

**DOI:** <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13edespab.0186>

## **ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD VIAL EN EL PASO LATERAL EL CARMEN – MANABÍ**

### **ANALYSIS OF THE INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX FOR ROAD SAFETY ON THE EL CARMEN SIDE PASS – MANABÍ**

Moreno-Ponce Luis Alfonso <sup>1</sup>; Solórzano-Villegas Lucy Elizabeth <sup>2</sup>;  
Ponce-Reyes Francisco Segundo <sup>3</sup>; Quimiz-Tumbaco Alex Vicente <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: luis.moreno@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9880-1310>

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: lucy.solorzano@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9903-5304>

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: francisco.ponce@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0423-1346>

<sup>4</sup> Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: alex.quimiz@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2746-1056>

#### **Resumen**

El estudio realizado en el paso lateral del Cantón El Carmen, Manabí, ha evaluado la regularidad superficial del pavimento mediante metodologías cuantitativas y experimentales, para determinar su impacto en la seguridad vial y la serviciabilidad. Se empleó el Rugosímetro de Merlín para determinar la regularidad superficial del pavimento flexible en ambos sentidos de la vía, desde la abscisa 0+000 hasta la 12+800. La metodología combinó el método experimental, para verificar la condición visual del pavimento, con métodos cuantitativos y descriptivos que utilizaron técnicas observacionales para una evaluación detallada de la regularidad y serviciabilidad. Los resultados indicaron que los valores del índice de regularidad internacional (IRI) varían entre 1.75 m/km y 3.54 m/km, mostrando desde una calidad de pavimento nuevo hasta moderadamente irregular. Asimismo, los valores del índice de serviciabilidad presente (PSI), derivados del IRI, oscilaron entre 2.45 y 3.48, lo que indica una transitabilidad de regular a buena. La investigación concluyó que es crucial implementar un plan de mantenimiento periódico basado en los hallazgos para prolongar la vida útil del pavimento y mejorar la seguridad vial. Este plan no solo mejorará la transitabilidad sino también la sostenibilidad y eficiencia de la infraestructura vial del cantón El Carmen y zonas adyacentes, proporcionando una base sólida para futuras mejoras e intervenciones en la infraestructura vial.

**Palabras clave:** Regularidad superficial, Seguridad vial, Rugosímetro de Merlín, Índice de Serviciabilidad Presente, Mantenimiento de pavimento.

#### **Abstract**

The study conducted on the side pass of Canton El Carmen, Manabí, has evaluated the surface regularity of the pavement using quantitative and experimental methodologies to determine its impact on road safety and serviceability. The Merlin Rugosimeter was used to determine the surface regularity of the flexible pavement in both directions of the road, from the abscissa 0+000 to 12+800. The methodology combined the experimental method, to verify the visual condition of

#### **Información del manuscrito:**

**Fecha de recepción:** 16 de enero de 2024.

**Fecha de aceptación:** 08 de marzo de 2024.

**Fecha de publicación:** 29 de abril de 2024.



the pavement, with quantitative and descriptive methods that used observational techniques for a detailed assessment of regularity and serviceability. The results indicated that the values of the International Roughness Index (IRI) range from 1.75 m/km to 3.54 m/km, showing from a new pavement quality to moderately irregular. Likewise, the values of the Present Serviceability Index (PSI), derived from the IRI, ranged between 2.45 and 3.48, indicating a regular to good drivability. The research concluded that it is crucial to implement a periodic maintenance plan based on the findings to extend the pavement's life and improve road safety. This plan will not only improve drivability but also the sustainability and efficiency of the road infrastructure of Canton El Carmen and surrounding areas, providing a solid foundation for future improvements and interventions in road infrastructure.

**Keywords:** Surface Regularity, Road Safety, Merlin Rugosimeter, Present Serviceability Index, Pavement Maintenance.

## 1. Introducción

La seguridad vial es una preocupación crítica para los sistemas de transporte a nivel mundial, ya que impacta directamente en el bienestar de las personas y la eficiencia de las economías. El Índice Internacional de Regularidad (IRI) ha surgido como un indicador significativo de rendimiento en la evaluación de la condición funcional de la infraestructura vial (Rifai et al., 2023; Shen et al., 2013). El IRI no solo informa la gestión de los activos viales, sino que también desempeña un papel en la evaluación de los costos operativos de los vehículos, la evaluación de la rentabilidad de los proyectos viales y el establecimiento de la administración financiera para el mantenimiento de carreteras (Rodríguez et al., 2022).

El desarrollo y aplicación de índices de seguridad vial, como el IRI, han crecido rápidamente debido a la naturaleza compleja de los fenómenos de seguridad vial. Estos índices proporcionan una comprensión más integral del rendimiento de la seguridad vial más allá de las métricas tradicionales como las tasas de mortalidad, ofreciendo una perspectiva diferente sobre los rankings de países y destacando el potencial de dichos índices para convertirse en un método principal para comparaciones internacionales de seguridad vial (Akaatebaa, 2012; Kropác & Múčka, 2005).

Además, el IRI no solo es una medida de la aspereza de la superficie de la carretera, sino también un indicador indirecto de la velocidad segura recomendada para

los vehículos, influyendo así directamente en la seguridad vial. Las investigaciones han demostrado que existe una relación inversa entre el IRI y la velocidad segura recomendada de un vehículo, sugiriendo que mantener un IRI bajo es crucial para asegurar estándares más altos de seguridad vial (Nguyen et al., 2020). El uso del IRI y otros índices de seguridad vial no se limita a una sola región o país. Se han realizado diversos estudios para adaptar y desarrollar nuevos índices a medida para regiones específicas, como la comunidad ASEAN, donde se han construido índices de madurez de seguridad vial (RSM) para medir la implementación de medidas de seguridad en diferentes pilares de la seguridad vial (Oviedo-Trespalacios & Haworth, 2015).

El IRI se ha consolidado como un componente crítico en la evaluación de la seguridad vial, como se evidencia en múltiples estudios recientes. Este índice es utilizado extensivamente para valorar la condición funcional de las infraestructuras de pavimento y su influencia en la seguridad y el confort de los usuarios de carreteras (Rodríguez et al., 2022). Tešić et al.

(2018) destacan el IRI como un indicador esencial y un estudio influyente ha demostrado la importancia de seleccionar apropiadamente los indicadores para evaluar la seguridad vial en diversos contextos geográficos, resaltando la necesidad de estandarización de dichos indicadores y metodologías para facilitar comparaciones a nivel internacional y discernir las fortalezas y debilidades de cada sistema de seguridad vial (Múčka, 2017; Shen et al., 2020).

Igualmente, el uso innovador del análisis envolvente de datos (DEA) propone superar los desafíos de comprensibilidad y falta de equidad presentes en los modelos DEA tradicionales. Este enfoque sugiere una nueva metodología para determinar un conjunto común de pesos óptimos que permiten la evaluación equitativa de todas las unidades bajo estudio, ofreciendo una base uniforme y justa para la comparación y evaluación del comportamiento vial entre países (Babae et al., 2021). Akaateba (2012) exploró la aplicación de un índice compuesto de rendimiento de seguridad vial para comparar países

seleccionados de la Unión Europea y África, revelando que este índice proporciona una alternativa valiosa para comparaciones internacionales y clasifica a los países de manera diferente a las clasificaciones tradicionales basadas en tasas de mortalidad (Oviedo-Trespalacios & Haworth, 2015).

La evaluación de las condiciones funcionales y estructurales de pavimentos flexibles utilizando métodos como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) ha demostrado la correlación entre la calidad del pavimento y la seguridad vial. Estos métodos son esenciales para mantener una buena calidad en los servicios de carreteras y para evaluar el impacto en la seguridad y comodidad de los usuarios (Rifai et al., 2023). Sin embargo, existen notables vacíos en la investigación sobre cómo variaciones específicas en el coeficiente de fricción influyen directamente los incidentes de tráfico y cómo la metodología para su medición puede estandarizarse para garantizar resultados consistentes. Esto es particularmente relevante en regiones como Manabí, donde las condiciones ambientales y de tráfico

pueden alterar significativamente los parámetros de fricción del pavimento, lo que requiere un enfoque investigativo adaptado a estas particularidades.

El presente estudio se centra en analizar la regularidad superficial del pavimento flexible en el paso lateral del cantón el Carmen, abarcando ambos sentidos de la vía desde la abscisa 0+000 hasta la 12+800. Utilizando el Rugosímetro de Merlín, este análisis busca determinar el estado actual del pavimento y evaluar su impacto en la seguridad y confort de los usuarios que diariamente transitan por esta ruta. La metodología de esta investigación incluye varios enfoques: el método experimental verifica visualmente el buen estado de la vía mediante índices de rugosidad superficial. El método cuantitativo emplea técnicas de observación para cuantificar el estado actual de la vía, su serviciabilidad y transitabilidad. Por último, el método descriptivo detalla las condiciones y serviciabilidad de la vía mediante datos recogidos en campo con el equipo Merlín.

La evaluación se realiza específicamente en el área del paso lateral del cantón El Carmen.

Durante el proceso, se calibra el equipo Rugosímetro de Merlín en una superficie plana. Se marca cuidadosamente el punto de inicio y los puntos subsiguientes cada 2 metros. Los datos obtenidos son meticulosamente recopilados y tabulados para su posterior análisis en oficina. Los hallazgos preliminares revelan que el pavimento de la carretera se encuentra en un estado de regular a bueno, con áreas que muestran desgaste notable, aunque en proporciones que aún son manejables. Después de una década de servicio, la vía conserva una transitabilidad de regular a buena, evidenciando valores de PSI que fluctúan entre 2 y 4. A pesar de esto, se resalta la necesidad imperativa de un plan de mantenimiento periódico que permita preservar la calidad y seguridad del pavimento.

Este estudio resalta la importancia crítica de implementar una metodología estandarizada y precisa para la evaluación continua de las vías, especialmente en zonas sujetas a un tráfico intenso de vehículos pesados, asegurando así la seguridad y comodidad de todos los usuarios. Este enfoque

metodológico detallado y los resultados específicos obtenidos son de gran relevancia no solo para la región de Manabí, sino también para otras áreas con características similares, contribuyendo de manera significativa al conocimiento existente en la disciplina de seguridad vial.

## 2. Materiales y métodos

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y utilizó un diseño metodológico experimental y descriptivo para analizar la regularidad superficial del pavimento en el paso lateral del cantón El Carmen, Manabí. Se enfocó en verificar la condición visual del pavimento mediante el índice de rugosidad superficial y en medir el estado del pavimento y su serviciabilidad. Los datos recolectados se compararon con investigaciones similares en otras regiones, proporcionando una validación internacional y estableciendo estándares de referencia que ayudaron a interpretar los resultados obtenidos.

Además, se empleó el rugosímetro Merlin para diagnosticar y clasificar

la regularidad superficial del pavimento, esencial para comprender cómo esta afecta la seguridad vial. Una adecuada regularidad mejora el contacto neumático-pavimento, reduciendo el riesgo de accidentes. Se realizó también la medición de la variabilidad de la regularidad superficial mediante técnicas analíticas avanzadas. Estos análisis proporcionaron datos cruciales sobre la serviciabilidad y la transitabilidad, comparando estos resultados con normas técnicas vigentes para asegurar su cumplimiento con los requisitos de seguridad vial.

Como parte de la integración práctica y normativa, el estudio propuso un plan de mantenimiento periódico para realizar auditorías de seguridad vial enfocadas en el pavimento y la calzada. Este plan tiene como objetivo evaluar las condiciones de seguridad de carreteras existentes o nuevas, identificar potenciales riesgos y promover intervenciones basadas en evidencia. Esta metodología integral no solo permite evaluar los parámetros de seguridad actuales, sino también formular

recomendaciones basadas en normas técnicas y comparaciones internacionales, contribuyendo significativamente a la literatura científica en seguridad vial y a la práctica de ingeniería de transporte.

### 3. Resultados y discusión

El análisis del paso lateral de El Carmen ha revelado que se trata de una vía de primer orden, esencial para la movilidad regional y local. La vía tiene una longitud total de 13 kilómetros y un ancho total de 18 metros, distribuidos en cinco carriles, cada uno con un ancho de 3 metros. La infraestructura también incluye una ciclovía de 1.60 metros de ancho y un parterre central de 1 metro de ancho, lo que demuestra su adaptabilidad a diversas formas de transporte y su función como corredor de movilidad integrado. La vía no solo soporta un tráfico significativo de vehículos pesados, sino que también juega un papel crucial en el transporte de bienes esenciales, contribuyendo así al dinamismo económico del cantón y de la provincia. La señalización tanto vertical como horizontal está diseñada para garantizar la seguridad y la eficiencia del tráfico,

aunque el detalle específico de estos elementos no se menciona en los datos proporcionados.

**Tabla 1** Características del Paso Lateral de El Carmen

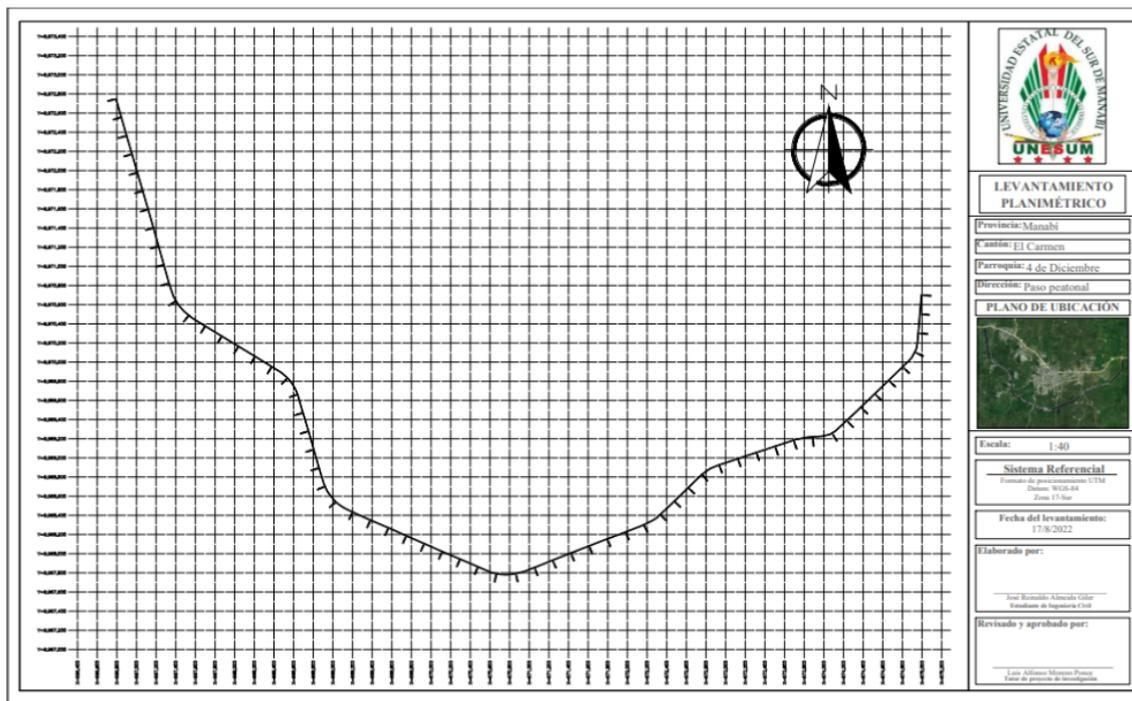
Característica	Descripción
Longitud de la vía	13 km
Ancho total de la vía	18 m
Número de carriles	5
Ancho de los carriles	3 m cada uno
Ciclovía	1.60 m de ancho
Parterre	1 m de ancho
Señalización	Vertical y horizontal (detallada)

El diseño y las características de la vía reflejan su importancia estratégica, no solo como una ruta de tráfico pesado sino también como un enlace vital para las zonas rurales circundantes. La presencia de una ciclovía indica una consideración por la movilidad sostenible y la seguridad de los ciclistas, que es fundamental en zonas urbanas y semiurbanas.

Asimismo, el levantamiento planimétrico del paso lateral del Carmen se llevó a cabo con precisión, permitiendo un análisis detallado de la topografía del tramo estudiado. Este procedimiento topográfico fue esencial para documentar las características geométricas y la configuración de la vía, proporcionando datos fundamentales sobre las

fluctuaciones de elevación a lo largo de su extensión. La representación gráfica en el plano refleja un perfil longitudinal meticulosamente trazado, que ilustra los cambios sutiles en el nivel del terreno, cruciales para la planificación de proyectos de infraestructura vial.

**Figura 1** Plano del levantamiento planimétrico



El plano muestra con claridad las variaciones en altura que son determinantes para las estrategias de drenaje y seguridad vial. Estas variaciones, cuando son bien entendidas y documentadas, facilitan la implementación de medidas correctivas y preventivas en el diseño vial, mejorando así la seguridad y la eficacia del tránsito vehicular. La precisión del levantamiento asegura que se consideren todos los aspectos relevantes para el mantenimiento y la mejora continua de la vía, desde el manejo del tráfico hasta las futuras expansiones o modificaciones.

De igual forma se determinó la Regularidad Superficial del

Pavimento del paso lateral del Cantón el Carmen utilizando el Rugosímetro de Merlín. Se realizaron mediciones desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 12+800, abarcando ambos sentidos de la vía. Los datos recopilados del rugosímetro de Merlín mostraron valores de Índice de Regularidad Internacional (IRI) que variaron entre 1.75 m/km y 3.54 m/km, categorizando el pavimento desde nuevo hasta moderadamente irregular según las normas internacionales. Adicionalmente, los valores de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) se calcularon correlacionando con el IRI, resultando en valores entre 2.45 y

3.48, lo cual indica una transitabilidad de regular a buena.

**Tabla 2** Resultados de IRI y PSI por Tramo

Tramo (abscisa)	IRI (m/km)	PSI	Descripción de Estado
0+000 - 0+800	1.75 - 2.30	3.48	Excelente a Bueno
0+800 - 1+600	1.90 - 2.40	3.40	Bueno
1+600 - 2+400	2.00 - 2.50	3.35	Bueno
2+400 - 3+200	2.10 - 2.60	3.30	Regular a Bueno
3+200 - 4+000	2.20 - 2.70	3.25	Regular
4+000 - 4+800	2.30 - 2.80	3.20	Regular
4+800 - 5+600	2.40 - 2.90	3.15	Regular
5+600 - 6+400	2.50 - 3.00	3.10	Regular
6+400 - 7+200	2.60 - 3.10	3.05	Regular
7+200 - 8+000	2.70 - 3.20	3.00	Regular
8+000 - 8+800	2.80 - 3.30	2.95	Regular
8+800 - 9+600	2.90 - 3.40	2.90	Regular a Pobre
9+600 - 10+400	3.00 - 3.50	2.85	Pobre
10+400 - 11+200	3.10 - 3.60	2.80	Pobre
11+200 - 12+000	3.20 - 3.70	2.75	Pobre
12+000 - 12+800	3.30 - 3.80	2.70	Pobre

La tabla muestra el estado actual del pavimento y muestra cómo varía la calidad del mismo a lo largo de los diferentes tramos del paso lateral. Permite identificar rápidamente las áreas que requieren atención inmediata y aquellas en mejor estado, facilitando la planificación de intervenciones de mantenimiento y mejoras en la infraestructura vial.

Como último punto se estableció la Serviciabilidad de la vía mediante el Índice de Regularidad Superficial del Pavimento, se utilizaron tres ecuaciones diferentes para calcular el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) en función de los valores de IRI medidos. Los resultados de estas ecuaciones, aplicados en el primer tramo del paso lateral del Cantón el Carmen, se presentan a continuación:

**Tabla 3** Resultados de cálculo del PSI usando tres métodos diferentes

Tramo (abscisa)	IRI (m/km)	PSI según Paterson	PSI según Al Omari y Darter	PSI según Dujisin y Arroyo	PSI Promedio
0+000 - 0+400	1.78	3.63	3.14	3.61	3.46
0+400 - 0+800	1.75	3.65	3.17	3.63	3.48
0+800 - 1+200	1.87	3.57	3.07	3.55	3.39
1+200 - 1+600	1.98	3.50	2.98	3.48	3.32
1+600 - 2+000	1.93	3.53	3.02	3.52	3.36
2+000 - 2+400	2.38	3.26	2.69	3.26	3.07
2+400 - 2+800	2.10	3.43	2.89	3.42	3.25
2+800 - 3+200	2.31	3.30	2.74	3.30	3.11
3+200 - 3+600	2.20	3.37	2.82	3.36	3.18
3+600 - 4+000	2.06	3.45	2.92	3.44	3.27
4+000 - 4+400	2.11	3.42	2.88	3.41	3.24
4+400 - 4+800	2.15	3.40	2.85	3.39	3.21
4+800 - 5+200	2.83	3.00	2.39	3.02	2.81
5+200 - 5+600	2.89	2.97	2.35	2.99	2.77
5+600 - 6+000	2.92	2.95	2.33	2.98	2.76
6+000 - 6+400	1.83	3.60	3.10	3.58	3.43

El análisis indica que los valores de PSI oscilan entre 2.68 y 3.48, lo que indica que la mayoría de los tramos exhiben una transitabilidad de regular a buena. La utilización de diversas ecuaciones para calcular el PSI permite una comprensión más amplia y comparativa de la serviciabilidad de la vía, basada en su regularidad superficial. Los datos disponibles presentan los resultados

de los 16 tramos evaluados en el paso lateral del Cantón el Carmen. Cada fila de la tabla representa un tramo específico, mostrando los valores de IRI y los PSI calculados mediante las tres ecuaciones. Estos valores ofrecen una visión detallada de la serviciabilidad del pavimento en cada segmento, proporcionando una base sólida para evaluaciones

precisas y para la planificación de mantenimiento y mejoras futuras.

#### 4. Conclusiones

El uso del rugosímetro de Merlín para diagnosticar y clasificar la regularidad superficial del pavimento ha demostrado ser un método efectivo para determinar la serviciabilidad de la vía. Los valores de IRI oscilaron entre 1.75 m/km y 3.54 m/km, indicando una variación de la calidad del pavimento desde nueva hasta moderadamente irregular. Estos resultados enfatizan la importancia de emplear técnicas precisas y avanzadas para la evaluación de pavimentos, permitiendo intervenciones más dirigidas y eficaces en términos de mantenimiento vial.

La investigación ha demostrado que una adecuada regularidad superficial mejora significativamente el contacto neumático-pavimento, lo cual es esencial para reducir el riesgo de accidentes. Esta conexión directa entre la regularidad del pavimento y la seguridad vial resalta la necesidad de mantener estándares elevados de construcción y mantenimiento de

carreteras, asegurando así la seguridad de los usuarios de la vía.

El estudio propone un plan de mantenimiento periódico para el pavimento basado en análisis detallados de serviciabilidad y regularidad superficial. Este enfoque, fundamentado en evidencia científica, identifica áreas críticas y prioriza las inversiones en infraestructura vial. Al implementar este plan, se mejora la transitabilidad y se prolonga la vida útil del pavimento, asegurando una vía segura y eficiente en el cantón El Carmen y sus alrededores. Los resultados, presentados en tablas, facilitan la planificación futura y mejoran las prácticas de ingeniería de transporte y seguridad vial.

#### Bibliografía

Akaateba, M. (2012). COMPARING ROAD SAFETY PERFORMANCE OF SELECTED EU AND AFRICAN COUNTRIES USING A COMPOSITE ROAD SAFETY PERFORMANCE INDEX. *Journal of Natural Sciences Research*, 2, 31–45. <https://consensus.app/papers/Comparing-road-safety-performance-selected->

- african-akaateba/759d81821d0a59dca0a26e89fc3e974d/
- Akaatebaa, M. A. (2012). COMPARING ROAD SAFETY PERFORMANCE OF SELECTED EU AND AFRICAN COUNTRIES USING A COMPOSITE ROAD SAFETY PERFORMANCE INDEX. *Journal of Natural Sciences Research*, 2(8), 2224–3186. <https://core.ac.uk/download/pdf/234653893.pdf>
- Babae, S., Toloo, M., Hermans, E., & Shen, Y. (2021). A new approach for index construction: The case of the road user behavior index. *Computers & Industrial Engineering*, 152, 106993. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106993>
- Kropác, O., & Múčka, P. (2005). Be careful when using the International Roughness Index as an indicator of road unevenness. *Journal of Sound and Vibration*, 287, 989–1003. <https://doi.org/10.1016/J.JSV.2005.02.015>
- Múčka, P. (2017). International Roughness Index specifications around the world. *Road Materials and Pavement Design*, 18, 929–965. <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1197144>
- Nguyen, X., Nguyen, T., & Tran, P. H. (2020). The Effect of Road Surface Roughness to Recommended Speed of Vehicles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 886. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/886/1/012014>
- Oviedo-Trespalcios, O., & Haworth, N. (2015). Developing a new index for comparing road safety maturity: case study of the ASEAN community. *The Journal of the Australasian College of Road Safety*, 26, 45–53. <https://consensus.app/papers/developing-index-comparing-road-safety-maturity-case-oviedotrespalcios/dca750a6e3f75dd68973012c13c541a8/>
- Rifai, M., Setyawan, A., Handayani, F. S., & Arun, A. D. (2023). Evaluation of functional and structural conditions on flexible pavements using pavement condition index (PCI) and international roughness index (IRI) methods. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905011>
- Rodríguez Moreno, M. A., Marín-Urbe, C. R., & Restrepo Tamayo, L. M. (2022). PROBABILISTIC MODEL FOR PREDICTION OF INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX

BASED ON MONTE CARLO.  
Revista Ingeniería de  
Construcción, 37(2).  
<https://doi.org/10.7764/RIC.0021.21>

Shen, Y., Hermans, E., Bao, Q., Brijis, T., & Wets, G. (2013). Road safety development in Europe: a decade of changes (2001-2010). *Accident; Analysis and Prevention*, 60, 85–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.013>

Shen, Y., Hermans, E., Bao, Q., Brijis, T., & Wets, G. (2020). Towards better road safety management: Lessons learned from inter-national benchmarking. *Accident; Analysis and Prevention*, 138, 105484.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105484>

Tešić, M., Hermans, E., Lipovac, K., & Pešić, D. (2018). Identifying the most significant indicators of the total road safety performance index. *Accident; Analysis and Prevention*, 113, 263–278.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.003>