

ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL EN ESCUELAS RURALES DE COCLÉ, PANAMÁ, MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES AÉREAS

Iribarren, Guillermo

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Panamá, Panamá

ORCID: 0009-0009-5439-7916

guillermo.irribarren@utp.ac.pa

Quijada-Alarcón, Jorge

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Panamá, Panamá

ORCID: 0000-0001-8938-0190

jorge.quijada@utp.ac.pa

Rodríguez-Rodríguez, Roberto

Escuela de Relaciones Internacionales, Facultad de Administración Pública, Universidad de Panamá, Panamá, Panamá

ORCID: 0009-0009-6180-9771

Icaza, Analissa

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Panamá, Panamá

analissa.icaza@utp.ac.pa

Harris, Angelino

Grupo de Investigación del Transporte y Territorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Panamá, Panamá

angelino.harris@utp.ac.pa

Abstract

Road safety is a key component of planning and development in rural communities, particularly in school zones where students face higher risks due to the lack of adequate pedestrian infrastructure. This study assesses road safety conditions around rural schools in the province of Coclé, Panama, aiming to identify risks and infrastructure deficiencies, as

well as to propose improvement measures.

Ten schools were selected as case studies, analyzing factors such as road proximity, existence of sidewalks, signage, and other elements related to safe mobility. High-resolution aerial imagery captured by drones was used to generate detailed orthomosaics, which were analyzed to diagnose geometric and safety conditions at each site.

The results identify critical risk points and provide recommendations for improving road infrastructure, including the construction of sidewalks, installation of signage, and implementation of pedestrian crossings. This work aims to provide a technical foundation for future interventions and to raise awareness among local authorities about the importance of strengthening road safety in rural school environments.

Keywords: Coclé, Drones, Pedestrian Mobility, Road Safety, School Infrastructure.

Resumen

La seguridad vial constituye un componente esencial en la planificación y el desarrollo de comunidades rurales, particularmente en las zonas escolares donde los estudiantes se exponen a mayores riesgos por la ausencia de infraestructura adecuada para el tránsito peatonal. Este estudio evalúa las condiciones de seguridad vial en el entorno de escuelas rurales de la provincia de Coclé, Panamá, con el propósito de identificar riesgos e infraestructura deficiente, así como de proponer medidas de mejora.

Se seleccionaron diez escuelas como casos de estudio, analizando la proximidad de las vías, la existencia de aceras, la señalización y otros elementos relacionados con la movilidad segura. Mediante el uso de drones, se capturaron imágenes de alta resolución para generar ortomosaicos detallados, los cuales fueron analizados con el fin de diagnosticar las condiciones geométricas y de seguridad en cada sitio.

Los resultados permiten identificar puntos críticos de riesgo y formular recomendaciones orientadas a la mejora de la infraestructura vial, como la construcción de aceras, la instalación de señalización y la adecuación de pasos peatonales. Este trabajo busca proporcionar una base técnica para futuras intervenciones y sensibilizar a las autoridades locales sobre la importancia de fortalecer la seguridad vial en entornos escolares rurales.

Palabras claves: Coclé, Drones, Infraestructura escolar, Movilidad peatonal, Seguridad vial.

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad vial constituye un elemento esencial para el desarrollo sostenible y la calidad de vida de las comunidades, particularmente en contextos rurales donde la infraestructura vial presenta limitaciones significativas. En las zonas escolares, estas deficiencias se traducen en una mayor exposición al riesgo para los estudiantes durante sus desplazamientos diarios, lo que convierte la movilidad peatonal segura en una prioridad para la planificación del transporte y la ingeniería vial [1]. En Panamá se refleja un incremento sostenido de incidentes viales en áreas rurales, evidenciando la necesidad de estrategias específicas orientadas a la protección de grupos vulnerables como los niños en edad escolar [2].

No obstante, la evaluación de la seguridad vial en entornos escolares rurales continúa siendo limitada, debido a la falta de diagnósticos sistemáticos que integren variables espaciales, geométricas y de comportamiento vial. En la provincia de Coclé, la mayoría de las escuelas rurales carecen de aceras continuas, señalización vertical visible y medidas efectivas de calmado de tráfico, lo que incrementa la probabilidad de siniestros [3]. Estas carencias estructurales ponen de manifiesto una brecha entre la infraestructura existente y las condiciones mínimas necesarias para garantizar un desplazamiento seguro.

Ante este panorama, el uso de tecnologías emergentes como los drones ofrece una oportunidad para fortalecer el diagnóstico de las condiciones de seguridad vial. Las imágenes aéreas permiten generar ortomosaicos de alta resolución que posibilitan el análisis detallado de la infraestructura, la geometría vial y los factores de riesgo peatonal. En este estudio se integró esta herramienta en conjunto con la metodología internacional Star Rating for Schools (SR4S), desarrollada por iRAP, que evalúa el nivel de seguridad de los entornos escolares mediante un sistema estandarizado de clasificación por estrellas [4]-[5].

El objetivo principal de esta investigación es evaluar las condiciones de seguridad vial en escuelas rurales de la provincia de Coclé, Panamá, mediante el análisis de imágenes aéreas capturadas con drones y la aplicación de la metodología SR4S. Con ello se busca identificar puntos críticos de riesgo y proponer estrategias de intervención que contribuyan al fortalecimiento de la infraestructura escolar y a la reducción de accidentes viales. Este estudio constituye un aporte técnico a la gestión territorial y a la formulación de políticas públicas orientadas a la movilidad segura en entornos escolares rurales [3].

La investigación ha sido realizada dentro del marco del programa de Estancias Académicas en el Laboratorio de Modelación de Sistemas de Transporte (MST-LAB) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá, Financiado por SENACYT.

2. MÉTODO

A. ADQUISICIÓN DE DATOS AÉREOS Y SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló mediante la integración de técnicas de adquisición de imágenes aéreas con drones y el análisis espacial en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para ello, se seleccionaron escuelas rurales de la provincia de Coclé a partir de criterios relacionados con su localización respecto a la red vial y la presencia de condiciones preliminares de riesgo para los estudiantes. Posteriormente, se realizaron vuelos planificados con drones con el fin de obtener imágenes de alta resolución que permitieran una representación detallada del entorno vial inmediato de cada escuela.

B. PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DEL SIG

Las imágenes capturadas fueron procesadas mediante técnicas fotogramétricas para generar ortomosaicos georreferenciados, los cuales constituyeron la base cartográfica del análisis. Estos productos fueron incorporados a un SIG en el que se identificaron y digitalizaron elementos relevantes de la infraestructura escolar y vial, tales como accesos peatonales, aceras, cruces, señalización y características geométricas de la vía. Con esta información se aplicó la metodología Star Rating for Schools (SR4S), desarrollada por iRAP, que permite evaluar el nivel de seguridad vial en entornos escolares mediante la asignación de una calificación basada en factores de riesgo peatonal.

C. EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y CRITERIOS DE ANÁLISIS

Finalmente, los parámetros obtenidos a partir del SIG y la evaluación SR4S fueron utilizados para describir las condiciones existentes en cada escuela y para fundamentar la formulación de recomendaciones orientadas a mejorar la movilidad peatonal y reducir la exposición al riesgo en los entornos escolares analizados. Esta aproximación metodológica permitió establecer un proceso sistemático y reproducible basado en evidencia geoespacial y criterios estandarizados de seguridad vial.

3. RESULTADOS

La tabla 1 muestra la clasificación de seguridad vial obtenida a partir de la metodología Star Rating for Schools (SR4S) aplicada a las escuelas rurales seleccionadas de Coclé. Los hallazgos muestran que la mayoría de las escuelas evaluadas se ubicaron en un rango de 1 a 2 estrellas SR4S, lo que refleja un nivel de riesgo alto o crítico. Entre los patrones recurrentes se encontraron la ausencia de infraestructura peatonal, cruces inseguros, señalización deficiente y velocidades elevadas en zonas escolares. Sin embargo, las variaciones simuladas

y observadas reflejan el potencial de mejora asociado a intervenciones estandarizadas de infraestructura, tales como reducción del límite de velocidad, mejoramiento de la señalización vial escolar, construcción de aceras continuas y seguras en los accesos principales y la implementación de reductores de velocidad.

Tabla 1. Evaluación de seguridad vial en escuelas rurales de Coclé mediante SR4S, antes y después de intervenciones propuestas

Escuela	Corregimiento	SR4S Inicial	SR4S Final	Estrellas	Riesgo Inicial	Riesgo Final
El Entradero	San Juan de Dios	1	3	2	Muy alto	Medio
Caballero	Caballero	1	3	2	Muy alto	Medio
La Coca	Caballero	1.2	3	1.8	Muy alto	Medio
La Hincada	Antón	1.3	3	1.7	Muy alto	Medio
Chumical	San Juan de Dios	2.7	4	1.3	Alto	Bajo
Tranquilla	Caballero	2.8	4	1.2	Alto	Bajo
Alto de La Estancia	San Juan de Dios	2.8	4	1.2	Alto	Bajo
Juan Díaz	Juan Díaz	3.2	4.5	1.3	Medio	Bajo
Las Guías Oriente	Río Hato	3.9	4.5	0.6	Medio	Bajo
La Mata	Río Hato	4.2	4.5	0.3	Bajo	Bajo

La figura 1 expone la comparación entre la Escuela La Hincada y la Escuela La Mata muestra dos configuraciones viales contrastantes dentro de un mismo distrito rural. La figura presenta un entorno con limitaciones marcadas en infraestructura peatonal y regulación del tránsito, junto a otro que dispone de elementos viales más completos y organizados. Este contraste ilustra cómo diferentes disposiciones de infraestructura pueden coexistir en contextos territoriales similares evidenciando patrones diferenciados de vulnerabilidad asociados principalmente a las condiciones de infraestructura vial presentes en cada escuela, más que a diferencias territoriales o socioeconómicas.



Escuela La Hincada

- Ausencia de aceras peatonales
- Señalización escolar inexistente
- Velocidad de operación elevada (>40 km/h)
- Presencia de vehículos pesados y tránsito mixto
- Sin supervisor de cruce
- Ausencia de reductores de velocidad
- Entorno escolar con riesgo muy alto

Escuela La Mata

- Acera en ambos lados de la vía
- Cruces señalizados y visibles
- Señalización vertical y horizontal en buen estado
- Reductores de velocidad operativos (30 km/h)
- Control de cruce más organizado
- Entorno escolar con riesgo bajo

Figura 1. Contraste infraestructural entre modelos de riesgo vial escolar

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado mediante imágenes aéreas y la aplicación de la metodología Star Rating for Schools (SR4S) evidenció que la mayoría de las escuelas rurales evaluadas en la provincia de Coclé presentan condiciones críticas de seguridad vial. Estas valoraciones se relacionan principalmente con la ausencia de aceras continuas, la falta de señalización escolar visible, la presencia de cruces peatonales mal ubicados o sin visibilidad suficiente y la inexistencia de medidas efectivas de calmado de tráfico. Los resultados confirman que estos factores constituyen patrones recurrentes en los entornos escolares rurales de las zonas de estudio, lo que incrementa de manera significativa la exposición al riesgo de los estudiantes durante sus desplazamientos diarios.

Se determinó que intervenciones de bajo costo pueden incrementar la calificación de seguridad de las escuelas evaluadas, en algunos casos elevándola hasta dos estrellas adicionales. Esas medidas fácilmente replicables y de rápida ejecución constituyen una estrategia viable para reducir la exposición al riesgo peatonal en escuelas rurales con condiciones similares.

Los hallazgos demuestran que la integración de tecnologías geoespaciales en conjunto con metodologías estandarizadas como SR4S constituye una herramienta eficaz para orientar decisiones de planificación vial en zonas rurales. Asimismo, los resultados subrayan la urgencia de fortalecer la infraestructura escolar y promover intervenciones sostenibles que reduzcan la probabilidad de siniestros viales y garanticen desplazamientos más seguros para los estudiantes.

Referencias

- [1] Global Status Report on Road Safety 2023, World Health Organization, 2023.
- [2] S. Martinez, R. Sanchez and P. Yañez-Pagans, "Road safety: challenges and opportunities in Latin America and the Caribbean," *Latin American Economic Review*, vol. 28, no. 1, Dec. 2019.
- [3] L. Rothman et al., "Pilot study to evaluate school safety zone built environment," *Injury Prevention*, vol. 28, no. 3, pp. 243-249, Jun. 2022.
- [4] "iRAP star rating for schools," 2017. [Online]. Available: <https://starratingforschools.org/>
- [5] A. Renard, L. Novačko, K. Babojelić and N. Kožul, "Analysis of Child Traffic Safety near Primary School Areas Using UAV Technology," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, art. 1144, Jan. 2022

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.