	216	19	194	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	30,2 34,2
0800	317	12	293	5	2	4	0	0	1	0	0	0	0	28,6 33,5
0900	365	35	316	2	8	3	0	0	1	0	0	0	0	27,0 32,4
1000	393	29	353	2	7	2	0	0	0	0	0	0	0	25,1 31,3
1100	403	34	358	2	3	2	1	0	1	0	2	0	0	26,8 31,3
1200	219	17	197	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	21,3 27,0
1300	196	17	170	2	6	0	1	0	0	0	0	0	0	24,5 30,6
07-19	2109	163	1881	15	29	13	2	0	4	0	2	0	0	26,3
32,4														
06-22	2258	183	2004	15	34	13	3	0	4	0	2	0	0	26,5
32,4														
06-00	2258	183	2004	15	34	13	3	0	4	0	2	0	0	26,5
32,4														
00-00	2593	226	2281	16	45	15	4	0	4	0	2	0	0	26,9
32,8														

En el Perfil: Vehiculos = 9674 / 10008 (96,66%)

## MetroCount Traffic Executive Default

### ListaUsuario-58 -- español (ESC)

#### Series de Datos:

**Sitio:** [Unidad Pedagógica] Occidental  
**Sentido de Circulación:** 1 - Sentido Hacia el Norte, Pulso en A Primero. **Carril:** 0  
**Duración de los Aforos:** 13:45 lunes, 24 de marzo de 2025 => 15:20 miércoles, 26 de marzo de 2025  
**Zona:**  
**Archivo:** Unidad Pedagogica26mar2025.EC0 (Plus)  
**Identificador:** DP80DWS2 MC56-L5 [MC55] (c)Microcom 19Oct04  
**Algoritmo:** Factory default (v3.21 - 15315)  
**Tipo de Datos:** Sensores de Ejes - En Pares (Clase, Velocidad, Recuento)

#### Perfil:

**Hora del Filtro:** 13:46 lunes, 24 de marzo de 2025 => 15:20 miércoles, 26 de marzo de 2025  
**Clases Incluidas:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12  
**Intervalo de Velocidades:** 10 - 160 km/h.  
**Sentido de Circulación:** Norte, Este, Sur, Oeste (Acotado)  
**Separación:** Todos - (Intervalo Vehicular)  
**Nombre:** Default Profile  
**Esquema:** Clasificación Vehicular (ARX)  
**Unidades:** Métrico (metro, kilómetro, m/s, km/h, kg, Tonelada Métrica (kg))

#### Texto Descriptivo de la Columna:

0 [Tiempo] Formato de Tiempo de 24 Horas (0000 - 2359)  
1 [Total] Número en el Incremento de la Hora  
2 [Cls] Totales por Clase  
3 [Media] Velocidad Media  
4 [PV] Percentil de la Velocidad

**\* lunes, 24 de marzo de 2025**

Tiempo	Total	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Media
PV		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	85	
1300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1400	55	6	45	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,0 40,3
1500	87	2	82	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,9 40,3
1600	110	9	94	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,7 41,0
1700	111	9	97	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,0 44,3
1800	73	5	64	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7 40,3
1900	36	2	33	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,0 41,8
2000	36	2	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,3 38,9
2100	16	2	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,7 44,6
2200	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,4 -
2300	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,8 -
07-19	436	31	382	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,4 41,0
06-22	524	37	461	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,4 41,0
06-00	536	38	472	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3 41,0
00-00	536	38	472	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3 41,0

**\* martes, 25 de marzo de 2025**

Tiempo	Total	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Cls	Media
PV		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	85	
0000	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,4 -
0100	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,3 -
0200	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,0 -
0300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	- -
0400	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,2 -
0500	67	8	57	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	40,3 47,9
0600	64	5	54	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	40,0 50,0
0700	95	9	81	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	35,3 43,2
0800	60	7	47	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	33,8 41,0
0900	62	6	50	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,1 40,7
1000	78	6	70	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,9 38,5
1100	66	6	56	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32,8 40,3
1200	76	5	70	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,0 40,3
1300	68	4	59	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,3 42,5
1400	94	4	81	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,0 39,2
1500	89	3	80	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,9 42,1
1600	92	7	83	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,5 46,4
1700	123	13	105	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,6 43,9
1800	64	3	59	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3 39,2
1900	44	3	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,9 41,4
2000	29	3	24	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31,0 39,2
2100	15	1	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,4 41,0
2200	10	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,0 -
2300	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7 -
07-19	967	73	841	2	48	2	0	0	0	1	0	0	0	0	34,1 42,1
06-22	1119	85	971	2	56	3	0	0	1	1	0	0	0	0	34,4 42,5
06-00	1133	87	983	2	56	3	0	0	1	1	0	0	0	0	34,4 42,5
00-00	1207	98	1044	2	57	4	0	0	1	1	0	0	0	0	34,7 43,2

\* miércoles, 26 de marzo de 2025

Tiempo Total Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Cls Media PV

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	85	
0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
0200	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,4	-
0300	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,2	-

0400	4	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29,5	-
0500	60	8	50	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	39,6	47,5
0600	66	2	59	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	39,2	48,6
0700	94	6	84	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	34,6	42,1
0800	63	6	53	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	33,2	41,8
0900	70	4	64	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	34,3	41,4
1000	70	7	56	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7	41,8
1100	84	4	75	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	32,9	41,8
1200	66	4	60	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	31,3	40,0
1300	80	13	64	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	34,8	40,0
1400	63	5	53	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	35,9	43,2
07-19	590	49	509	3	27	2	0	0	0	0	0	0	0	33,9	41,8
06-22	656	51	568	3	31	2	0	0	1	0	0	0	0	34,4	42,5
06-00	656	51	568	3	31	2	0	0	1	0	0	0	0	34,4	42,5
00-00	724	61	623	3	34	2	0	0	1	0	0	0	0	34,8	42,8

En el Perfil: Vehículos = 2467 / 2467 (100,00%)

## **ANEXO 3: Encuesta**

# Aplicación de la metodología iRAP para evaluar y clasificar el nivel de riesgo en la seguridad vial en entornos escolares de la región central del cantón de Cartago

El presente proyecto busca implementar la metodología de Clasificación por estrellas para escuelas (SR4S) del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP) para evaluar y clasificar los riesgos de siniestralidad para los usuarios de la infraestructura vial en entornos educativos de la región central del cantón de Cartago. El problema abordado radica en la necesidad de identificar y mitigar los riesgos a los que se exponen los estudiantes al desplazarse hacia y desde sus centros educativos, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial. Con el objetivo de contribuir a la mejora de la seguridad vial en el cantón central de Cartago, este trabajo de investigación se desarrollará en estrecha colaboración con la Junta de Educación de Cartago Centro. La región central de este cantón ha sido seleccionada como área de estudio debido a la creciente preocupación por la seguridad de los estudiantes al utilizar las vías públicas. A través de la aplicación de la metodología iRAP, se busca identificar los riesgos de cada entorno escolar y proponer soluciones prácticas para mitigarlos.

La presente encuesta se elabora para analizar la percepción de los usuarios de la infraestructura vial al desplazarse hacia y desde sus centros educativos y formular recomendaciones para mejorar la seguridad vial, sobre todo en las inmediaciones de los centros escolares.

**Importante:** Los datos obtenidos de esta encuesta se utilizarán exclusivamente para el análisis de este proyecto, además que no se pedirá información personal de ningún estudiante.

**Más información sobre el proyecto:** <https://sites.google.com/view/proyecto-de-graduacion-josue/inicio>

Estudiante: Josué Guillén Pizarro  
Profesor Guía: Dr. Irving Pizarro Marchena



La participación en esta encuesta es de manera voluntaria. Si usted leyó el objetivo y propósito de esta investigación y decide participar en la encuesta, por favor seleccione la opción "sí". Si no desea participar, por favor seleccione la opción "no". \*

- Sí
- No

¿Que grado está cursando actualmente el estudiante?

- Kinder
- Primer Grado
- Segundo Grado
- Tercer Grado
- Cuarto Grado
- Quinto Grado
- Sexto Grado

¿Cual es el principal medio de transporte utilizado para ir a la escuela? \*



- Caminando
- Automovil
- Motocicleta
- Bicicleta
- Bus
- Microbus
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Cuanto tiempo le toma desplazarse de sus hogares a los centros educativos? \*

- Menos de 10 minutos
- De 10 a 15 minutos
- De 15 a 20 minutos
- De 20 a 25 minutos
- De 25 a 30 minutos
- Más de 30 minutos

Al desplazarse a los centros educativos, ¿cual es el acompañante habitual del estudiante? \*

- Compañeros de clase
- Padre
- Madre
- Tío/ Tía
- Abuelo/ Abuela
- Hermano o Hermana Menor
- Hermano o Hermana Mayor
- Solo/a
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Que tipo de vías utiliza el estudiante en su trayecto a la escuela? \*

- Aceras amplias y en buen estado
- Aceras estrechas o en mal estado
- Calles sin aceras
- Caminos de tierra
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Cuáles considera que son los principales riesgos en el camino a la escuela? \*  
(Puede marcar varias opciones)

- Falta de aceras o aceras en mal estado
- Cruces peatonales inseguros o inexistentes
- Alto flujo vehicular
- Exceso de velocidad de los vehículos
- Falta de señalización vial
- Falta de iluminación en el camino
- Presencia de transporte pesado o de alto riesgo
- Otro: \_\_\_\_\_

¿El estudiante debe cruzar calles de alto tránsito vehicular para llegar a la escuela?

- Sí
- No

Si el estudiante camina a la escuela, ¿existen zonas de cruce seguras en su trayecto?

- Sí
- No

En caso de que el estudiante utilice transporte público, ¿qué tan cerca se encuentra la parada más próxima de su casa y de la escuela?

- A menos de 100 metros
- Entre 100 y 300 metros
- Más de 300 metros

¿Cómo califica la seguridad vial en el camino que sigue el estudiante para ir a la escuela?

- Muy segura
- Segura
- Insegura
- Muy insegura

¿Considera que hay suficiente presencia de oficiales de tránsito o personal de seguridad en los alrededores de la escuela? \*

- Sí
- No

¿Qué cambios cree que deberían implementarse para mejorar la seguridad vial en el trayecto escolar?

Tu respuesta

---

Enviar

Borrar formulario