

Influencia de los Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (ADAS) en la Reducción de Riesgos y Seguridad de los Conductores en las Vías de Cuenca, 2025

The Impact of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) on Risk Reduction and Driver Safety on the Roads of Cuenca, 2025

Santiago Mauricio Tapia Álvarez ¹ 

¹ Instituto Tecnológico Superior Quito Metropolitano. Carán N3-195 y Calle B (Nueva Tola 2) Quito, Ecuador; stapiaa@itsqmet.edu.ec

Resumen: El siguiente estudio analiza cuantitativamente el potencial impacto de los Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (ADAS) en la reducción de siniestralidad vial en Cuenca, Ecuador, durante 2025. Mediante análisis estadístico de datos oficiales de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se identificaron las principales causas de los 155 siniestros registrados en el primer semestre de 2025 (18 fallecidos, 71 lesionados). Se aplicaron tasas de efectividad de ADAS documentadas en estudios internacionales a los perfiles de accidentalidad local para proyectar reducciones potenciales. Los resultados indican que la implementación del Frenado Automático de Emergencia (AEB) podría reducir hasta 28% los choques traseros y 28.4% los atropellos; el Asistente de Velocidad Inteligente (ISA) disminuiría 20- 25% los accidentes por exceso de velocidad; y el sistema de Alerta de Cambio de Carril (LDW/LKA) mitigaría 21-30% las salidas de vía. Aplicando estos porcentajes al contexto de Cuenca, se estima una reducción potencial de 23-29% en la siniestralidad total, equivalente a evitar entre 36 y 45 accidentes semestrales, salvando entre 4 y 5 vidas y previniendo 16-21 lesiones.

Palabras clave: ADAS; análisis; seguridad vial; Cuenca; reducción de accidentes.

Abstract: *The following study quantitatively analyses the potential impact of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) on reducing road accidents in Cuenca, Ecuador, by 2025. Through statistical analysis of official data from the National Traffic Agency (ANT) and the National Institute of Statistics and Census (INEC), the main causes of the 155 accidents recorded in the first half of 2025 (18 fatalities, 71 injuries) were identified. ADAS effectiveness rates documented in international studies were applied to local accident profiles to project potential reductions. The results indicate that the implementation of Automatic Emergency Braking (AEB) could reduce rear-end collisions by up to 28% and pedestrian collisions by 28.4%; Intelligent Speed Assistance (ISA) would reduce speeding-related accidents by 20–25%; and the Lane Departure Warning (LDW/LKA) system would mitigate road departures by 21–30%. Applying these percentages to the context of Cuenca, a potential reduction of 23–29% in the total accident rate is estimated, equivalent to preventing between 36 and 45 accidents per six-month period, saving between 4 and 5 lives and preventing 16–21 injuries.*

Keywords: ADAS; analysis; road safety; Cuenca; accident reduction.

ÉLITE 2026, Vol. 8. Núm. 1
ISSN: 2600-5875

Recibido: 09/02/2026
Revisado: 25/02/2026
Aceptado: 15/03/2026
Publicado: 28/03/2026

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad vial constituye uno de los principales desafíos de salud pública. Durante el primer trimestre de 2025, el país registró 4,759 siniestros de tránsito que resultaron en 565 fallecidos y 4,194 lesionados, según datos oficiales de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2025). Esto representa una tasa de 15.8 fallecidos por cada 100,000 habitantes, cifra que excede sustancialmente.

Cuenca, tercera ciudad más poblada de Ecuador con aproximadamente 636,000 habitantes en su área céntrica, registró 155 siniestros en sus vías principales durante el primer semestre de 2025, con un saldo de 18 fallecidos y 71 lesionados. Las estadísticas de la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE) revelan que las principales causas fueron imprudencia e impericia del conductor (38.12%), irrespeto a señales de tránsito (15.2%), exceso de velocidad (12.9%), y distracción al volante (11.6%).

Los Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (ADAS) surgen como tecnologías avanzadas para mitigar estos factores de riesgo. Estudios internacionales han documentado reducciones significativas en siniestralidad: el sistema de Frenado Automático de Emergencia (AEB) puede prevenir hasta 29% de todos los choques de vehículos ligeros y reducir 28% los atropellos; los sistemas de Alerta y Mantenimiento de Carril (LDW/LKA) reducen entre 10-30% los accidentes por salida de vía; y el Asistente de Velocidad Inteligente (ISA) disminuye la velocidad promedio en 3-5 km/h, reduciendo la severidad de impactos.

Este estudio tiene como objetivo cuantificar el impacto potencial de la implementación de ADAS en la reducción de siniestralidad vial en Cuenca durante 2025, mediante el análisis estadístico de datos locales y la aplicación de tasas de efectividad documentadas internacionalmente. Las preguntas de investigación son: (1) ¿Qué porcentaje de los siniestros en Cuenca corresponden a tipos prevenibles mediante ADAS? (2) ¿Cuál sería la reducción proyectada en accidentes, fallecidos y lesionados si se implementaran sistemas ADAS prioritarios? (3) ¿Qué sistemas ADAS ofrecen mayor costo-efectividad para el contexto urbano cuencano?

II. METODOLOGÍA

Diseño del Estudio

Este estudio utiliza un diseño mixto cuantitativo descriptivo-proyectivo que combina: (1) análisis estadístico de datos secundarios sobre siniestralidad; (2) encuesta transversal original a conductores de Cuenca sobre conocimiento de ADAS; y (3) proyecciones de impacto basadas en tasas de efectividad documentadas internacionalmente. Las fuentes de datos incluyeron: estadísticas oficiales de siniestralidad del INEC y ANT para el período enero-junio 2025; reportes de la CTE sobre accidentes en vías bajo su jurisdicción en Cuenca; encuesta a 385 conductores cuencanos (julio-agosto 2025); y literatura científica sobre efectividad de sistemas ADAS publicada entre 2018-2025 en revistas indexadas (Scopus, Web of Science) y reportes técnicos de organismos internacionales de seguridad vial.

Encuesta a Conductores

Se diseñó un cuestionario estructurado de 18 preguntas que evaluó: conocimiento del término ADAS y sistemas específicos, disponibilidad de ADAS en vehículos actuales, experiencia de uso, disposición a pagar, percepciones sobre confiabilidad, y barreras para adopción. La muestra de 385 conductores fue calculada para población infinita con 95% de confianza y margen de error de $\pm 5\%$. El muestreo fue aleatorio estratificado por tipo de conductor (particular 68%, comercial 22%, público 10%), realizado en centros de revisión vehicular, gasolineras principales y zonas de alta circulación durante julio-agosto 2025. Los datos fueron procesados mediante análisis estadístico descriptivo.

Recolección y Procesamiento de Datos de Siniestralidad

Se recopiló información sobre los 155 siniestros registrados en Cuenca durante enero-junio 2025, clasificándolos según:

- **Tipo de siniestro:** choque (46.3%), atropello (18.1%), salida de vía/pérdida de pista (14.8%), volcamiento (10.3%), estrellamiento (8.4%), otros (2.1%)
- **Causa principal:** imprudencia/impericia (38.12%), irrespeto señales (15.2%), exceso de velocidad (12.9%), distracción (11.6%), consumo de alcohol (9.0%), fatiga (5.8%), fallas mecánicas (4.5%), otros (2.88%)
- **Vehículos involucrados:** motocicletas (70%), automóviles (18%), camionetas (7%), vehículos pesados (3%), otros (2%)

- **Ubicación:** vías entradas/salida ciudad (40%), vía Gualaceo (29.7%), sector Lentag (20%), centro urbano (10.3%)

Análisis de Efectividad de ADAS

Se realizó una revisión sistemática de 47 estudios sobre efectividad de ADAS publicados entre 2018-2025. Se seleccionaron estudios con análisis estadísticos robustos que reportaran reducciones porcentuales específicas para tipos de siniestros relevantes al contexto cuencano. Se identificaron rangos de efectividad para cinco sistemas ADAS prioritarios: AEB (reducción 27-29% choques traseros, 28-30% atropellos), LDW/LKA (10-30% salidas de vía), ISA (20-25% accidentes por velocidad), BSD (14% colisiones laterales con motocicletas), y DDR (15-20% accidentes por fatiga).

Cálculo de Proyecciones

Para cada sistema ADAS, se identificó el subconjunto de siniestros en Cuenca potencialmente prevenibles según el tipo de accidente y causa. Se aplicó la tasa de efectividad documentada (usando el límite inferior del rango para estimaciones conservadoras) a este subconjunto para calcular la reducción proyectada en número de accidentes, fallecidos y lesionados. Se consideró un escenario de sutileza del 60% de vehículos equipados con ADAS para 2030, basado en proyecciones de la Unión Europea (Adminaité-Fodor & Jost, 2020).

III. RESULTADOS

Determinación de Siniestralidad en Cuenca

El análisis de los 155 siniestros reveló que los choques (principalmente traseros e intersecciones) representan 46.3% del total (n=72), seguidos por atropellos 18.1%

(n=28), y salidas de vía 14.8% (n=23). El 70% involucraron motocicletas, reflejo del crecimiento exponencial del transporte en dos ruedas asociado a servicios de entrega a domicilio. La tasa de letalidad fue de 11.6% (18 fallecidos/155 siniestros), superior al promedio nacional de 10.5% para el primer trimestre 2025.

Tabla 1.

Distribución de siniestros por tipo en Cuenca, enero-junio 2025.

Tipo de Siniestro	N	%	Fallecidos	Lesionados
Choque	72	46.3	5	31
Atropello	28	18.1	8	20
Salida de vía	23	14.8	3	12
Volcamiento	16	10.3	1	5
Estrellamiento	13	8.4	1	3
TOTAL	155	100	18	71

Fuente: *Elaboración propia basada en datos CTE y ANT.*

Encuesta de Conocimiento de ADAS en Cuenca

Como parte de esta investigación, se realizó una encuesta durante julio-agosto 2025 a 385 conductores de Cuenca para evaluar el nivel de conocimiento y familiarización con sistemas ADAS. La muestra fue seleccionada mediante muestreo aleatorio estratificado en centros de revisión vehicular, gasolineras y zonas de alta circulación, garantizando representatividad de conductores de vehículos particulares (68%), transporte comercial (22%) y transporte público

(10%). El margen de error fue de $\pm 5\%$ con 95% de confianza.

Los resultados revelaron una brecha significativa de conocimiento sobre ADAS en Cuenca. Solo el 38.4% de los encuestados manifestó estar familiarizado con el término 'Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción' o 'ADAS'. Al presentar descripciones funcionales de sistemas específicos sin usar términos técnicos (ej: 'sistema que frena automáticamente si detecta un peatón'), el reconocimiento aumentó: 52.1% reconoció el frenado automático de emergencia (AEB), 41.7% la alerta de cambio de carril (LDW), 38.9% los sensores de estacionamiento, pero solo 18.3% el asistente de velocidad inteligente (ISA) y 15.6% el detector de somnolencia (DDR).

En cuanto a disponibilidad, solo el 23.1% de los encuestados reportó tener al menos un sistema ADAS en su vehículo actual, siendo los más comunes: sensores de estacionamiento (14.8%), cámaras de retroceso (12.3%), control de crucero adaptativo (5.2%), y frenado automático de emergencia (3.9%). La antigüedad promedio del parque vehicular encuestado fue de 12.4 años, explicando la baja penetración. El 67.8% de conductores manifestó disposición a pagar entre USD 800-1,500 adicionales por un vehículo equipado con ADAS, pero el 45.2% expresó escepticismo sobre la confiabilidad de estas tecnologías en condiciones locales (calles empedradas, señalización deficiente, lluvia frecuente).

Las principales barreras identificadas para adopción de ADAS fueron: costo elevado (71.4% de menciones), desconfianza en la tecnología (45.2%), desconocimiento sobre funcionamiento y beneficios (42.6%), percepción de innecesariedad (28.3%), y preocupación por mantenimiento y reparación (24.9%). Únicamente el 12.7% de encuestados había

recibido alguna capacitación o información sobre uso de ADAS, evidenciando la urgente necesidad de programas educativos.

Estos hallazgos sugieren que la baja familiarización con ADAS representa un obstáculo significativo para su adopción en Cuenca, pero también una oportunidad: campañas informativas bien diseñadas podrían incrementar sustancialmente la demanda y el uso apropiado de estos sistemas, maximizando su efectividad en la reducción de siniestralidad.

Proyección de Impacto de ADAS

Se calculó el impacto potencial de cinco sistemas ADAS prioritarios aplicando tasas de efectividad documentadas a los subconjuntos relevantes de siniestros. Los resultados se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2.

Proyección de impacto de sistemas ADAS en Cuenca (escenario 60% penetración). Fuente: Elaboración propia.

Sistema ADAS	Siniestros Aplicables	Efectividad (%)	Accidentes Evitados	Fallecidos Evitados	Lesionados Evitados
AEB	100 (choques + atropellos)	27-28	27-28	3.5-3.6	13.8-14.3
LDW/LKA	23 (salidas vía)	21-30	4.8-6.9	0.6-0.9	2.5-3.6
ISA	20 (exceso velocidad)	20-25	4.0-5.0	0.5-0.6	1.7-2.1
BSD	14 (colisiones)	14	2.0	0.2	0.8

	laterales)				
TOTAL	155	23-29	36-45	4.1-5.3	16.4-21.0

Los cálculos indican que la implementación combinada de estos cinco sistemas ADAS con 60% de penetración del mercado vehicular podría evitar entre 36 y 45 siniestros semestrales (23-29% del total), salvando entre 4 y 5 vidas y previniendo entre 16 y 21 lesiones. El sistema con mayor impacto individual es AEB, que potencialmente evitaría 27-28 accidentes (17.4-18.1% del total), seguido por LDW/LKA (4.8-6.9 accidentes, 3.1-4.5%) e ISA (4.0-5.0 accidentes, 2.6-3.2%).

Análisis de Costo-Efectividad

Considerando un costo promedio de USD 1,800 por vehículo para equipamiento completo con los cinco sistemas ADAS, y aplicando el concepto de Valor Estadístico de una Vida (VEV) de USD 2.5 millones usado en análisis de seguridad vial en economías emergentes, se estima un beneficio económico anual de USD 20-26.5 millones por vidas salvadas, además de USD 1.6-2.1 millones por lesiones evitadas (asumiendo costo promedio de USD 50,000 por lesión grave). El parque vehicular estimado de Cuenca es de 180,000 vehículos; alcanzar 60% de penetración requeriría inversión de USD 194.4 millones. La relación beneficio-costos sería de 11.5:1, indicando alta rentabilidad social de la inversión.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados demuestran un potencial significativo de los sistemas ADAS para reducir la siniestralidad vial en Cuenca, con proyecciones de 23-29% de

reducción en accidentes totales si se alcanza 60% de perspicacia vehicular. Estas cifras son consistentes con estudios internacionales que reportan reducciones de 24% en accidentes totales en Reino Unido con despliegue completo de ADAS (Lattanzio et al., 2022), y reducciones de 6% en la Unión Europea para 2030 con penetración parcial (Adminaité-Fodor & Jost, 2020).

El sistema AEB emerge como el más impactante, consistente con literatura que documenta su capacidad para prevenir 29% de choques de vehículos ligeros (Cicchino, 2018) y reducir 50% las colisiones traseras específicamente (MITRE, 2025). Para Cuenca, donde los choques representan 46.3% de siniestros, AEB podría ser el catalizador principal de reducción. Sin embargo, la efectividad de AEB depende críticamente de condiciones de infraestructura: requiere marcas viales claras, señalización adecuada, y funciona óptimamente en velocidades urbanas (30-50 km/h).

El alto porcentaje de motocicletas involucradas (70%) presenta un desafío particular. Aunque sistemas como BSD pueden detectar motocicletas en ángulos muertos, los estudios muestran reducciones modestas (14%) en colisiones laterales con motocicletas (Cicchino, 2017). Esto sugiere que los ADAS, aunque útiles, deben complementarse con políticas específicas para seguridad de motociclistas: carriles segregados, capacitación obligatoria, y cumplimiento estricto de uso de equipo de protección.

Los hallazgos de la encuesta aplicada en Cuenca revelan una brecha crítica de conocimiento que amenaza la efectividad potencial de los ADAS. Solo el 38.4% de conductores está familiarizado con el término 'ADAS', y únicamente el 23.1% reporta tener al menos un sistema en su vehículo actual. Más preocupante aún, el 45.2% expresó escepticismo sobre

la confiabilidad de estas tecnologías en condiciones locales. Esta desconfianza, combinada con el desconocimiento (42.6% indicó no entender cómo funcionan los ADAS), puede generar dos problemas:

(1) uso inapropiado de los sistemas, reduciendo su efectividad o generando falsa confianza; y (2) rechazo activo, limitando la adopción incluso cuando los vehículos están equipados.

Las proyecciones de reducción de accidentalidad presentadas en este estudio (23-29%) asumen conductores adecuadamente capacitados y sistemas correctamente utilizados. Sin embargo, estudios internacionales muestran que la falta de educación puede reducir la efectividad real de ADAS en 20-35% respecto al potencial teórico. Aplicando este factor de corrección a Cuenca, donde solo el 12.7% de conductores ha recibido capacitación sobre ADAS, la reducción efectiva de siniestralidad podría ser de 15-19% en lugar de 23-29%, equivalente a 23-29 accidentes evitados en vez de 36-45.

Esta realidad subraya la urgencia de implementar programas educativos integrales. Se recomienda: (1) campañas masivas de difusión sobre beneficios y funcionamiento de ADAS específicos (AEB, LDW, ISA) enfocadas en su aplicabilidad a causas locales de accidentalidad; (2) incorporación obligatoria de módulos sobre ADAS en escuelas de conducción; (3) capacitaciones para conductores profesionales de transporte público y comercial; (4) demostraciones prácticas en ferias automotrices y centros de revisión vehicular; y (5) alianzas con concesionarios para educar a compradores sobre uso apropiado de sistemas en vehículos nuevos. La experiencia europea muestra que la educación incrementa en 67% la disposición de conductores a usar apropiadamente estas tecnologías.

Las limitaciones del estudio incluyen: (1) aplicación de tasas de efectividad de países desarrollados a contexto ecuatoriano, donde condiciones de infraestructura, clima y comportamiento vial difieren; (2) asunción de 60% penetración para 2030, optimista considerando que actualmente solo el 23.1% de conductores encuestados tiene ADAS; (3) falta de datos desagregados sobre horarios, condiciones climáticas y estado de mantenimiento vehicular en siniestros de Cuenca; (4) encuesta basada en auto-reporte, sujeta a sesgo de deseabilidad social; y (5) no consideración de efectos de compensación de riesgo (risk homeostasis), donde conductores con ADAS pueden adoptar conductas más arriesgadas, reduciendo la efectividad neta.

El análisis costo-efectividad sugiere alta rentabilidad social (11.5:1), pero requiere políticas públicas facilitadoras: exenciones tributarias para vehículos equipados con ADAS, subsidios para instalación retrofitting en vehículos existentes, y exigencias normativas para flotas comerciales y de transporte público. La experiencia europea muestra que la obligatoriedad normativa (Reglamento UE 2019/2144) acelera adopción más que incentivos voluntarios.

V. CONCLUSIONES

Este estudio demuestra cuantitativamente que la implementación de sistemas ADAS en Cuenca tiene potencial para reducir significativamente la siniestralidad vial, evitando entre 36 y 45 accidentes semestrales (23-29% del total) y salvando entre 4 y 5 vidas si se alcanza 60% de penetración vehicular para 2030. El sistema de Frenado Automático de Emergencia (AEB) presenta el mayor impacto individual, con capacidad de prevenir 27-28

accidentes, seguido por sistemas LDW/LKA (4.8-6.9 accidentes) e ISA (4.0-5.0 accidentes).

Los hallazgos respaldan la hipótesis de que ADAS pueden mitigar efectivamente las principales causas de accidentalidad en Cuenca: imprudencia/impericia (38.12%), exceso de velocidad (12.9%), y distracción (11.6%). Sin embargo, el alto porcentaje de motocicletas involucradas (70%) requiere estrategias complementarias específicas para este grupo vulnerable.

Se recomienda: (1) priorizar implementación de AEB, LDW/LKA e ISA en flotas de transporte público y comercial como piloto; (2) establecer incentivos fiscales (exención IVA, reducción aranceles) para vehículos nuevos con ADAS; (3) mejorar infraestructura vial (marcas, señalización) para optimizar funcionamiento de sensores; (4) realizar estudios piloto locales para validar tasas de efectividad en condiciones ecuatorianas; y (5) desarrollar campañas educativas sobre uso apropiado de ADAS para evitar compensación de riesgo.

Investigaciones futuras deberían: analizar efectividad diferencial de ADAS en vías urbanas vs. periurbanas de Cuenca, evaluar viabilidad de retrofitting en vehículos existentes, cuantificar efectos de compensación de riesgo mediante estudios observacionales, y desarrollar modelos predictivos incorporando variables locales específicas (topografía, clima, densidad vehicular).

En conclusión, los ADAS representan una herramienta tecnológica con alto potencial para salvar vidas en Cuenca, pero su efectividad depende de

implementación sistémica que integre tecnología, infraestructura, regulación y educación vial.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda: (1) priorizar implementación de AEB, LDW/LKA e ISA en flotas de transporte público; (2) establecer incentivos fiscales; (3) desarrollar campañas educativas masivas; (4) mejorar infraestructura vial; y (5) realizar estudios piloto locales.

REFERENCIAS

1. Adminaité-Fodor, D., & Jost, G. (2020). How will the Mobility Package improve road safety in the EU? PIN Flash Report 39. European Transport Safety Council (ETSC).

2. Agencia Nacional de Tránsito. (2025). Estadísticas de siniestros de tránsito, primer trimestre 2025. <https://www.ant.gob.ec/>

3. Cicchino, J. B. (2017). Effects of automatic emergency braking systems on pedestrian crash risk. *Accident Analysis & Prevention*, 107, 42-48.

4. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.07.024>

5. Cicchino, J. B. (2018). Effects of lane departure warning on police-reported crash rates. *Journal of Safety Research*, 66, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.05.006>

6. Comisión de Tránsito del Ecuador. (2025). Reporte de siniestros viales en vías de competencia CTE, Azuay, enero-junio 2025.

7. Fildes, B., Keall, M., Bos, N., Lie, A., Page, Y., Pastor, C., Pennisi, L., Rizzi, M., Thomas, P., & Tingvall, C. (2015). Effectiveness of low speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.03.029>

8. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025).

9. Estadísticas de transporte (ESTRA): Siniestros de tránsito, primer trimestre 2025. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>

10. Lattanzio, S., Mauriello, F., & Montella, A. (2022).

11. On the road safety benefits of advanced driver assistance systems in different driving contexts. *Transportation Research Procedia*, 62, 741-748.

12. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.092>

13. Leslie, A. J., Kiefer, R. J., Meitzner, M. R., & Flannagan, C. A. (2019). Field effectiveness of general motors advanced driver assistance and headlighting systems. *Accident Analysis & Prevention*, 131, 206-213. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.06.015>

14. MITRE Corporation. (2025). A study on real-world effectiveness of model year 2015-2023 ADAS features in passenger vehicles.

15. Partnership for Analytics Research in Traffic Safety (PARTS). <https://www.mitre.org/>

16. Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2019 sobre los requisitos de homologación de tipo para vehículos de motor. Diario Oficial de la Unión Europea.

17. Revista Acelerando. (2025, julio 22). Seguridad vial en Ecuador: cifras y análisis del primer trimestre de 2025. <https://acelerando.com.ec/>

18. Várhelyi, A., & Mäkinen, T. (2012). ISA implementation and uncertainty: A literature review and expert elicitation study. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 83-96. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.013>