

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de
pavimento flexible usando rugosímetro Merlín, Método topográfico y
aplicativo TotalPave**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Dante Alexander Fonseca Carranza

ASESOR

Ruben Eli Estrada Chunga

<https://orcid.org/0000-0001-8648-5640>

Chiclayo, 2025

**Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional
(IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro Merlin, Método
topográfico y aplicativo TotalPave**

PRESENTADA POR

Dante Alexander Fonseca Carranza

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Manuel Alejandro Borja Suarez

PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones

SECRETARIO

Ruben Eli Estrada Chunga

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres Lily y Dante, por ser el soporte principal de mi vida, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo inquebrantable que me han guiado hasta este momento.

A mis hermanos Jhustin y Zahir, compañeros de vida, por ser mi fuerza en los días difíciles y mi alegría en los momentos de triunfo.

A mis abuelas Celinda y Juana, ejemplos de fortaleza y sabiduría, por sus bendiciones, enseñanzas y el cariño que siempre me han brindado.

Y a mi abuelo Ramiro, quien ahora descansa en paz, pero cuyo legado y amor permanecen vivos en mi corazón y me han inspirado a alcanzar esta meta.

Con todo mi amor y gratitud este logro es también de ustedes.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi amparo y guía en todo momento.

A mi familia, mi refugio y base, por ser el ancla en las tormentas y el viento que impulsa mis velas. A mis padres, por creer en mí incluso en mis dudas y enseñarme que los sueños se construyen con esfuerzo, y a mis hermanos, por las risas y palabras sinceras.

A mi asesor Rubén Eli Estrada Chunga, al ingeniero Atilio Rubén López Carranza y a mis compañeros de la facultad, por su apoyo y conocimiento.

Evaluación comparativa del índice de rugosidad internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro merlín, método topográfico y aplicativo TotalPave

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	13
Abstract	14
Introducción	15
Revisión de literatura	17
Materiales y métodos	39
Resultados y discusión	59
Conclusiones	84
Recomendaciones.....	86
Referencias	87
Anexos.....	89

Lista de Tablas

TABLA I.....	25
TABLA II.....	26
TABLA III.....	27
TABLA IV	40
TABLA V FACTOR CORRECCIÓN "D"	48
TABLA VI CARRIL DERECHO	60
TABLA VII CARRIL IZQUIERDO	60
TABLA VIII IRI PROMEDIO PARA LA CARRETERA LA-116	61
TABLA IX CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA RUGOSÍMETRO MERLÍN CARRIL DERECHO	62
TABLA X CONDICIÓN DE LA CARRETERA DE IRI SEGÚN MTC PARA RUGOSÍMETRO MERLÍN CARRIL IZQUIERDO	62
TABLA XI RESULTADO PROVAL - HUELLA EXTERNA E INTERNA CARRIL DERECHO.....	63
TABLA XII CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA NIVEL Y MIRA CARRIL DERECHO	64
TABLA XIII RESULTADO PROVAL - HUELLA EXTERNA E INTERNA CARRIL IZQUIERDO.....	65
TABLA XIV CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA NIVEL Y MIRA CARRIL IZQUIERDO	65
TABLA XV INDICADOR DE IRI DE TOTALPAVE.....	66
TABLA XVI RESUMEN IRI CARRIL DERECHO	68

TABLA XVII CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA APLICATIVO TOTALPAVE CARRIL DERECHO	69
TABLA XVIII RESUMEN IRI CARRIL IZQUIERDO	69
TABLA XIX CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA APLICATIVO TOTALPAVE CARRIL IZQUIERDO	70
TABLA XX COMPARACIÓN NIVEL Y RUGOSIMETRO MERLIN	70
TABLA XXI COMPARACIÓN RUGOSIMETRO MERLIN Y TOTALPAVE PARA CARRIL DERECHO E IZQUIERDO	71
TABLA XXII COMPARACIÓN MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL.....	73
TABLA XXIII PRECISION DE MÉTODOS.....	74
TABLA XXIV COSTOS DE OPERACIÓN RUGOSIMETRO MERLIN	75
TABLA XXV COSTO POR KM DE RUGOSIMETRO MERLIN	75
TABLA XXVI COSTOS DE OPERACIÓN METODO TOPOGRAFICO	75
<i>TABLA XXVII</i> <i>COSTO POR KM DE NIVEL Y MIRA</i>	<i>76</i>
TABLA XXVIII COSTOS DE OPERACIÓN TOTALPAVE.....	77
TABLA XXIX COSTO POR KM DE TOTALPAVE.....	77
TABLA XXX RESUMEN DE COSTOS POR KM DE CADA MÉTDOO	77
TABLA XXXI ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS RUGOSIMETRO MERLIN	78
TABLA XXXII CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS	78

TABLA XXXIII	
RENDIMIENTO DEL RUGOSÍMETRO MERLÍN	78
TABLA XXXIV	
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS NIVEL Y MIRA.....	78
TABLA XXXV	
CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS	79
TABLA XXXVI	
RENDIMIENTO METODO TOPOGRAFICO	79
TABLA XXXVII	
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS TOTALPAVE.....	79
TABLA XXXVIII	
CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS	79
TABLA XXXIX	
RENDIMIENTO TOTALPAVE.....	79
TABLA XL	
RESUMEN RENDIMIENTO POR KM DE CADA EQUIPO	79
TABLA XLI	
RESUMEN DE RESULTADOS	80
TABLA XLII	
EFFECTIVIDAD DE METODOS	80

Lista de Figuras

Fig. 1. Perfil longitudinal real de una carretera	23
Fig. 2. Modelo del cuarto carro	24
Fig. 3. Rugosidad en diferentes pavimentos	25
Fig. 4 Correlación PSI – IRI	27
Fig. 5. Mira y Nivel.....	29
Fig. 6. Perfilometro laser.....	29
Fig. 7. Dipstick.....	30
Fig. 8. Walking Profiler.....	30
Fig. 9. Perfilógrafo California.....	31
Fig. 10. Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS).....	31

Fig. 11. Uso del rugosímetro Merlín.....	32
Fig. 12. Esquema del Rugosímetro MERLIN	33
Fig. 13. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio	34
Fig. 14. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio	35
Fig. 15. Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva	35
Fig. 16. Icono aplicación móvil TotalPave IRI	37
Fig. 17. Interfaz de acceso al aplicativo TotalPave IRI	37
Fig. 18. ubicación del smartphone en el parabrisas de vehiculo	38
Fig. 19. Nivelación del dispositivo.....	38
Fig. 20. Mapa de valores de IRI.....	38
Fig. 21. Localización de la carretera LA-116.....	42
Fig. 22. Formato de campo para la toma de datos.....	43
Fig. 23. Calibración del rugosímetro Merlín.....	44
Fig. 24. Marca de la rueda para la toma de muestras	44
Fig. 25. Inicio del ensayo y toma de datos con el equipo de Merlín.....	45
Fig. 26. Tablero con las escalas del equipo de Merlín	45
Fig. 27. Toma de datos	46
Fig. 28. Histograma para la progresiva km 2+800 - 3+200, de la huella externa del carril derecho	47
Fig. 29. Punto de inicio de la toma de datos en la progresiva km 2+000.....	49
Fig. 30. Toma de datos entre la progresiva km 5+600 y 5+920.....	49
Fig. 31. pintado de los puntos de referencia cada 25 cm en la huella externa.	50
Fig. 32. Toma de BM para el tramo km 5+600 y 5+920.....	51
Fig. 33. Toma de datos con el nivel topográfico y mira.....	51
Fig. 34. Importación de datos en al ProVal, en intervalos de 250 mm y la elevación en m. ..	53
Fig. 35. Perfil longitudinal elaborado por ProVal.....	53

Fig. 36. Búsqueda de la opción Analisis RQ.....	54
Fig. 37. IRI del tramo de 320 del carril derecho huella interna arrojada por el ProVal.....	54
Fig. 38. Búsqueda de la opción Fixed Interval.....	55
Fig. 39. Grafica en la opción Fixed Interval en segmentos de 100 m.....	55
Fig. 40. Interfaz de acceso al aplicativo TotalPave IRI	56
Fig. 41. Nivelación del smartphone en el vehículo.....	56
Fig. 42. Inicio de la toma de datos presionando START.....	57
Fig. 43. Aplicativo TotalPave registrando los datos de la carretera.....	57
Fig. 44. Finalización de la toma de datos, se presiona en FINISH para que podamos registrar los datos en la nube.....	58
Fig. 45. Tramo de Oeste a Este de la carretera LA-116 Sipán.....	59
Fig. 46. Carriles de la carretera estudiada LA-116	59
Fig. 47.4 Perfil longitudinal ProVAL de 320 m del carril derecho (Oeste a Este)	63
Fig. 48. Perfil longitudinal ProVAL de 320 m del carril izquierdo (Este a Oeste).....	64
Fig. 49. Mapa de los resultados obtenidos con el aplicativo TotalPave.....	66
Fig. 50. Distribución del IRI	67
Fig. 51. IRI promedio de la carretera	67
Fig. 52. Gráfico de dispersión de la Comparación de IRI entre rugosímetro y TotalPave	73
Fig. 53. Cotización de alquiler de rugosímetro merlín de la empresa CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.	74
Fig. 54. Suscripción por un mes al aplicativo TotalPave	76

Lista de Anexos

- ANEXO 1: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 190
- ANEXO 2: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 291
- ANEXO 3: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 392
- ANEXO 4: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 493
- ANEXO 5: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 594

ANEXO 6: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 695	
ANEXO 7: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 796	
ANEXO 8: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 897	
ANEXO 9: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 998	
ANEXO 10: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 10	99
ANEXO 11: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 1	100
ANEXO 12: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 2	101
ANEXO 13: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 3	102
ANEXO 14: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 4	103
ANEXO 15: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 5	104
ANEXO 16: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 6	105
ANEXO 17: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 7	106
ANEXO 18: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 8	107
ANEXO 19: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 9	108
ANEXO 20: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 10	109
ANEXO 21: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 1	110
ANEXO 22: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 2	111
ANEXO 23: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 3	112
ANEXO 24: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 4	113

ANEXO 25: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 5	114
ANEXO 26: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 6	115
ANEXO 27: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 7	116
ANEXO 28: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 8	117
ANEXO 29: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 9	118
ANEXO 30: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 10	119
ANEXO 31: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 1	120
ANEXO 32: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 2	121
ANEXO 33: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 3	122
ANEXO 34: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 4	123
ANEXO 35: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 5	124
ANEXO 36: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 6	125
ANEXO 37: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 7	126
ANEXO 38: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 8	127
ANEXO 39: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 9	128
ANEXO 40: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 10	129
ANEXO 41: Resultados nivel y mira carril derecho	130
ANEXO 42: Resultados nivel y mira carril izquierdo	159
ANEXO 43: Conformidad asesor	188

Resumen

En este estudio se desarrolla una evaluación comparativa de la medición de IRI (Índice de Rugosidad Internacional) usando el método topográfico, rugosímetro merlín y el aplicativo móvil TotalPave para determinar cuál de los métodos es más efectivo. Se desarrollo una investigación cuantitativa, comparativa y un diseño no experimental tomando una población y muestra de 4km del pavimento flexible de la carretera LA-116 (carretera Sipan), en el tramo Pomalca – CP Casa de madera. Obteniendo que la similitud del aplicativo Totalpave con el rugosímetro tiene una correlación de $R^2=0.7337$ (73.37%) considerado una asociación fuerte y confiable pues supera el 0.7 y que hay un 95.99% de proximidad entre el rugosímetro merlín y el método topográfico. El aplicativo TotalPave reduce hasta un 82% el costo de medición del IRI respecto a los métodos convencionales y además presenta un rendimiento de 60km/h muy superior al 0.07km/h y 0.80km/h ofrecido por el método topográfico y rugosímetro merlín respectivamente. Los resultados también indicaron que la carretera muestra un Índice de Rugosidad de 3.07 m/km que la clasifica como regular. Por último, se concluyó que el aplicativo TotalPave resulta una alternativa más efectiva para la medición del IRI por sus costos de operación bajos y su gran rendimiento.

Palabras claves: Pavimento, Índice de Rugosidad Internacional, TotalPave, rugosímetro merlín, nivel y mira.

Abstract

In this study, a comparative evaluation of the IRI (International Roughness Index) measurement using the topographic method, Merlin roughness tester and the TotalPave mobile application is carried out to determine which of the methods is more effective. A quantitative, comparative research and a non-experimental design was developed taking a population and a 4km sample of the flexible pavement of the LA-116 highway (Sipan highway), in the Pomalca - Casa de Madera CP section. Obtaining that the similarity of the TotalPave application with the roughness tester has a correlation of $R^2 = 0.7337$ (73.37%) considered a strong and reliable association since it exceeds 0.7 and that there is a 95.99% proximity between the Merlin roughness tester and the topographic method. The TotalPave application reduces the cost of IRI measurement by up to 82% compared to conventional methods and also offers a much higher speed at 60 km/h than the 0.07 km/h and 0.80 km/h offered by the topographic method and the Merlin roughness tester, respectively. The results also indicated that the road has a Roughness Index of 3.07 m/km, classifying it as fair. Finally, it was concluded that the TotalPave application is a more effective alternative for IRI measurement due to its low operating costs and high performance.

Keywords: Pavement, international roughness index, TotalPave, Merlin roughness tester, level, and mira.

Introducción

Las carreteras son una infraestructura esencial que impulsa el desarrollo económico y social, facilitando el transporte de personas y mercancías. En países como Perú, debido a su geografía diversa y compleja, las carreteras son esenciales para unir comunidades y promover el comercio. Sin embargo, mantener estas vías en condiciones óptimas es un reto constante debido a que diversos factores que pueden causar desperfectos o daños en la capa asfáltica de estas carreteras antes de que finalice su vida útil prevista.

La necesidad de un monitoreo continuo del estado de las vías es crucial debido a las diversas causas que pueden provocar defectos en el asfalto previo a que concluya su vida útil completa. Este seguimiento continuo permite establecer operaciones efectivas de gestión y proporciona una data confiable sobre el estado actual de la red de transporte terrestre. Asimismo, conocer la rugosidad del pavimento en cualquier momento facilita reconocer las acciones de mantenimiento o reparación necesarias en el momento adecuado, ya sea al comienzo de su tiempo de operación o en las distintas etapas de su vida útil. Además, un mantenimiento inadecuado puede resultar en un deterioro de la carretera necesitando rehabilitación, que puede costar hasta ocho veces más que un mantenimiento oportuno y correcto [1].

Por lo que una herramienta clave para evaluar la calidad y de los pavimentos de la red vial es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), mide las irregularidades longitudinales de la superficie vial que inciden de manera directa en el confort, los costos de operación de los vehículos y su seguridad. Permitiendo identificar tramos que necesitan mantenimiento o rehabilitación, priorizando las intervenciones necesarias. Siendo útil en la planificación y diseño de nuevas carreteras para garantizar estándares de calidad desde el inicio del proyecto.

Según el SINAC al 2022, la cifra de vías que componen la red vial conforma un total de 14 916 entre Nacionales, Departamentales y Vecinales, con una longitud total de 180 385.8 km, de los que el 96.3% corresponde a la red existente, y dentro de estas el 17.9% son Pavimentadas [2]. Durante ese año se estimó que el 72% de la Red Vial Nacional Pavimentada se encontraba en buen estado [3]. Esto está muy relacionado a la diversidad climática y topográfica del país lo que ocasiona que la evaluación y mantenimiento de estas carreteras sean particularmente desafiantes, requiriendo métodos de evaluación que deban adaptarse a diversas condiciones para proporcionar datos precisos y útiles.

La obtención del IRI en Perú, presenta un desafío significativo ya que los métodos convencionales que se usan resultan ser muy costosos y demandan de mucho tiempo de

trabajo. Además, la falta de acceso y capacitación para el uso de estos instrumentos hace que por lo general las entidades encargadas en el mantenimiento de a las algunas vías del interior no cuenten con una información actualizada de su estado y funcionalidad y así elaborar planes de mantenimiento. Por lo que el uso de aplicativos móviles vienen surgiendo como una alternativa para diagnosticar y medir el estado de un pavimento de manera económica, rápida y práctica.

Este trabajo se centra en resolver la siguiente interrogante ¿Cuál es la efectividad comparativa en términos de precisión, tiempo y costo entre el aplicativo TotalPave, el rugosímetro merlín y método topográfico en la medición de la rugosidad de las carreteras? Para cual tiene objetivo general realizar una evaluación comparativa del IRI usando los métodos de método topográfico, rugosímetro merlín y el aplicativo móvil TotalPave en la ruta LA-116 (carretera Sipan), del tramo Pomalca – CP Casa de madera. Y los objetivos específicos determinar el IRI de la carretera, comparar precisión de los métodos, analizar su rendimiento, comparación de costos relacionados a adquisición y su implementación, determinar cuál es el más efectivo en estos términos y la serviciabilidad de la carretera.

Esta investigación se justifica en que la precisión y la eficiencia técnica son fundamentales en la evaluación del estado de las carreteras. Por lo que se necesita buscar alternativas para el diagnóstico de la vía de manera más rápida, practica y continua para prevenir el deterioro acelerado de la capa de pavimento y ampliar su periodo de funcionamiento, evitando intervenciones más costosas y complejas en el futuro.

El proyecto tendrá un impacto en el bienestar y seguridad de los usuarios de la ruta LA-116, al determinar el estado que se encuentra la carretera, y proporcionar data para futuros planes de mantenimiento para el buen estado de la vía, disminuir el riesgo de accidentes, comodidad de los conductores y contribuir al orden público.

También se promueve el aprendizaje práctico y la investigación aplicada, enriqueciendo la formación académica y promoviendo con el crecimiento del conocimiento en el ámbito de la gestión y mantenimiento de infraestructuras viales. Fomenta la implementación de tecnologías innovadoras y brinda apoyo educativo, ya que el TotalPave proporciona datos valiosos y de fácil alcance para ser aprovechadas por estudiantes e investigadores de ingeniería civil para el análisis y desarrollo de otros proyectos.

A través de esta evaluación, se pretende proporcionar información que permita a los ingenieros y planificadores optar por el uso de nuevas herramientas como aplicativos móviles para optimizar el mantenimiento y la optimización de la infraestructura vial, contribuyendo así al desarrollo sostenible y eficiente del sistema de transporte en el Perú.

Revisión de literatura

Antecedentes

En el trabajo de investigación del ecuatoriano Saltos Zavala [4] tuvo como propósito determinar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en la carretera Los Ángeles-Andil, en Jipijapa. Para esto, se emplearon dos métodos de medición: el rugosímetro de Merlín, que recoge mediciones directamente del pavimento, y un aplicativo móvil llamado Roadroid, que utiliza de un teléfono inteligente el acelerómetro para tomar mediciones. Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis comparativo utilizando estadística descriptiva. Con el rugosímetro de Merlín el IRI obtenido fue de 1.90 m/km, mientras que con Roadroid se registró un valor de 1,60 m/km. Además, obtuvo el indicador de estado del pavimento con el rugosímetro de Merlín arrojando una condición buena, con un valor de 3.38. Sus resultados revelaron que la carretera muestra ondulaciones casi imperceptibles, con una capa de asfalto de buena calidad o un tratamiento superficial. Concluyendo que el rugosímetro Merlín es la herramienta más adecuada para obtener el IRI en esta vía, y que ofrece una buena transitabilidad y serviciabilidad la carretera Los Ángeles-Andil.

En Canadá L. Janani, Rashmi Doley, V. Sunitha, y Samson Mathew [5] explican una técnica de evaluación de rugosidad basada en sensores de teléfonos inteligentes mediante el despliegue del modelo de simulación de cuarto de automóvil. La precisión la verificaron comparándola con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) obtenido de forma simultánea mediante un rugosímetro. Los resultados del experimento de cuantificación del nivel de rugosidad de la vía utilizando smartphones exhibieron una correlación alta de 0.73, lo que validó la precisión del método. Los datos se clasificaron según tres rangos de velocidad, y se examinó la correlación entre el IRI obtenido con smartphones y la rugosidad obtenida con el rugosímetro para cada uno de estos rangos, mostrando un valor de R^2 de 0.75 para el rango de 31–50 km/h.

En Brasil Proner, Luvizão, Nienov, Ceccon y Grando realizaron la investigación [6] examinaron y categorizaron la calidad de rodadura de la carretera SC150, en un tramo de 24.8 km entre Joaçaba y Ouro, y contrastar la data obtenida con un perfilómetro láser del año 2018 para el segmento experimental de 1.5 km, utilizando información de irregularidad longitudinal obtenida mediante la aplicación SmartIRI. El análisis de los datos permitió calificar el tramo de 24.8 km de la vía, donde no se habían realizado previamente encuestas, como "Buena" en términos de transitabilidad. Sin embargo, se observó un aumento en el IRI para el segmento experimental de 1.5 km en comparación con los datos de 2018. Además, se descubrió que la

variación en la velocidad durante las encuestas con SmartIRI afecta los valores de irregularidad, con una mayor velocidad resultando en un IRI más bajo. Por último, confirmaron que los resultados obtenidos con la aplicación reflejaron fielmente la verdadera condición de comodidad en la carretera.

En Brasil Ana J. Santhier y Gislaine Luvizão en su artículo [7] llevaron a cabo un estudio en tres tramos monitoreados de la carretera SC-355, utilizando datos de IRI recopilados a través de la aplicación SmartIRI en teléfonos inteligentes, con el fin de compararlos con los valores obtenidos por un perfilómetro láser en 2017, lo que permite validar la precisión de la aplicación. Para comparar ambas encuestas, fue necesario corregir los valores de IRI obtenidos con SmartIRI mediante una correlación entre el IRI y las velocidades de operación. Tras esta corrección, se observó un incremento en la irregularidad de los segmentos analizados, atribuible a patologías como hundimientos y grietas, así como al tiempo transcurrido desde el último mantenimiento. Tanto para los segmentos como para el tramo completo, la clasificación según el programa HDM-4 fue "regular". Al término del estudio, se evidencia que la aplicación SmartIRI cumplió su propósito de agilizar, simplificar y reducir costos en la inspección de carreteras, facilitando el control por parte de las autoridades responsables del pavimento, y demostrando su fiabilidad y efectividad.

Jesus Depaz y Hugo Flores realizaron un trabajo en Huaraz [8] donde buscaron evaluar la efectividad del uso del sistema Roadroid en la determinación el nivel de servicio vial en el tramo Huaraz-Carhuaz de la carretera PE-3N. Emplearon una metodología cuantitativa con investigación de corte transversal sin manipulación experimental, basada en población y muestra no aleatoria la totalidad del tramo carretero de 31 km. El proceso abarco la aplicación de los métodos Roadroid y Nivel y mira, para calcular el índice internacional de rugosidad (IRI) y el índice de serviciabilidad (PSI). Se buscó establecer la conexión entre los hallazgos obtenidos a través de ambos métodos. Los hallazgos mostraron una fuerte relación entre los resultados del IRI, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,954. En cuanto a los datos del PSI, en los carriles izquierdo y derecho se obtuvo los coeficientes de Spearman de 0.772 y 0.553 respectivamente, indicando una buena correlación. concluyendo que la estimación del nivel de servicio vial con el uso del sistema Roadroid para en este tramo de la carretera PE-3N fue considerado óptimo.

En Lima Renzo Castillo y Yeni Morales [9] realizaron un estudio para la optimización de la evaluación de pavimentos flexibles de la Av. Prolongación Iquitos, Av. Javier Prado y Av. Petit Thouars usando el software ROADROID con el método MERLIN. Fue una investigación de tipo aplicado, con alcance explicativo y metodología cuasiexperimental, Los

resultados mostraron una variabilidad entre ROADROID y MERLIN de 0 % a 27,5 %, considerada aceptable; en el que se calcularon coeficientes de determinación (R^2) de 0,9137, 0,5764 y 0,8703 en carriles derecho, medio e izquierdo, respectivamente, valores confiables por ser cercanos a la unidad. Se adoptó como rugosidad representativa la generada por ROADROID (2,49 m/km), clasificando el pavimento como transitable y con un Índice de Serviciabilidad (PSI) “bueno”. Además, el uso del software permitió reducir tiempos y costos, y mejorar la seguridad del personal. Este estudio concluyó que el ROADROID tiene un impacto favorable en la evaluación funcional, constituyéndose en una alternativa viable y confiable.

Bases teóricas

Definición de carretera

Una carretera es una vía terrestre diseñada para el tráfico vehicular, facilitando el transporte entre diferentes lugares. Van desde simples caminos hasta autopistas de varios carriles, considerando factores como el tráfico, topografía, seguridad y durabilidad. Son fundamentales para la movilidad y el progreso socioeconómico de un país.

Clasificación según sus estratos superiores y superficie de contacto con el tráfico

- a) **No pavimentadas:** Estas carreteras son vías de tránsito que carecen de una capa de asfalto u hormigón. Pueden estar hechas de grava suelta o tierra compactada y son habituales en territorios rurales o con baja urbanización. Requieren un mantenimiento adecuado para asegurar la accesibilidad y la seguridad.
- b) **Pavimentadas:** Las rutas pavimentadas constituyen vías de tránsito cubiertas con una capa de asfalto, hormigón u otro material similar. Son comunes en áreas urbanas y suburbanas, ofreciendo una superficie suave y duradera que permite una conducción cómoda y segura.

Pavimento

La estructura del pavimento tiene un rol fundamental en la infraestructura vial moderna al garantizar la durabilidad y la funcionalidad de las carreteras. [10] Según El Manual de Carreteras del Perú, el pavimento es definido como la capa estructural o superficial de la carretera, diseñada para soportar las cargas del tráfico y proporcionar una superficie de rodadura adecuada para la circulación de vehículos.

Estructura del pavimento

- a) **Subrasante:** Es el suelo natural o la capa de terreno sobre la que se construye el pavimento. Se realiza la compactación y nivelación para establecer una base firme.
- b) **Subbase:** Esta capa está integrada por materiales sueltos como grava o piedra triturada. contribuye a distribuir las cargas del tráfico y a prevenir el hundimiento del pavimento debido a la deformación del suelo subyacente.
- c) **Base:** Consiste en una capa compuesta de material granular, a menudo más fina y más uniforme que la subbase. Proporciona una superficie en la que se coloca la capa de rodamiento y facilita el drenaje y evacuación del agua lejos del pavimento.
- d) **Capa de Rodadura:** Esta es el estrato superior del pavimento, diseñada para soportar directamente el tráfico vehicular. Puede estar compuesta por asfalto (en pavimentos asfálticos) o concreto (en pavimentos de concreto). La capa de rodadura también puede contener agregados como grava o arena para mejorar la tracción y la durabilidad.

Clasificación de los pavimentos

- a) **Clasificación según el volumen de tráfico:**
 - **Pavimentos para tráfico ligero:** Diseñados para áreas urbanas con tráfico de vehículos livianos, como calles residenciales y vías secundarias.
 - **Pavimentos para tráfico medio:** Destinados a carreteras urbanas y vías regionales con tráfico moderado de vehículos.
 - **Pavimentos para tráfico pesado:** Utilizados en carreteras principales, autopistas y vías con tráfico intenso y vehículos pesados, como camiones y autobuses.
- b) **Clasificación según el material**
 - **Los pavimentos flexibles o asfálticos:** Se compone principalmente de una capa de mezcla asfáltica, la cual está formada por agregados pétreos como grava, arena y piedra triturada, unidos por un ligante. Es conocido por su flexibilidad y habilidad para ajustarse a las irregularidades del terreno y al peso del tránsito vehicular.
 - **Pavimento semirrígido:** También conocido como pavimento de hormigón asfáltico, es una opción intermedia entre los pavimentos flexibles y rígidos. Está compuesto por una capa de base de hormigón cemento portland y una capa de rodadura de asfalto. Esta combinación ofrece una estructura que aprovecha las

ventajas de ambos materiales: la resistencia y durabilidad del hormigón, junto con la flexibilidad y capacidad de adaptación del asfalto.

- **Pavimento rígido:** Compuesto por elementos de hormigón de cemento Portland. Posee alta resistencia y durabilidad y se colocan sobre una base compactada donde se unen entre sí para formar una superficie continua y sólida. Es capaz de soportar cargas pesadas y resistir el desgaste del tráfico constante, manteniendo su integridad estructural durante muchos años. Su fabricación es más costosa que los pavimentos flexibles pero una vida útil larga y bajo mantenimiento lo que los hace una opción popular para proyectos de infraestructura vial de alto rendimiento.

Fallas en pavimentos flexibles

Las deficiencias en las superficies de las carreteras asfálticas pueden dividirse en dos categorías: funcionales y estructurales. Los daños estructurales repercuten en la condición de la estructura del pavimento, poniendo en riesgo su capacidad para resistir cargas externas y reduciendo su cohesión. Por otro lado, las fallas y problemas en su funcionamiento impactan en la transitabilidad, lo que se traduce en una reducción en el estado de la capa superficial de rodadura, así como en la seguridad y comodidad que la vía ofrece a los usuarios.

- a) **Piel de cocodrilo:** Patrón de grietas conectadas entre sí que se asemeja a la piel de un cocodrilo, causado por fatiga del pavimento.
- b) **Exudación:** Formación de una capa hecha de material bituminoso ubicadas en la parte superficial del pavimento, que puede volverse pegajosa en climas cálidos.
- c) **Agrietamiento en bloque:** Grietas rectangulares que se conectan y pueden extenderse a lo largo de áreas del pavimento, causadas por la contracción del asfalto.
- d) **Abultamientos y hundimientos:** Elevaciones o depresiones en la superficie del pavimento, respectivamente, causadas por diversos factores como tráfico pesado o compactación deficiente.
- e) **Corrugación:** Deformación caracterizada por ondulaciones transversales en la superficie del pavimento, causada por la acción repetida del tráfico.
- f) **Depresión:** Área deprimida en la superficie del pavimento, que puede ser causada por asentamientos del suelo subyacente o compactación deficiente.

- g) Fisuras longitudinales y transversales:** Son fisuras que se extienden a lo largo o a través del pavimento, respectivamente, causadas por diversos factores como cambios de temperatura o cargas de tráfico.
- h) Baches:** Áreas deprimidas en la superficie del pavimento provocadas por el deterioro y desintegración del material, generalmente debido al tráfico y condiciones climáticas.
- i) Ahuellamiento:** Depresión longitudinal en el pavimento que resulta en deformación permanente de las capas del pavimento, generada por una compactación deficiente y el desplazamiento lateral del material debido al tráfico.

Evaluación de pavimentos

Es un proceso sistemático para determinar el estado de un pavimento existente. Esto implica la recopilación de datos sobre varios aspectos del pavimento, como su textura, rugosidad, resistencia estructural, nivel de servicio y condiciones superficiales, entre otros. El objetivo principal es evaluar el nivel de desgaste o deterioro del pavimento y predecir su vida útil restante, lo que ayuda a planificar actividades de mantenimiento y rehabilitación para preservar la seguridad y la funcionalidad de la carretera. Además, la evaluación de pavimento también puede ser utilizada para optimizar el diseño de nuevas carreteras y mejorar la gestión de activos viales.

Rugosidad superficial del pavimento

Según la especificación ASTM E867 “Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics”, la rugosidad se define como la medida en la que la superficie de una carretera se desvía de una superficie plana ideal, afectando la capacidad de los vehículos para moverse con facilidad y la experiencia de manejo que ofrecen en términos de comodidad y control, lo que resulta en un mayor desgaste del vehículo [11]. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es una métrica estándar para cuantificar la rugosidad de una carretera, con un valor mínimo de 0 m/km para un perfil plano. Pero no hay existencia de un límite superior establecido para el IRI, valores que excedan 8 m/km generalmente se consideran intransitables, excepto a velocidades reducidas.

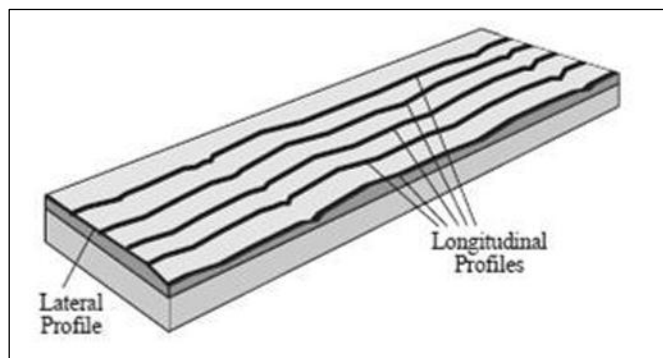


Fig. 1. Perfil longitudinal real de una carretera [12].

A menudo el término "regularidad" se utiliza como sinónimo de "rugosidad", ya que este último se encuentra estrechamente vinculada con la definición de Roughness. Por consiguiente, es común que el término Rugosidad. De este modo, puede encontrarse con literatura que aborda de manera intercambiable los conceptos de regularidad y rugosidad.

Textura

La textura es una característica crucial en los pavimentos flexibles, definida como la fina geometría del perfil de la huella de rodamiento en la vía. Según la PIARC se divide en tres categorías principales basándose en la longitud de onda y frecuencia espacial: Mega textura, Macro textura y Micro textura.

- a) **Mega textura:** cuenta con una longitud de onda más larga y suele asociarse más con la rugosidad. Sin embargo, no se considera la variable más significativa en términos de seguridad para los usuarios.
- b) **Macro textura:** proporciona un espacio adecuado para que el agua fluya a través del pavimento, creando una película que actúa como una capa entre las llantas y la superficie de rodadura. Esta película de agua también genera un espesor que facilita el contacto entre llanta y pavimento, mejorando así la adherencia.
- c) **Micro textura:** es crucial ya que permite un contacto directo entre los neumáticos y el pavimento, lo que garantiza una circulación óptima para los usuarios.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Es un estándar de medida utilizado con el fin de determinar la rugosidad superficial de las rutas viales. Facilita medir la rugosidad de un pavimento utilizando cualquier equipo de medición y expresar los resultados en valores específicos del IRI. Esta escala de medición proporciona una referencia común para identificar las condiciones superficiales de un pavimento y detectar anomalías en diferentes tramos de la carretera.

El IRI también se utiliza para establecer límites o márgenes de tolerancia para la aprobación de nuevos tramos de carreteras y autopistas con fines de control de calidad. En rutas en servicio, el IRI se usa como una herramienta para observar el comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo. Y así poder establecer límites de advertencia para identificar la necesidad de realizar estudios de daños o llevar a cabo labores de mantenimiento según la importancia de la vía.

En la práctica, el IRI se define como la acumulación de movimientos verticales absolutos que experimenta la suspensión de la llanta de un vehículo (un cuarto de carro) cuando se desplaza sobre la capa de rodamiento a una velocidad estándar de 80 km/h [13].

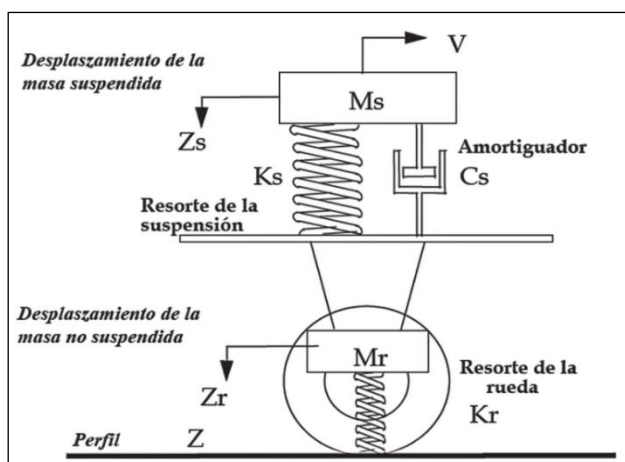


Fig. 2. Modelo del cuarto carro [14].

Escalas y Características del IRI

El IRI presenta unidades de milímetros por metro (mm/m), metro por kilómetro (m/km) o también pulgada por milla (in/mi).

La Norma Técnica Peruana CE.010, así como las directrices del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), establecen parámetros específicos para la categorización de un pavimento basada en su rugosidad, medida principalmente a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

A continuación, se muestra una tabla con algunos valores de IRI para el Perú según el tipo de vía:

TABLA I
ESTADO VIAL SEGÚN SU RUGOSIDAD [15]

Estado	Rugosidad para vías pavimentadas	Rugosidad para vías no pavimentadas
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2.8$	$\text{IRI} \leq 6$
Regular	$2.8 < \text{IRI} \leq 4.0$	$6 < \text{IRI} \leq 8$
Malo	$4 < \text{IRI} \leq 5.0$	$10 \leq \text{IRI}$
Muy Malo	$5 < \text{IRI}$	$9 < \text{IRI} \leq 10$

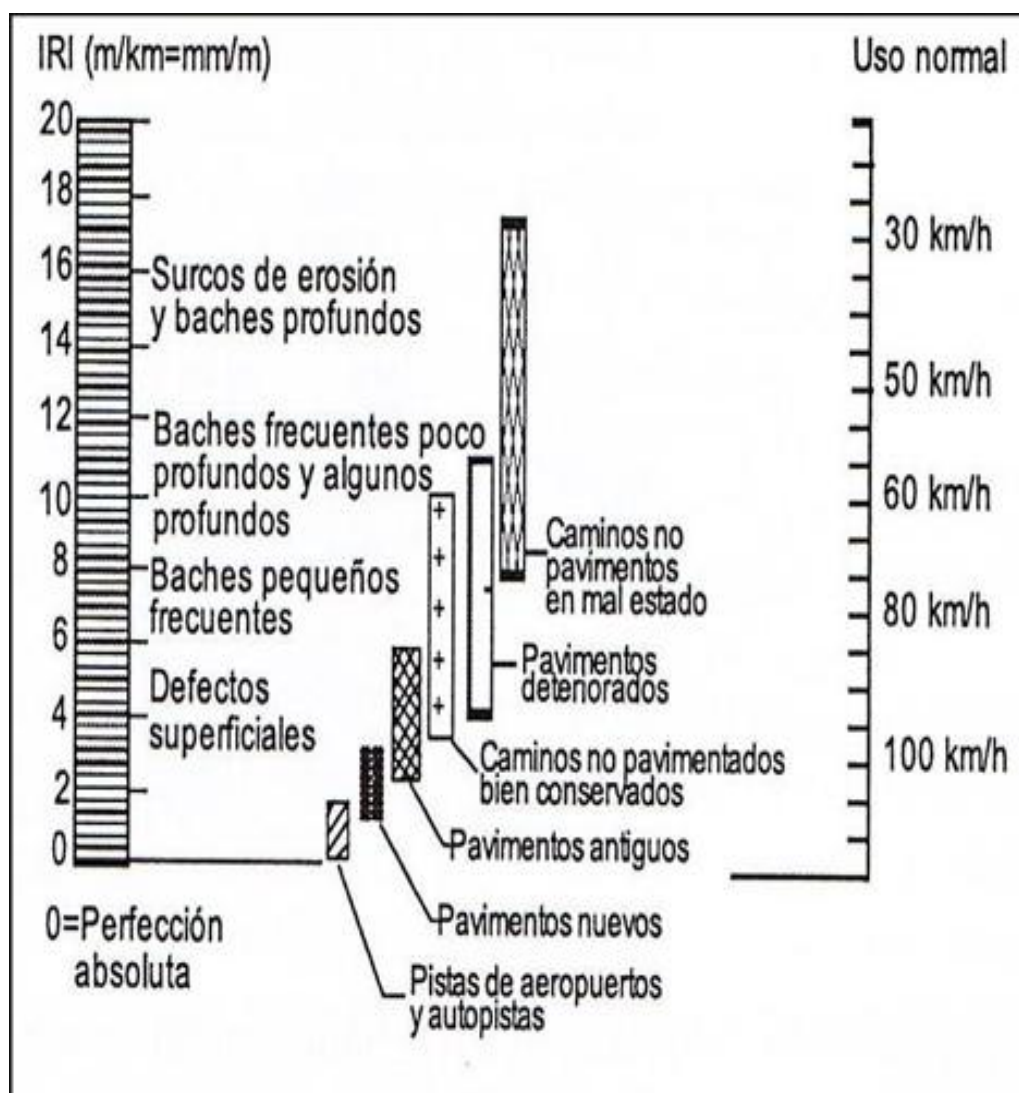


Fig. 3. Rugosidad en diferentes pavimentos [16].

El manual sobre Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos ofrece información sobre la rugosidad tanto de un pavimento recién construido como de uno existente que ha sido reforzado. Además, proporciona pautas para evaluar la rugosidad durante el período en que el pavimento está en uso.

TABLA II
RUGOSIDAD ADMISIBLE IRI (M/KM) SEGÚN TIPO DE CARRETERA [15]

Tipo de carretera	Rugosidad Característica			Observación
	Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Durante el Período de Servicio IRI (m/km)	
Autopistas, carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Confiabilidad del 95%
Carreteras Duales o Multicarril; carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Confiabilidad del 95%
Carreteras de Primera Clase, carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	2.50	3.00	4.00	Confiabilidad del 95%
Carreteras de Segunda Clase, carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	2.50	3.00	4.00	Confiabilidad del 90%
Carreteras de Tercera Clase; carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	3.00	3.50	4.50	Confiabilidad del 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito; carreteras con un IMDA \leq 200 y 201 veh/día, de una calzada	3.00	3.50	4.50	Confiabilidad del 85%

Índice de Serviciabilidad (PSI)

Este índice es una medida cuantitativa de la calidad de servicio que ofrece un tramo de pavimento visto desde la óptica del usuario, mediante la calibración de modelos estadísticos en función de las características superficiales del pavimento utilizando principalmente el IRI y se clasifica conforme a la guía AASHTO 1998 [17].

Para correlacionar el PSI y el IRI, se usa con la fórmula siguiente:

$$PSI = 5 \times e^{-0.0041 \times IRI}$$

En el cual: PSI = Índice de Serviciabilidad

IRI = Índice Internacional de Rugosidad

$e = 2.71828183$ (base de los logaritmos neperianos).

Esta fórmula y dichos valores se obtiene el resultado en pulgadas por milla por lo que es necesario pasar a metros por kilómetro. A continuación, se muestra una imagen con la conversión ya realizada.

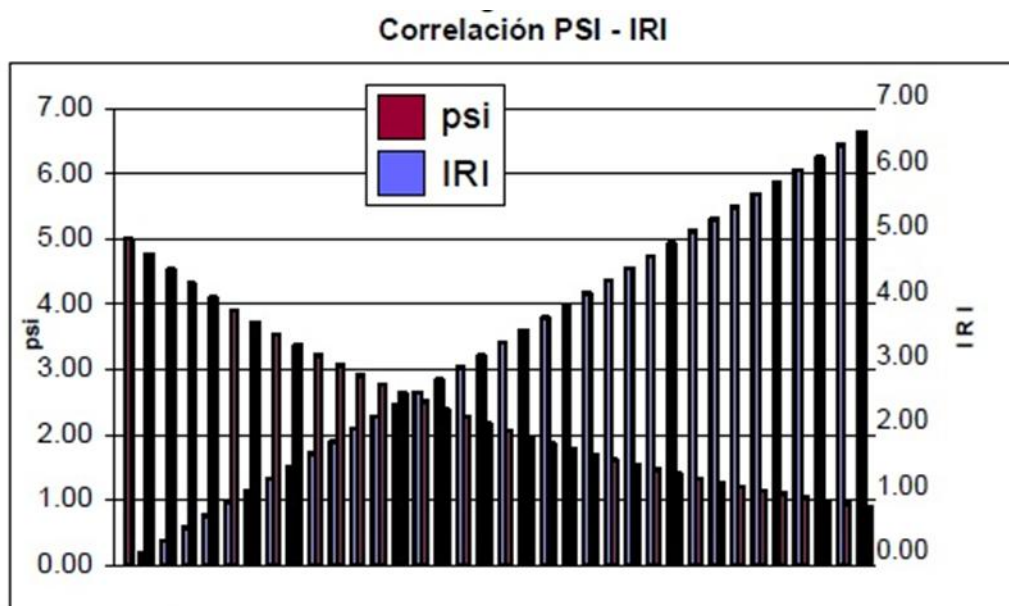


Fig. 4 Correlación PSI – IRI [18]

TABLA III

CALIDAD DE SERVICIO - PSI

Estado	PSI
Muy mala	0 - 1
Mala	1 - 2
Regular	2 - 3
Buena	3 - 4
Muy buena	4 - 5

Métodos de medición del IRI

Existen cuatro métodos para evaluar la rugosidad de un pavimento, clasificados según la precisión y el tipo de equipos utilizados. Esta clasificación se presenta en el documento técnico N° 46 “Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements” del Banco Mundial y la norma ASTM E-950-98. [19]

- a) **CLASE 1:** Se considera que este método proporciona mediciones altamente precisas y reproducibles de irregularidad superficial de la capa de rodadura. Se basa en la obtención de un perfil longitudinal con abscisas a cada 0.25m y cotas a 0.5mm de precisión, utilizando equipos como el perfilómetro TRRL Beam, Nivel topográfico. Al tener tal grado de precisión puede presentar la desventaja de necesitar un esfuerzo considerable para llevar a cabo la medición de la rugosidad. Esto se debe al costo asociado y al considerable tiempo que demanda para realizar mediciones en tramos de longitud reducida. Por lo que este método se usa mayormente para validar otros métodos o para obtener datos altamente precisos [20].
- b) **CLASE 2:** Esta categoría engloba todas las otras metodologías en las cuales se registra el perfil para calcular directamente el IRI, aunque no logran alcanzar la precisión requerida de la Clase 1. Las herramientas empleadas son perfilómetros de alta velocidad como los APL Trailer y los GMRTYPE Inertial Profilometer, los resultados obtenidos se expresan en unidades IR. Estos equipos utilizan acelerómetros en la carrocería del automóvil para registrar el movimiento vertical y calcular el perfil longitudinal. [20]
- c) **CLASE 3:** Estos métodos, también conocidos como métodos "tipo respuesta", utilizan una fórmula de correlación o calibración para calcular el IRI. Esta ecuación se obtiene experimentalmente para cada patrón utilizado y se basa en el movimiento de un vehículo en suspensión sobre el pavimento, teniendo en cuenta que cada vehículo tiene una respuesta diferente según el tiempo de la prueba. Algunos equipos son el Mays Meter, Bump Integrator y el NAASRA Meter. [20]
- d) **CLASE 4:** Esta categoría engloba métodos usados cuando se necesitan indicadores vinculados con la escala del IRI, pero no son precisos y se emplean en situaciones donde no se cuenta con equipos de alta precisión como en otras categorías. Pueden ser clasificaciones subjetivas o mediciones no calibradas, como evaluaciones derivadas de la experiencia de desplazamiento o inspecciones visuales en la carretera en situaciones donde la precisión no es crucial, pero se necesita una base de datos de rugosidad.

Equipos de medición del IRI

- a) **Mira y nivel:** El más popular para medir perfiles, consta de una mira de precisión marcada en unidades convenientes, un nivel y mira topográfica utilizadas con el fin de definir la cota horizontal de referencia y utilizar una cinta métrica para registrar la distancia longitudinal siguiendo la trayectoria de la rueda.

Se utilizan para levantar perfiles topográficos a una distancia de 25cm con una precisión de 0,5mm. Los valores obtenidos se convierten a unidades IRI mediante un programa computarizado. Sin embargo, una de sus principales desventajas es su bajo rendimiento, ya que la fase de recopilación de datos es más lenta en relación con otros equipos.



Fig. 5. Mira y Nivel.

b) Perfilómetro Láser: Es un dispositivo que mediante tecnología láser y acelerómetros inerciales realiza la medición de distancias. Está diseñado para registrar los perfiles longitudinales y transversales de las carreteras, además de recopilar datos de textura al mismo tiempo.



Fig. 6. Perfilometro laser.

c) **Dipstick y Walking Profiler:** Son equipos utilizados para evaluar la rugosidad de las carreteras, con el Dipstick siendo más básico y el Walking Profiler ofreciendo potencialmente características más avanzadas.

- **Dipstick** es un dispositivo portátil que se desplaza a pie a lo largo de la superficie de la carretera. Consiste en una vara o bastón con un sensor en el extremo que registra las irregularidades del pavimento. Este sensor mide la verticalidad de la superficie y, a partir de ello, se calculan parámetros de rugosidad como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).



Fig. 7. Dipstick.

- **Walking Profiler** también se desplaza a pie y registra las irregularidades de la superficie, pero puede estar equipado con tecnología más avanzada, como sensores láser o sistemas de posicionamiento global (GPS), que mejoran la precisión y la eficiencia de la medición.



Fig. 8. Walking Profiler.

- d) **Perfilógrafo California:** Consiste en una placa metálica montada en un marco con ruedas que se desplaza sobre la superficie del pavimento. La placa tiene un perfil conocido que se utiliza como referencia para medir las irregularidades del pavimento. Durante el movimiento, un lápiz registra las variaciones de altura en un gráfico, creando un perfil longitudinal de la superficie.



Fig. 9. Perfilógrafo California.

- e) **Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS):** Los Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS, por sus siglas en inglés, Response-type Road Roughness Measurement Systems) registran la respuesta de un vehículo en suspensión al pasar sobre la superficie del pavimento. Los RTRRMS registran los movimientos verticales del eje trasero del automóvil o de la alineación del eje del remolque respecto al chasis del vehículo, midiendo así la respuesta del vehículo a la irregularidad del camino, sin ofrecer una medida precisa de la suavidad de la superficie.

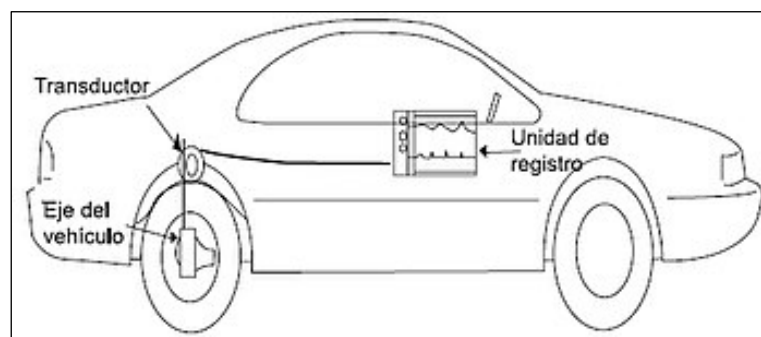


Fig. 10. Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS).

Rugosímetro Merlín

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el Rugosímetro Merlín (acrónimo de Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basado en el principio del perfilómetro estático. El objetivo era crear un dispositivo económico y de fácil manejo que proporcionara resultados confiables en la medición de la rugosidad de superficies. Este enfoque buscaba mejorar la accesibilidad a la evaluación de la calidad de los pavimentos.

El rugosímetro de Merlin es un dispositivo utilizado para medir la rugosidad de las superficies, evaluando las irregularidades microscópicas que pueden influir en propiedades como la fricción y la adherencia. Utiliza un sensor de desplazamiento que registra las variaciones en altura mientras se desplaza sobre la superficie, permitiendo calcular parámetros como la profundidad máxima de las irregularidades.



Fig. 11. Uso del rugosímetro Merlín.

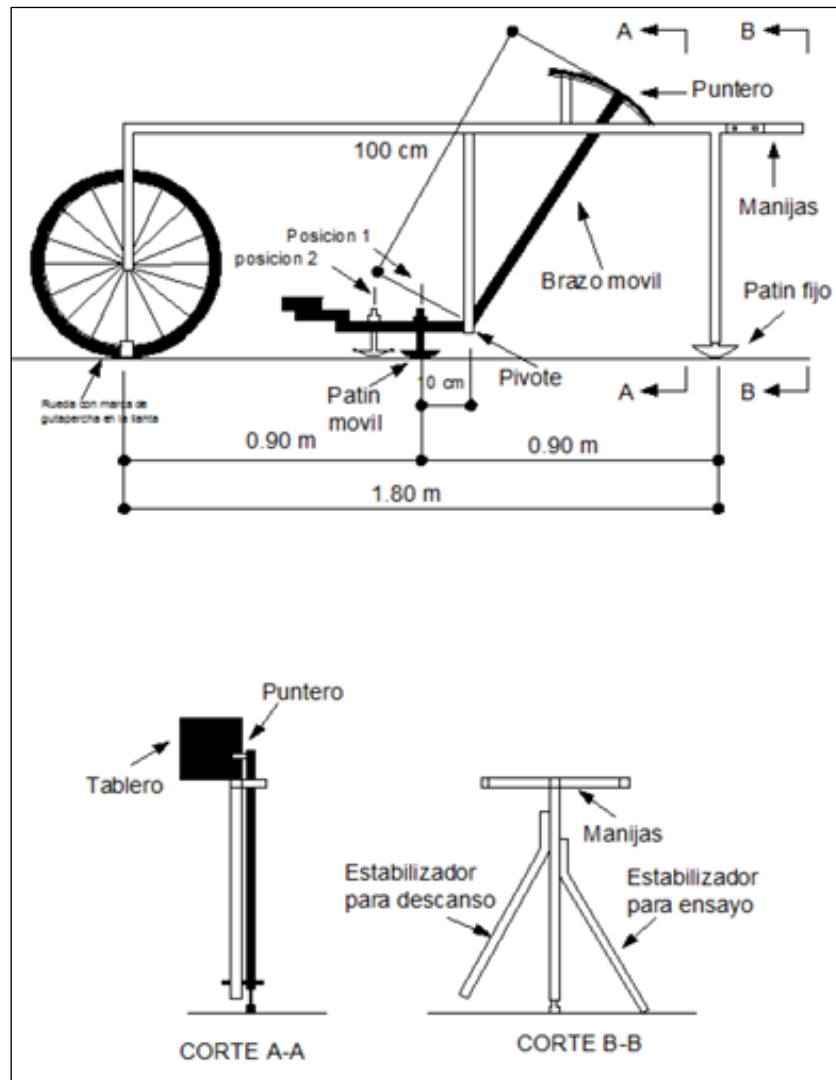


Fig. 12. Esquema del Rugosímetro MERLIN [17].

El dispositivo descrito es una representación básica de un rugosímetro de tipo Merlín. Consiste en una estructura horizontal con una barra vertical en su centro que sostiene un brazo móvil. En la parte inferior de este brazo se encuentra un patín ajustable que entra en contacto directo con el pavimento, adaptándose a sus imperfecciones. El extremo superior del brazo sostiene un puntero o indicador que se desplaza encima de un tablero graduado según la posición del patín en el pavimento. La escala del tablero está dividida en 50 divisiones de 5 mm cada una para registrar los valores indicados por el puntero

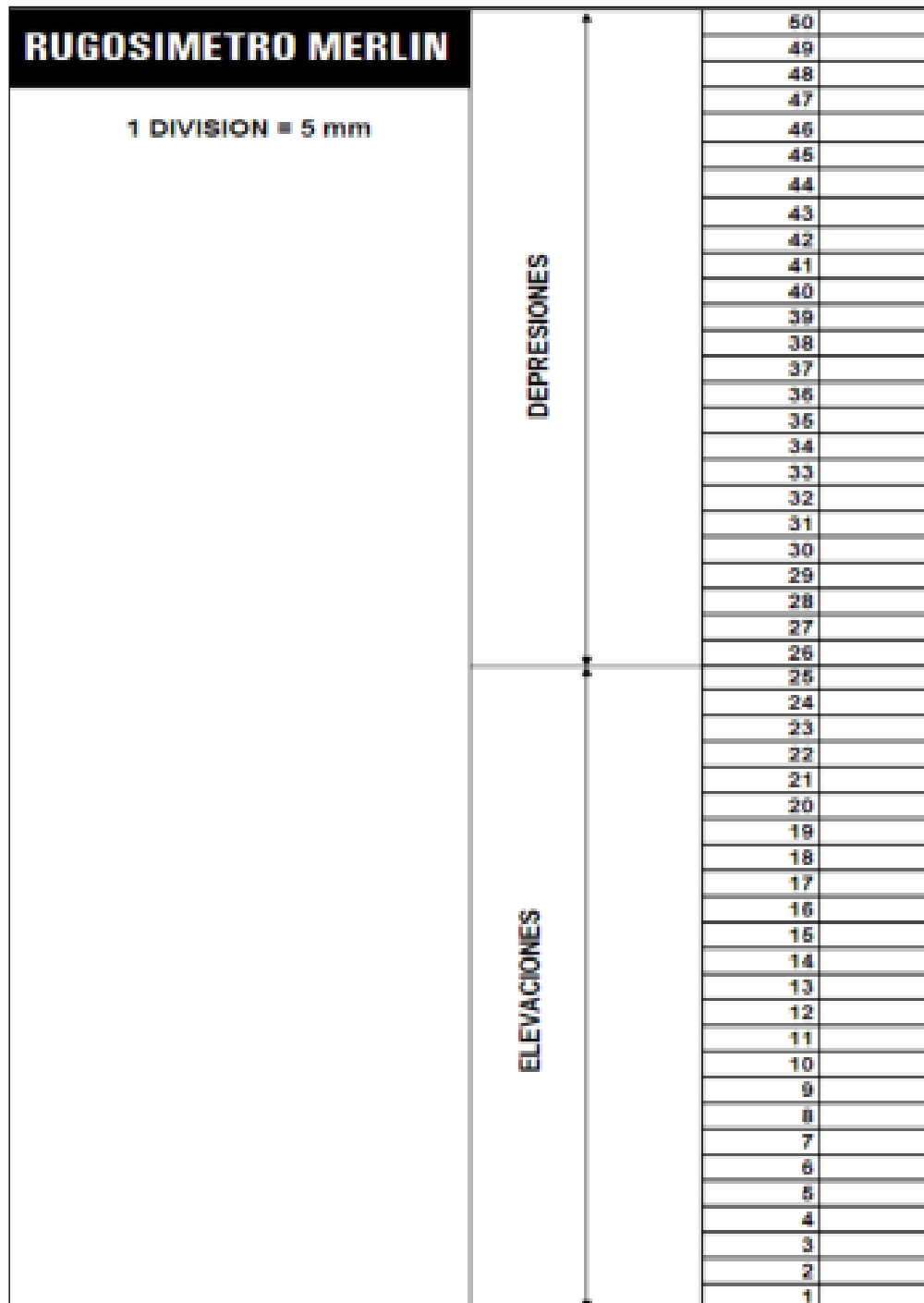


Fig. 13. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio [17].

La rugosidad del pavimento se determina midiendo las desviaciones verticales respecto a una línea promedio. El rugosímetro Merlín mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de esta línea, llamado "desviación respecto a la cuerda promedio". Esta técnica proporciona una evaluación precisa de la calidad del pavimento, permitiendo decisiones efectivas de mantenimiento y reparación.

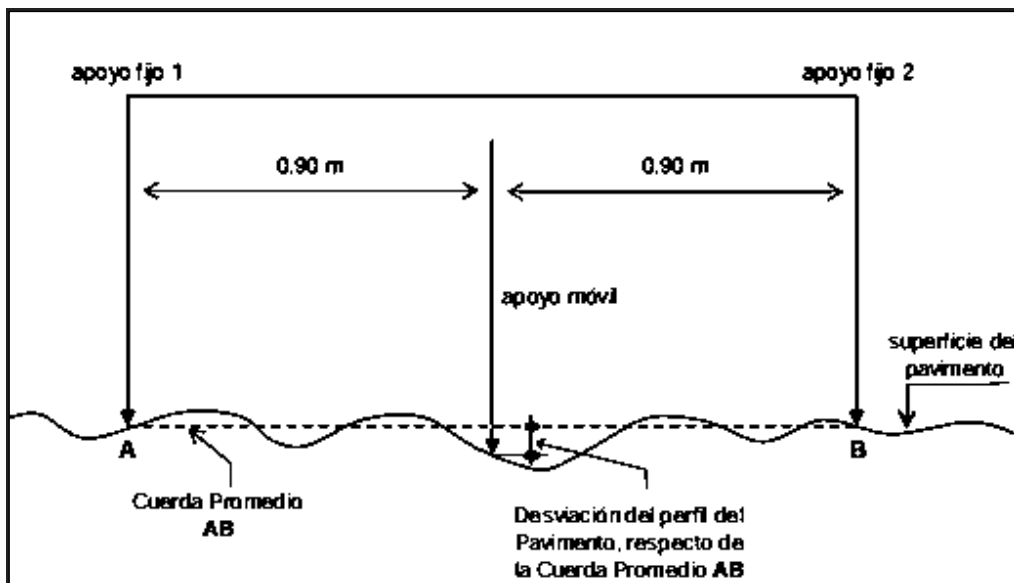


Fig. 14. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio [17].

Para asegurar mediciones precisas, se utiliza una cuerda promedio de 1.80m y se realizan 200 mediciones consecutivas a lo largo del camino, con intervalos constantes. La dispersión de estas mediciones se correlaciona con la rugosidad mediante un histograma de frecuencias. Se calcula el Rango de la muestra (D) después de eliminar el 10% de las observaciones extremas, y este valor representa la rugosidad del pavimento en "Unidades Merlín".

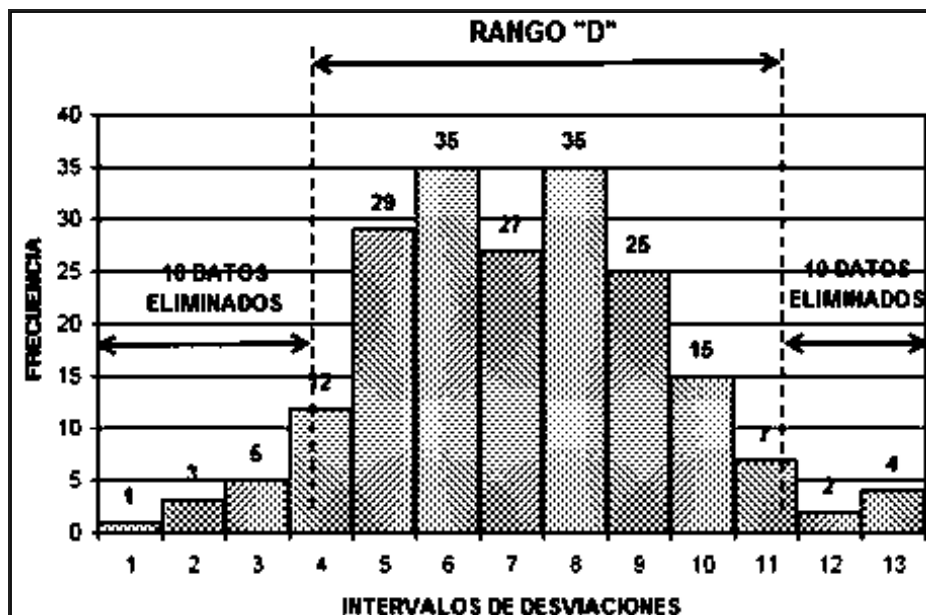


Fig. 15. Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva [17].

ProVAL

ProVAL (PROFILE VIEWING AND ANALYSIS) Es un software de ingeniería especializado en el análisis y visualización de perfiles de pavimento. Permite a los ingenieros y técnicos evaluar la calidad de la superficie de las carreteras a través de datos de perfil longitudinal, el índice de regularidad internacional (IRI) y otras métricas relacionadas con la condición del pavimento. Este software se emplea tanto en proyectos de construcción de carreteras nuevas como en el mantenimiento de infraestructuras viales existentes, ayudando a garantizar que cumplan con los estándares de calidad y seguridad según los desarrolladores (The Transtec Group) y sus clientes de EE.UU., Federal Highway Administration – FHWA (La Administración Federal de Carreteras), y el Programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP).

Para usarlo se comienza importando los datos de perfil obtenidos de dispositivos de medición (como rugosímetros o nivel topográfico y mira) al software. Este soporta diferentes formatos de archivo estándar en la industria vial. Permite ver los perfiles de la carretera en gráficos, lo que ayuda a identificar irregularidades y áreas que requieren atención.

ProVAL dentro de sus pestañas incluye herramientas para calcular métricas como el IRI, la altura de rugosidad y otros índices que evalúan el pavimento. También simula el impacto de cambios en el perfil y modelar posibles estrategias de rehabilitación, facilitando la toma de decisiones y crea informes detallados con gráficos y análisis.

Aplicativo móvil TotalPave

Es una aplicación móvil tanto para Android como IOS que ha sido desarrollada por TotalPave Inc usada mediante una suscripción de pago. Es un método de clase 4 para medir el IRI, que utiliza el acelerómetro y GPS del teléfono para recopilar datos mientras se realiza un recorrido por la vía en un vehículo, a velocidad constante entre 20 a 90 Km/h. Al terminar el recorrido, los datos recopilados son enviados de forma inalámbrica ya sea WIFI o Datos móviles a un servidor de TotalPave donde se usan para obtener el valor de IRI para las secciones establecidas previamente en la vía.

También facilita la inspección visual del pavimento mediante la toma de fotos y evaluaciones que sirven como base para su análisis y mantenimiento. Además, permite realizar un mantenimiento predictivo basado en los datos recopilados, optimizando las decisiones de inversión en infraestructura vial. Por último, ayuda en la gestión eficiente de inventarios viales, priorizando intervenciones de acuerdo con las necesidades detectadas.



Fig. 16. Icono aplicación móvil TotalPave IRI

Una vez realizado el pago de la suscripción, se te proporcionara un usuario y contraseña para acceder a la aplicación y a la plataforma virtual donde se visualizarán los resultados de los tramos evaluados mediante segmentos de 100 m.

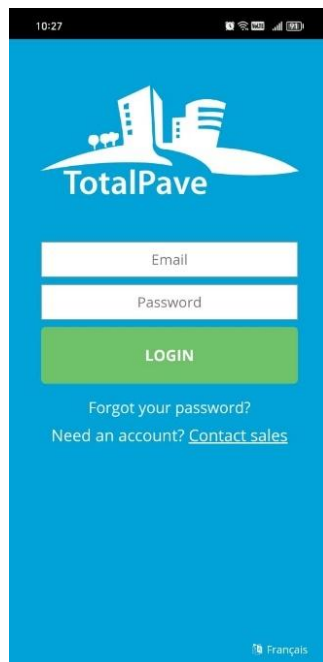


Fig. 17. Interfaz de acceso al aplicativo TotalPave IRI

El procedimiento de uso del Total Pave es sencillo: Ya teniendo instalada y con acceso a la aplicación, se ubica el smartphone en el parabrisas del vehículo mediante un soporte, en el que este debidamente nivelada. Se presiona el botón de “START” para recoger el IRI en el inicio del recorrido a una velocidad mayor que 20 km/h, una vez terminado el tramo se finaliza la obtención de datos presionando “STOP”. Luego de esto se sube a la nube ingresando en el apartado “Logs”.

Los primeros podrían aparecer en la nube entre 24 a 48 horas, los posteriores en minutos.

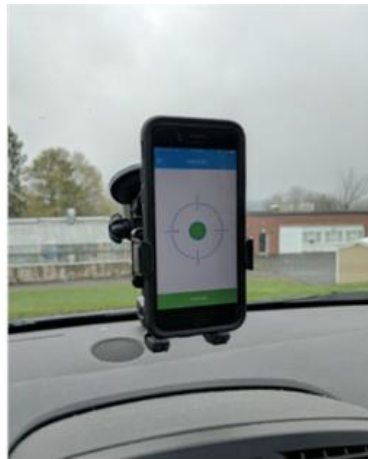


Fig. 18. ubicación del smartphone en el parabrisas de vehículo

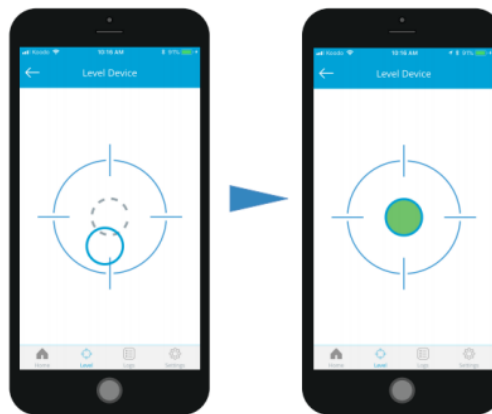


Fig. 19. Nivelación del dispositivo



Fig. 20. Mapa de valores de IRI

Materiales y métodos

Tipo de investigación

En este estudio, se llevó a cabo una investigación cuantitativa y comparativa con el fin de determinar cuál de los tres métodos Rugosímetro merlín, método topográfico (mira y nivel) y aplicativo TotalPave usados para la medición de la regularidad o rugosidad de un pavimento es más efectivo.

Nivel de investigación

Es de nivel descriptivo ya que se enfocó en observar y describir las características de los métodos y la recolección de datos para determinar la efectividad de los métodos. Además, se puede clasificar como una investigación aplicada, la cual tiene fines prácticos, orientados a resolver problemas identificados en un área específica del conocimiento.

Diseño de investigación

Se empleo un diseño descriptivo no experimental ya que permita describir para cada uno de los métodos Rugosímetro merlín, método topográfico (mira y nivel) y el aplicativo TotalPave usados para evaluar la irregularidad del pavimento tal como ocurren en su entorno natural para analizarlos posteriormente. Además, es de tipo transeccional porque se obtendrán datos en un momento específico.

Hipótesis

El aplicativo TotalPave es tan preciso como el rugosímetro Merlín y método topográfico, pero requiere menos tiempo y es más económico en la recolección de datos de rugosidad de carreteras.

Variables

a) Variable independiente: métodos de evaluación del IRI para el diagnóstico de la uniformidad superficial del pavimento

- Método de Rugosímetro Merlín (Clase 1)
- Método topográfico (Mira y Nivel) (Clase 1)
- Aplicativo TotalPave (clase 2 y 3)

b) Variable Dependiente: Efectividad del método

Operacionalización de variables

TABLA IV
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE		INDICADOR	UND	Instrumento de medición
TIPO	DESCRIPCIÓN			
Independiente: Métodos de evaluación del IRI	Método Merlín	Rango “D” magnitud de la dispersión de las desviaciones verticales de la superficie del pavimento respecto de una cuerda promedio de 1.80 metros.	- Unidades Merlín - m/km	Rugosímetro Merlín INV E 790
	Método topográfico	La diferencia de altura entre puntos de referencia en la superficie del pavimento.	- cm - m - m/km	Mira y Nivel topográfico ASTM E-950-98
	Aplicativo TotalPave	Cálculo de dos valores de IRI en tiempo real usando los datos de rugosidad medidos por el smartphone.	m/km	TotalPave IRI ASTM E1215-93
Dependiente:	Efectividad del método	Evaluación de la precisión, mediante el error porcentual de los métodos.	%	Hojas de calculo
		Análisis del rendimiento de los métodos, de acuerdo a la cantidad de kilómetros de pavimento flexible evaluados por día.	Km/h	Hojas de calculo
		Análisis de los costos unitarios de los métodos.	Soles/km	Hojas de calculo

Población y muestra

Población: Esta investigación tiene como población 4 km de la carretera LA-116 Pomalca – Casa de madera, el tramo comprendido desde el Km2+0.00 hasta el Km6+0.00 en el CP Casa de madera.

Muestra: Las Unidades de Muestra depende de cada método a implementarse en la carpeta asfáltica de la carretera LA-116.

Para calcular el número Total de Unidades de Muestra UM presentes en la sección de carretera LA-116 evaluada, se realizó con la ecuación siguiente:

$$N = \frac{\text{Long Proyecto}}{\text{Long UM}}$$

Donde: N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento de la carretera.

Long. Proyecto: La longitud total del proyecto a evaluar (m)

Long, UM: La longitud de la unidad de muestra seleccionada Número Mínimo de Unidades a Evaluar

a) Muestra para el método de rugosímetro Merlín: Longitud del proyecto es 4 km por cada carril del tramo de la carretera LA-116. Con una unidad de muestra de muestra de 400 m.

Número Total de Unidades de Muestra:

$$N = \frac{\text{Long Proyecto}}{\text{Long UM}}$$

$$N = \frac{4000m}{400m} = 10$$

$$N \text{ Total} = \text{Carril Derecho} + \text{Carril Izquierdo}$$

$$N \text{ Total} = 10 + 10 = 20$$

Tendrá una subdivisión de 10 muestras para cada carril, siendo un total de 20 muestras. Una muestra contiene los datos de la huella externa e interna de cada carril.

b) Nivel y mira (Método topográfico): La muestra se seleccionará de acuerdo a norma de un tramo de 320 metros para cada huella de carril izquierdo de ESTE a OESTE y derecho de OESTE a ESTE del tramo de la carretera LA-116, donde tengan la menor cantidad de singularidades, tomándose mediciones cada 0.25 m.

c) **Aplicativo TotalPave:** Longitud del proyecto es 4 km por cada carril del tramo de la carretera LA-116. Este aplicativo cuenta con una unidad de muestra de 100 m.

Número Total de Unidades de Muestra:

$$N = \frac{\text{Long Proyecto}}{\text{Long UM}}$$

$$N = \frac{4000}{100} = 40$$

Tendrá una subdivisión de 40 muestras para cada carril, siendo un total de 80 muestras.



Fig. 21. Localización de la carretera LA-116.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Esta investigación se realizó con la técnica de observación, realizándose una visualización de manera sistemática, directa y objetiva, recopilando de información in-situ para la obtención de datos mediante el aplicativo TotalPave, Rugosímetro Merlín y el Nivel y mira (Método topográfico).

La recolección de datos se realizó con los siguientes instrumentos:

- Nivel topográfico marca Topcon modelo AT-B4 y una mira de aluminio.
- Rugosímetro Merlín de acero proporcionado por la Constructora y Consultoría A&R S.A.C.
- Aplicación TotalPave, con una suscripción mensual, instalada en el smartphone Honor X8b el cual cuenta con GPS y acelerómetro.

Recolección de datos con Rugosímetro Merlín:

Para realizar la recolección de datos, se contó con un operario que movilizó el rugosímetro Merlín e hizo la lectura de los datos mostrada por el puntero del brazo móvil, y dos auxiliares que realizaron la toma de apuntes y el desvío del tránsito.

Se utilizó un formato para la toma de 200 lecturas que consta de 20 filas y 10 columnas; comenzando en la celda (1,1), y se completaron los datos de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

ENSAYO PARA LA MEDICION DE RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO	:	_____									
UBICACIÓN	:	_____									
RESPONSABLE	:	_____									
TRAMO	:	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	FECHA:	_____
CARRIL	:	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	HUELLA:	_____
ENSAYO	:	_____									
Progresiva Inicial:	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Progresiva Final:	_____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12
										13
										14
										15
										16
										17
										18
										19
										20

TTIPOS DE PAVIMENTO	
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>
TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>
CARP. EN FRIO	<input type="checkbox"/>
CARP. EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
RECAPERO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Fig. 22. Formato de campo para la toma de datos

Coordenada de inicio del ensayo $6^{\circ}46'35.65''S$, $79^{\circ}45'28.70''O$ progresiva 2+000 y la coordenada final $6^{\circ}47'43.42''S$, $79^{\circ}43'43.82''O$ en la progresiva 6+000.

Para iniciar con el procedimiento del ensayo, primeramente, se realizó la calibración del rugosímetro determinando el factor de corrección del equipo, por medio de la colocación de un calibrador de 5.50mm de espesor en el eje del pavimento, realizando dos lecturas una con el calibrador y otra sin este. Además, se marca una señal en la rueda que servirá como guía para la toma de datos cada 2 m pues es aproximadamente la circunferencia de la llanta.



Fig. 23. Calibración del rugosímetro Merlín



Fig. 24. Marca de la rueda para la toma de muestras

Una vez calibrado el equipo se ubicó sobre la huella vehicular con la marca de la rueda en el punto de inicio, luego se desplaza hasta que la marca este nuevamente tangente al suelo, estacionamos el equipo apoyado en tres puntos fijos: la rueda, el soporte trasero y el pivote. Tomando la primera lectura al ver el numero de la escala del tablero que el puntero señala, este es un valor entre 1 y 50, después se levantó de las manijas y se desplaza dando una vuelta

entera a la llanta y nuevamente se estaciona el Merlín para tomar la siguiente lectura, este procedimiento se repitió en cada punto posterior hasta recoger 200 observaciones.



Fig. 25. Inicio del ensayo y toma de datos con el equipo de Merlín



Fig. 26. Tablero con las escalas del equipo de Merlín



Fig. 27. Toma de datos

El procedimiento de toma de datos se realizó a lo largo del tramo de 4km de la carretera estudiada para las huellas externa e interna de cada carril alcanzando así un total de 40 muestras para obtener con estos datos su Índice de Rugosidad Internacional.

Al finalizar el ensayo se realizó el cálculo del rango “D”, al obtener los 200 datos se empleó una escala de 50 unidades colocada en el tablero, este cálculo se utilizó para saber si el pavimento tiene una baja rugosidad observando si la dispersión de datos es baja, esto se da siempre que las posiciones en las que se ubique el puntero coincidan con 25 o sean próximas a este. En cambio, si hay una dispersión alta por que los datos se alejan del 25 el pavimento tendrá una dispersión alta y por lo tanto el pavimento una rugosidad elevada. Esta dispersión se analizó calculando la distribución de frecuencias de las lecturas, para la cual se expresó en forma de histograma.

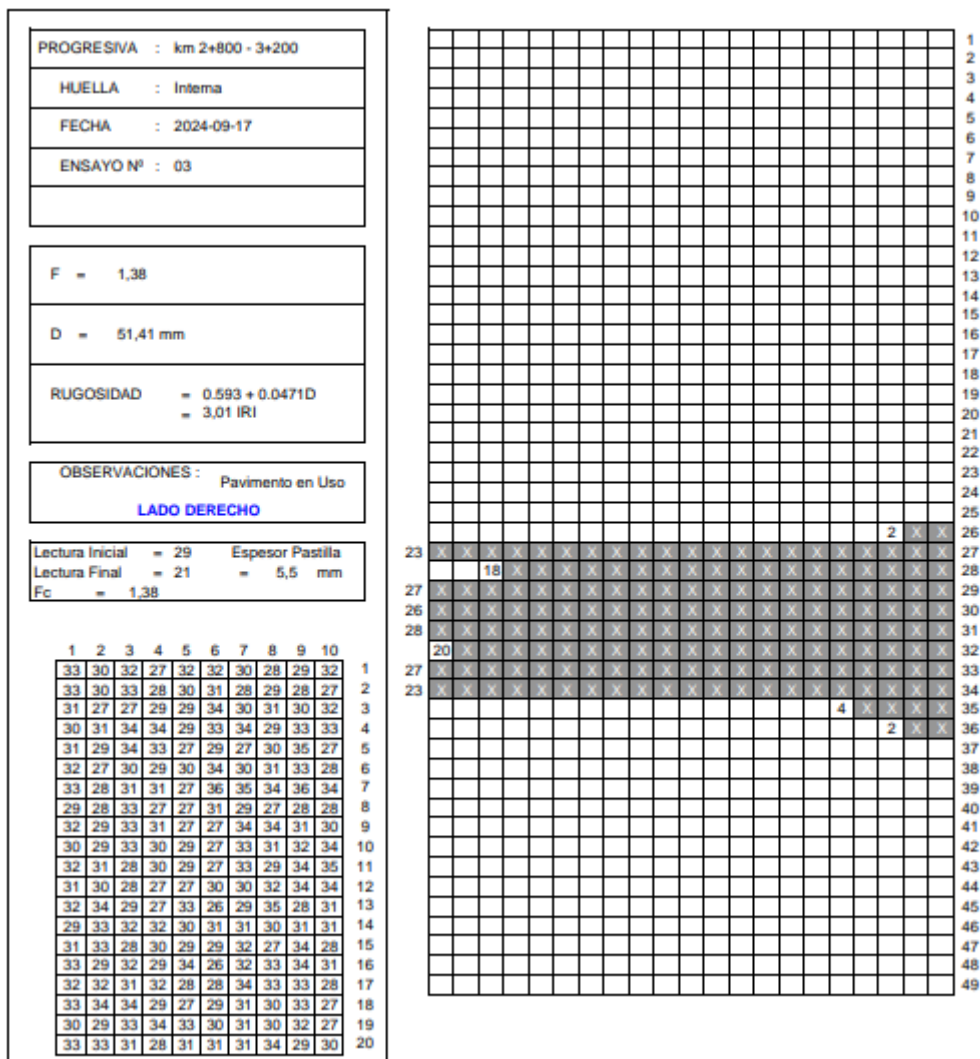


Fig. 28. Histograma para la progresiva km 2+800 - 3+200, de la huella externa del carril derecho

- **Factor de corrección para el ajuste D**

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 5.50 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Para este caso se obtuvo un factor de corrección para los siguientes carriles:

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

TABLA V
FACTOR CORRECCIÓN "D"

LA-116						
TRAMO	CARRIL	HUELLA	LECTURAS		DIAMETRO DE PASTILLA (mm)	FACTOR DE CORRECCIÓN
			INICIAL	FINAL		
km 2+000 - 6+000	DERECHO	INTERNA	29	21	5,5	1,38
		EXTERNA				
	IZQUIERDO	INTERNA	30	22		1,38
		EXTERNA				

- **Determinación de la Rugosidad en unidades IRI**

Para transformar la Rugosidad de unidades Merlín a la escala del IRI, el cual sirve como estándar para homogeneizar los resultados obtenidos de la amplia variedad de equipos disponibles en la actualidad, se emplean las siguientes fórmulas.

a) Ecuación I: Ecuación original establecida por el TRRL (pavimentos en servicio), cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D$.

b) Ecuación I: Ecuación de correlación establecida por experiencia peruana, cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$.

Aplicando la expresión para el caso de pavimentos en servicio $2.4 < IRI < 15.9$; se tiene:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471(51.41)$$

$$IRI = 3.01$$

Recolección de datos con Mira y Nivel:

El procedimiento para realizar la recolección de datos con la mira y nivel se dio teniendo en cuenta el “documento técnico número 45” realizado por el Banco Mundial. Para fines de la investigación para comparar la precisión con el rugosímetro merlín y el aplicativo TotalPave, se ha evaluado 320 m para cada carril que según el Banco Mundial en esta longitud el error es insignificante.

La medición para el carril derecho se hizo la toma de datos con el método topográfico desde la progresiva km 2+000 hasta km 2+320 de la carretera LA-116. Para que al comparar los resultados coincidan los puntos y que no haya dificultades. Así mismo para el carril izquierdo de la progresiva km 5+600 hasta km 5+920.



Fig. 29. Punto de inicio de la toma de datos en la progresiva km 2+000.



Fig. 30. Toma de datos entre la progresiva km 5+600 y 5+920.

Para realizar el procedimiento de la medición de puntos del método topográfico con la mira y nivel, se contó con una cuadrilla de un operario del equipo, dos auxiliares para sostener la mira, realizar el pintado de puntos de referencia, paralizar y desviar el tráfico, para la seguridad en el pintado de puntos de referencia y medición del perfil longitudinal de la carretera.

Primeramente, se pintaron puntos de referencia en los 320 m de la huella externa e interna de la rodadura del vehículo desde la progresiva km 2+000, con un espaciamiento de 25 cm ya que es el espaciamiento máximo para obtener IRI clase 1.



Fig. 31. pintado de los puntos de referencia cada 25 cm en la huella externa.



Fig. 32. Toma de BM para el tramo km 5+600 y 5+920.

Luego se procedió a instalar el nivel topográfico correctamente nivelada y en un lugar firme, se buscó un BM, las coordenadas del punto e inmediatamente se inició a tomar los datos del perfil longitudinal de la carretera para ambas huellas en una libreta topográfica.



Fig. 33. Toma de datos con el nivel topográfico y mira

- Cálculo del error de cierre y tolerancia

Se debe calcular el error de cierre (E_n) y la tolerancia para este error (T_n) utilizando las fórmulas:

$$E_n = (\sum VA - \sum VD) - (Q_f - Q_i)$$

$$T_n = m \sqrt{k}$$

$$E_n < T_n$$

Para que la recolección de datos sea considerada satisfactoria, el error de cierre debe ser menor que la tolerancia ($E_n < T_n$).

- **Variables:**

- E_n : Error de cierre.
- Q_f : Cota final.
- Q_i : Cota inicial.
- T_n : Tolerancia en mm.
- m : Factor según instrumento, método y nivelación (15 mm).
- k : Longitud total de nivelación en km.

Compensación de cotas:

Si el resultado anterior es satisfactorio, se procede a compensar las cotas mediante dos métodos: proporcional y cambios de estación.

- **Fórmulas:**

- Método proporcional:

$$c = -\frac{D_{ce}}{D_{ac}} \times E_n$$

$$C = -\frac{E_n}{N}$$

- **Variables:**

- c : Compensación proporcional.
- D_{ce} : Distancia hasta el cambio de estación.
- D_{ac} : Distancia total acumulada.
- C : Compensación por cambios de estación.
- N : Número de cambios de estación.

Finalmente, se obtendrán las cotas corregidas y satisfactorias para la investigación.

Una vez obtenido los datos de los perfiles, estos fueron procesados en Excel y luego guardados las cotas en formato "TXT". Para posteriormente emplear el software ProVAL 3.61, con el fin de calcular y graficar los IRI.

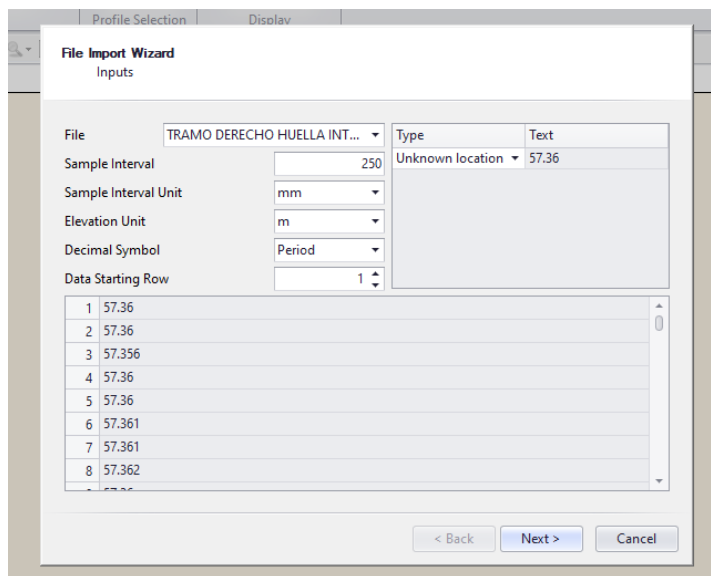


Fig. 34. Importación de datos en al ProVal, en intervalos de 250 mm y la elevación en m.

Una vez importados se podrá ver un perfil longitudinal en la pestaña Viewer elaborado por el programa.

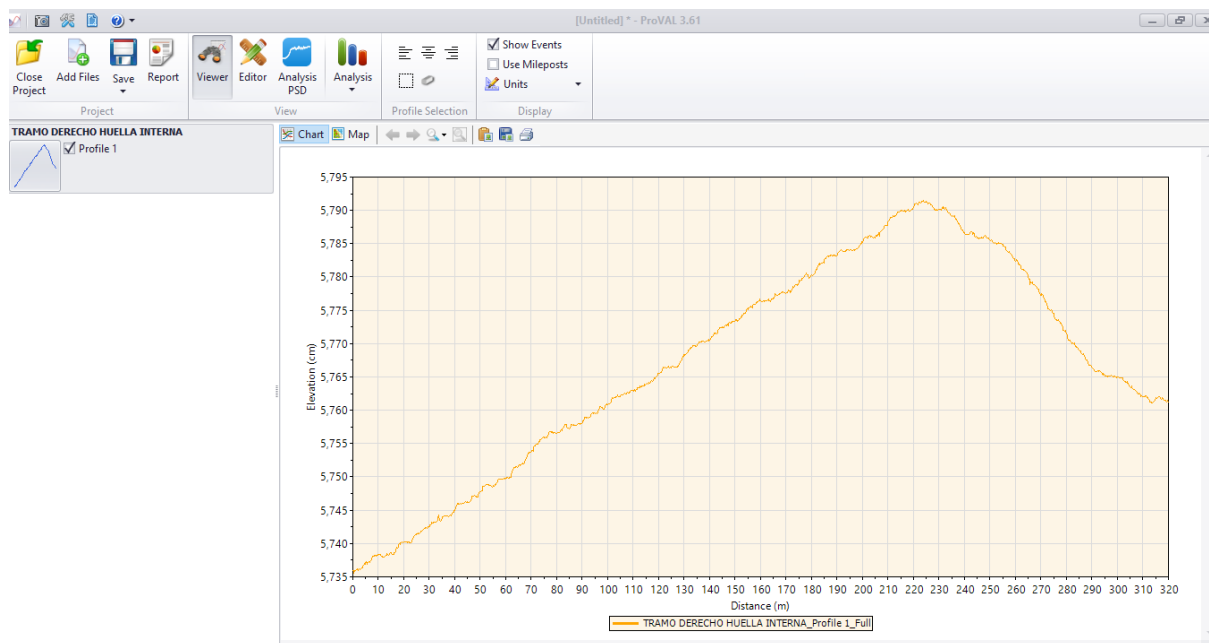


Fig. 35. Perfil longitudinal elaborado por ProVal.

En el ProVal, en su barra de herramientas se busco “Analysis RQ”, y en “Analysis Type” se ubico la opción “Overall” y luego en “Analyze” para observar el IRI en el tramo de 320 m. Y para poder segmentar el IRI en tramos de 100 metros y facilitar la comparación con los otros dos métodos se busca la opción “Fixed Interval” damos clic en “Analyze”, donde nos presentara los resultados en una tabla o en una gráfica. para poder segmentar el IRI en tramos de 100 metros y facilitar la comparación con los otros dos métodos, por último, damos clic en “Analyze”, donde nos presentara los resultados en una tabla o en una gráfica.

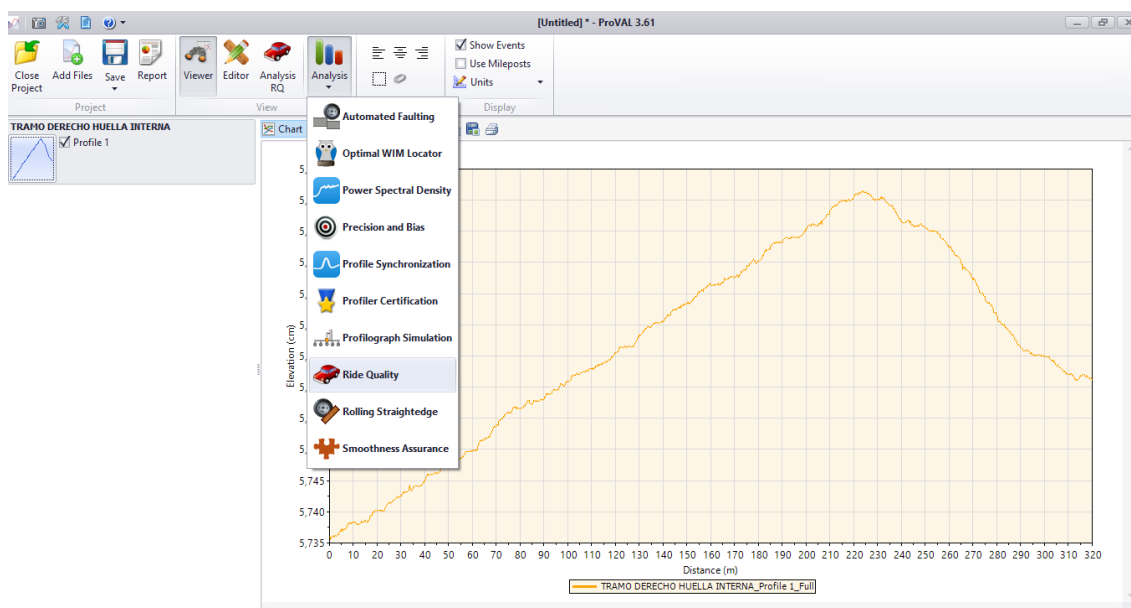


Fig. 36. Búsqueda de la opción Analisis RQ.

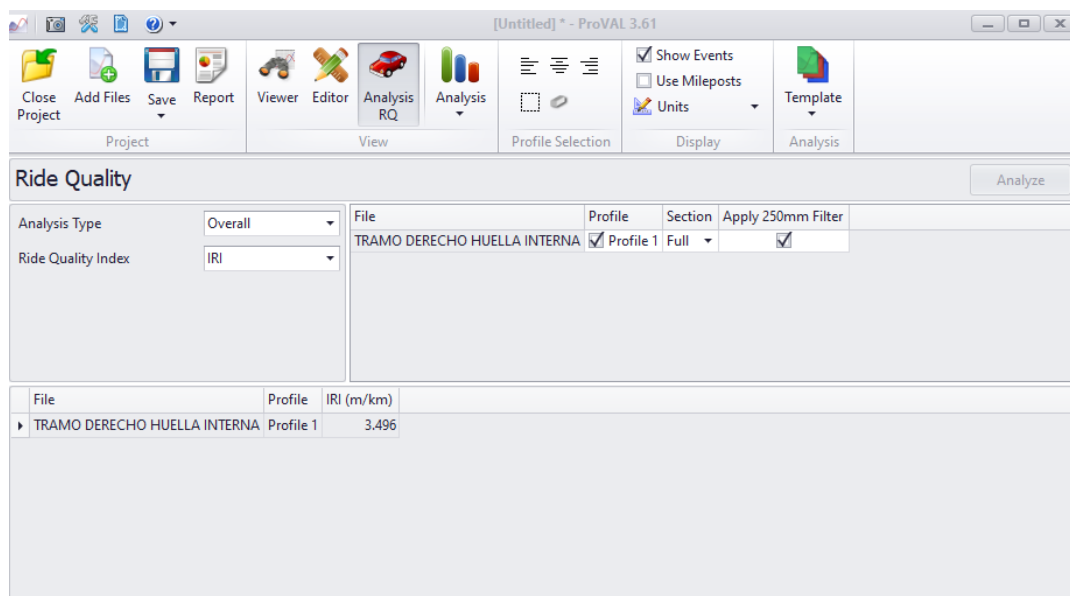


Fig. 37. IRI del tramo de 320 del carril derecho huella interna arrojada por el ProVal.

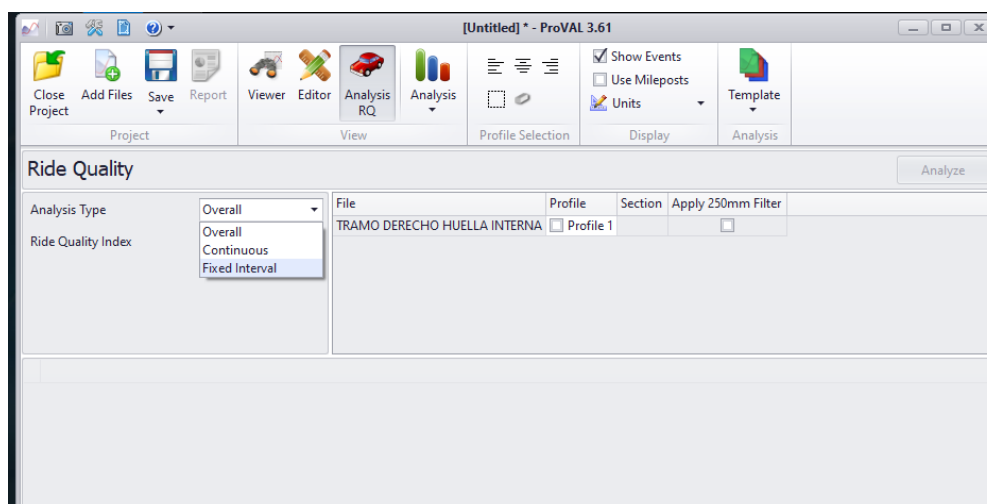


Fig. 38. Búsqueda de la opción Fixed Interval.

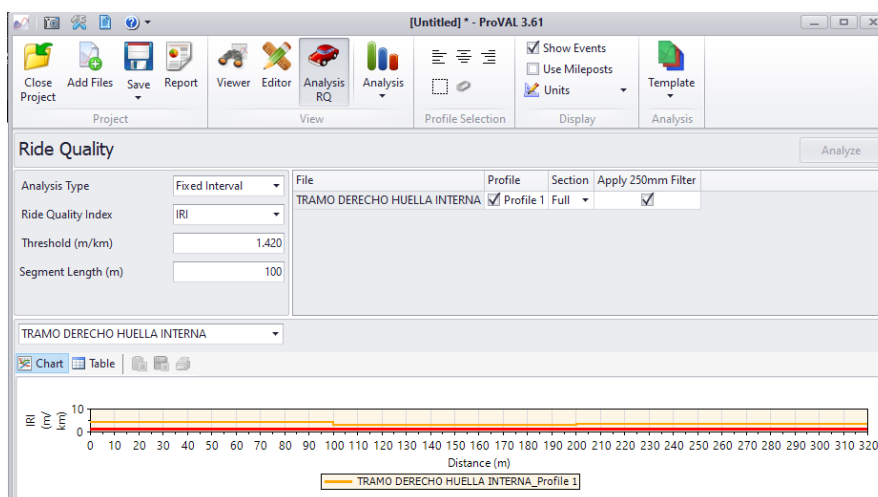


Fig. 39. Grafica en la opción Fixed Interval en segmentos de 100 m.

Recolección de datos con aplicativo TotalPave:

El aplicativo TotalPave ofrece un servicio de suscripción mensual o anual a través de su sitio web. La suscripción se gestiona mediante correo electrónico, donde un asesor detalla los servicios disponibles y el método de pago. Para esta investigación, se optó por una suscripción mensual de 30 dólares. La suscripción anual cuesta 300 dólares. Ambas modalidades permiten acceso completo a la plataforma, incluyendo recopilación ilimitada de datos, soporte para múltiples usuarios, obtención de datos IRI y acceso al portal web.

Ya obtenida la cuenta se procede a instalar el aplicativo móvil buscando en el Play store el aplicativo TOTAL PAVE IRI. Posteriormente se inicia sesión con la cuenta proporcionada.

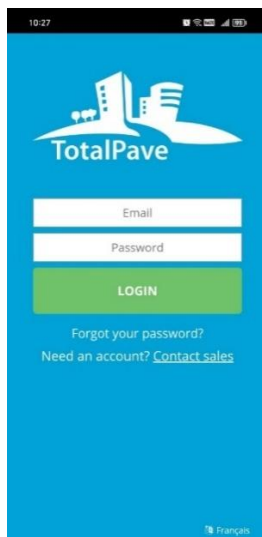


Fig. 40. Interfaz de acceso al aplicativo TotalPave IRI

Para comenzar, se estacionó el vehículo en una superficie nivelada y se realizó la instalación y nivelación del smartphone.



Fig. 41. Nivelación del smartphone en el vehículo.



Fig. 42. Inicio de la toma de datos presionando START.

Al llegar al punto de inicio del tramo a investigar progresiva km 2+000 de la carretera Sipán, se inició la recolección de datos con el botón "START". A medida que el automóvil avanzaba, el dispositivo recopilaba información hasta llegar a la progresiva km 6+000 en el CP Casa de madera, donde se detuvo la toma de datos del carril derecho presionando STOP.



Fig. 43. Aplicativo TotalPave registrando los datos de la carretera.

La aplicación cargó automáticamente la muestra en la nube, registrándola con fecha y hora. En este caso, el aplicativo tomó datos cada 100 m, generando 40 tramos de 100 m cada uno.

Para el carril izquierdo el proceso fue el mismo, presionando “START” en el hito 6+000, y al llegar al hito 2+000 pulsando “STOP”. Donde igualmente se generaron 40 tramos de 100 m cada uno.

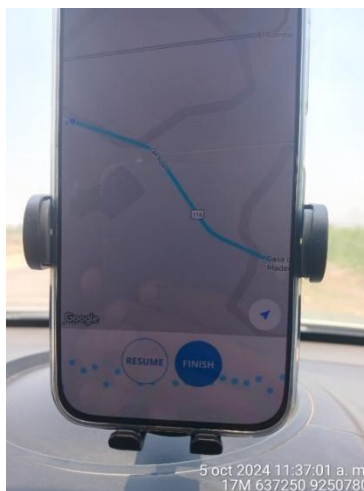


Fig. 44. Finalización de la toma de datos, se presiona en FINISH para que podamos registrar los datos en la nube.

Después de guardar los datos, el aplicativo registra automáticamente la información y, en un plazo de 24 a 48 horas, muestra el índice de rugosidad del pavimento. También realiza un promedio de ambos carriles para dar un IRI general para cada tramo de 100 m. Dando clic en el ID del tramo podemos desglosar cual a sido el IRI para cada carril.

Determinación del método más efectivo.

Para determinar el método más efectivo se realiza un análisis de sensibilidad usando los resultados de rendimiento (Km/día), costo (S/.) y precisión (% de similitud). Para ello se obtuvo coeficientes de valores normalizados en una escala de 0 a 1, cuyo calculo tuvo los siguientes criterios:

Precisión (%similitud): mayor es mejor, usando: $(x - z)/(y - z)$.

Rendimiento: mayor es mejor; $(x - z)/(y - z)$.

Costo: menor es mejor; $(x - y)/(y - z)$.

Donde x: valor obtenido por cada método; y: mayor valor de los métodos; z: menor valor de los métodos.

Al termino se hizo una suma para cada método y el valor más elevado es el más efectivo.

Resultados y discusión

RESULTADOS

TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Análisis de la precisión de los métodos empleados para el IRI

Resultados del IRI medido con Rugosímetro Merlín

En la siguiente imagen observa el recorrido realizado tanto para Oeste a Este y de Este a oeste en los únicos carriles destinados a estos sentidos.

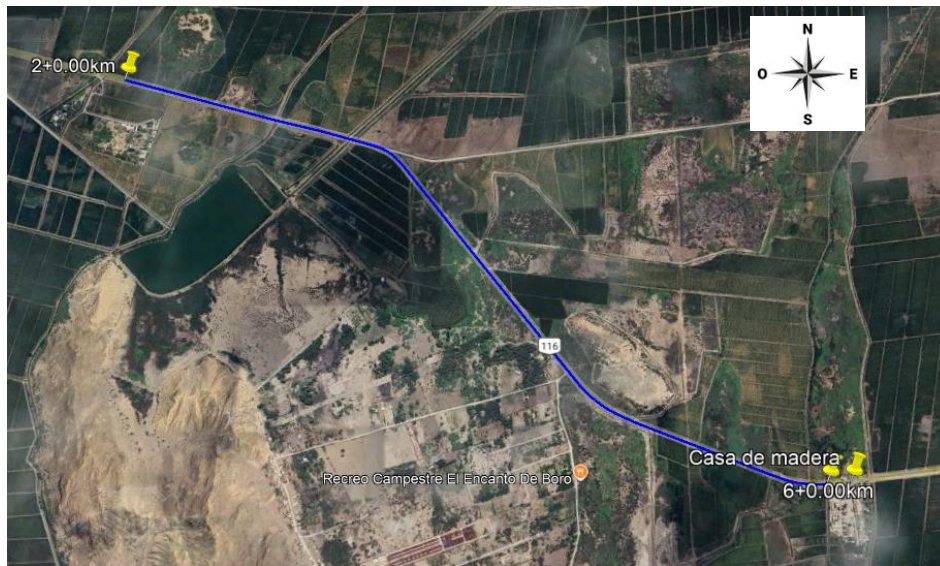


Fig. 45. Tramo de Oeste a Este de la carretera LA-116 Sipán



Fig. 46. Carriles de la carretera estudiada LA-116

Los resultados de los diámetros para los siguientes carriles:

TABLA VI
CARRIL DERECHO

LA-116			
PROGRESIVA	CARRIL	HUELLA	DIAMETRO (mm)
km 2+000 - 2+400	DERECHO	INTERNA	52.82
		EXTERNA	54.27
km 2+400 - 2+800		INTERNA	51.1
		EXTERNA	58.29
km 2+800 - 3+200		INTERNA	51.41
		EXTERNA	45.18
km 3+200 - 3+600		INTERNA	62.73
		EXTERNA	57.86
km 3+600 - 4+000		INTERNA	51.23
		EXTERNA	52.05
km 4+000 - 4+400		INTERNA	50.53
		EXTERNA	54.26
km 4+400 - 4+800		INTERNA	43.89
		EXTERNA	39.08
km 4+800 - 5+200		INTERNA	52.25
		EXTERNA	53.85
km 5+200 - 5+600	INTERNA	58.52	
	EXTERNA	50.53	
km 5+600 - 6+000	INTERNA	49.73	
	EXTERNA	46.94	

TABLA VII
CARRIL IZQUIERDO

LA-116			
PROGRESIVA	CARRIL	HUELLA	DIAMETRO (mm)
km 2+000 - 2+400	IZQUIERDO	INTERNA	56.42
		EXTERNA	55.07
km 2+400 - 2+800		INTERNA	49.11
		EXTERNA	50.28
km 2+800 - 3+200		INTERNA	53.74
		EXTERNA	54.76
km 3+200 - 3+600		INTERNA	52.84
		EXTERNA	54.76
km 3+600 - 4+000		INTERNA	55.22
		EXTERNA	59.09
km 4+000 - 4+400		INTERNA	50.65
		EXTERNA	54.31
km 4+400 - 4+800		INTERNA	50.65
		EXTERNA	58.52
km 4+800 - 5+200		INTERNA	50.26
		EXTERNA	51.72
km 5+200 - 5+600	INTERNA	52.33	
	EXTERNA	51.56	
km 5+600 - 6+000	INTERNA	52.57	
	EXTERNA	54.43	

En los tramos evaluados con el equipo Rugosímetro de Merlín (IRI), se obtuvieron los siguientes resultados al usar la ecuación $IRI = 0.593 + 0.0471 D$:

TABLA VIII
IRI PROMEDIO PARA LA CARRETERA LA-116

CARRIL	PROGRESIVA	HUELLA	IRI/HUELLA	IRI
DERECHO	km 2+000 - 2+400	INTERNA	3.08	3.12
		EXTERNA	3.15	
	km 2+400 - 2+800	INTERNA	3	3.17
		EXTERNA	3.34	
	km 2+800 - 3+200	INTERNA	3.01	2.87
		EXTERNA	2.72	
	km 3+200 - 3+600	INTERNA	3.55	3.44
		EXTERNA	3.32	
	km 3+600 - 4+000	INTERNA	3.01	3.03
		EXTERNA	3.04	
	km 4+000 - 4+400	INTERNA	2.97	3.06
		EXTERNA	3.15	
	km 4+400 - 4+800	INTERNA	2.66	2.55
		EXTERNA	2.43	
	km 4+800 - 5+200	INTERNA	3.05	3.09
		EXTERNA	3.13	
km 5+200 - 5+600	INTERNA	3.35	3.16	
	EXTERNA	2.97		
km 5+600 - 6+000	INTERNA	2.94	2.87	
	EXTERNA	2.8		
IZQUIERDO	km 5+600 - 6+000	INTERNA	3.07	3.12
		EXTERNA	3.16	
	km 5+200 - 5+600	INTERNA	3.06	3.04
		EXTERNA	3.02	
	km 4+800 - 5+200	INTERNA	2.96	3.00
		EXTERNA	3.03	
	km 4+400 - 4+800	INTERNA	2.98	3.17
		EXTERNA	3.35	
	km 4+000 - 4+400	INTERNA	2.98	3.07
		EXTERNA	3.15	
	km 3+600 - 4+000	INTERNA	3.19	3.29
		EXTERNA	3.38	
	km 3+200 - 3+600	INTERNA	3.08	3.13
		EXTERNA	3.17	
	km 2+800 - 3+200	INTERNA	3.12	3.15
		EXTERNA	3.17	
km 2+400 - 2+800	INTERNA	2.91	2.94	
	EXTERNA	2.96		
km 2+000 - 2+400	INTERNA	3.25	3.22	
	EXTERNA	3.19		

- Condición de la carretera de 4 km tomada con rugosímetro merlín.

TABLA IX
CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA RUGOSÍMETRO MERLÍN CARRIL DERECHO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	1	10%
Regular (2.8 - 4.0)	9	90%
Malo (4 - 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	3.03 m/km	

En el carril de derecho se observa el estado de la carretera, en que el 90% está en un estado REGULAR, por consiguiente, presenta 10% para estado bueno y 0% para malo y muy malo. El recorrido fue de 4.000 km y el valor promedio de IRI es de 3.03 m/km. Por lo que se infiere que para ser una carretera de primera clase cuyo IRI admisible para el periodo en servicio es de 4.00 m/km, el tramo se encuentra en un estado satisfactorio

TABLA X
CONDICIÓN DE LA CARRETERA DE IRI SEGÚN MTC PARA RUGOSÍMETRO MERLÍN CARRIL IZQUIERDO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	0	0%
Regular (2.8 - 4.0)	10	100%
Malo (4 - 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	3.11 m/km	

En el carril de izquierdo se observa el estado de la carretera, en que el 100% está en un estado REGULAR, por consiguiente, presenta 0% para estados bueno, malo y muy malo. El recorrido fue de 4.000 km y el valor promedio de IRI es de 3.11 m/km y para ser una carretera de primera clase el tramo se encuentra en un estado satisfactorio.

Resultados del IRI medido con nivel y mira (método topográfico)

La medición con nivel y mira se llevó a cabo en un tramo de 320 m para el carril derecho en ambas huellas (interna y externa) cada 25cm, partiendo desde un punto en el que coincidan con las mediciones realizadas con rugosímetro Merlín y aplicativo TotalPave, km 2+000, asegurando precisión en la comparación de resultados al seguir la dirección Oeste a Este.

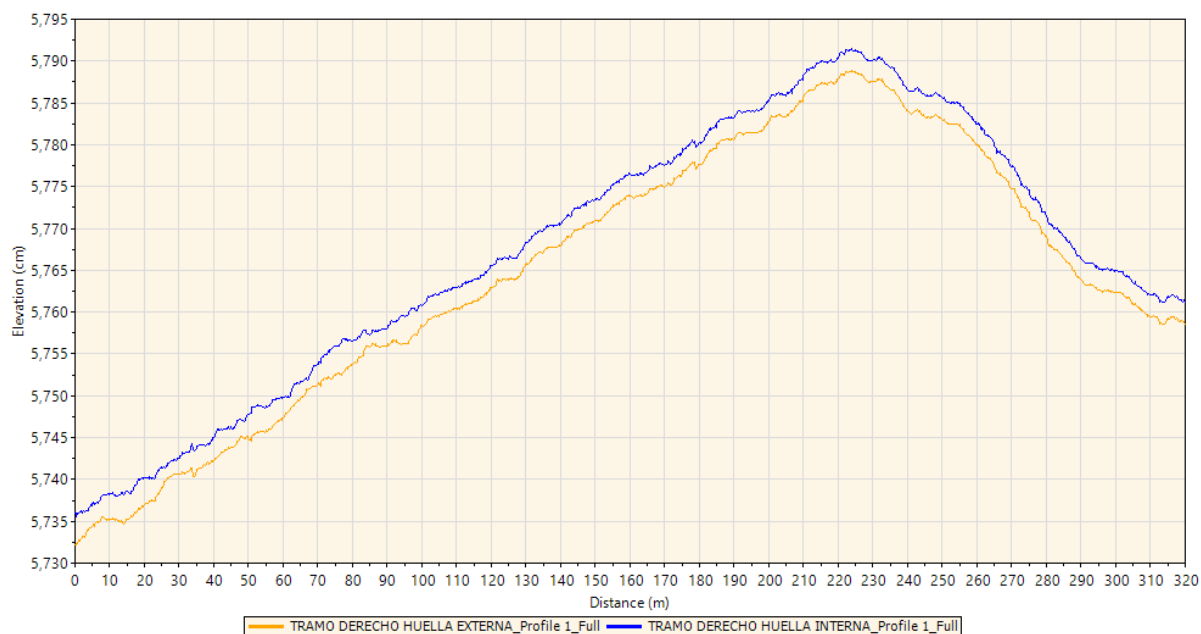


Fig. 47.4 Perfil longitudinal ProVAL de 320 m del carril derecho (Oeste a Este)

Se identificaron variaciones entre ambas huellas, posiblemente atribuidas al desgaste de la vía ya las vibraciones generadas por el tránsito de vehículos pesados durante el levantamiento topográfico y la toma de datos.

TABLA XI
RESULTADO PROVAL - HUELLA EXTERNA E INTERNA CARRIL DERECHO

Punto inicial	Punto final	Longitud	IRI huella externa	IRI huella interna	IRI
0.00	100.00	100.00	3.302	4.014	3.658
100.00	200.00	100.00	3.152	3.114	3.133
200.00	300.00	100.00	3.139	3.393	3.266
300.00	320.00	20.00	3.267	3.290	3.279
TRAMO COMPLETO					
0.00	320.00	320.00	3.204	3.496	3.35

TABLA XII
CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA NIVEL Y MIRA
CARRIL DERECHO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	0	0%
Regular (2.8 - 4.0)	1	100%
Malo (4 - 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	3.35 m/km	

En el carril izquierdo de Este a Oeste se observa el estado de la carretera en el tramo de 320m fue el valor promedio de IRI de 3.35 m/km y al ser una carretera de primera clase el tramo se encuentra en un estado satisfactorio.

Para el tramo de 320 m para del carril izquierdo en ambas huellas (interna y externa) cada 25cm, se partió del km 5+920, siguiendo la dirección Este a Oeste.

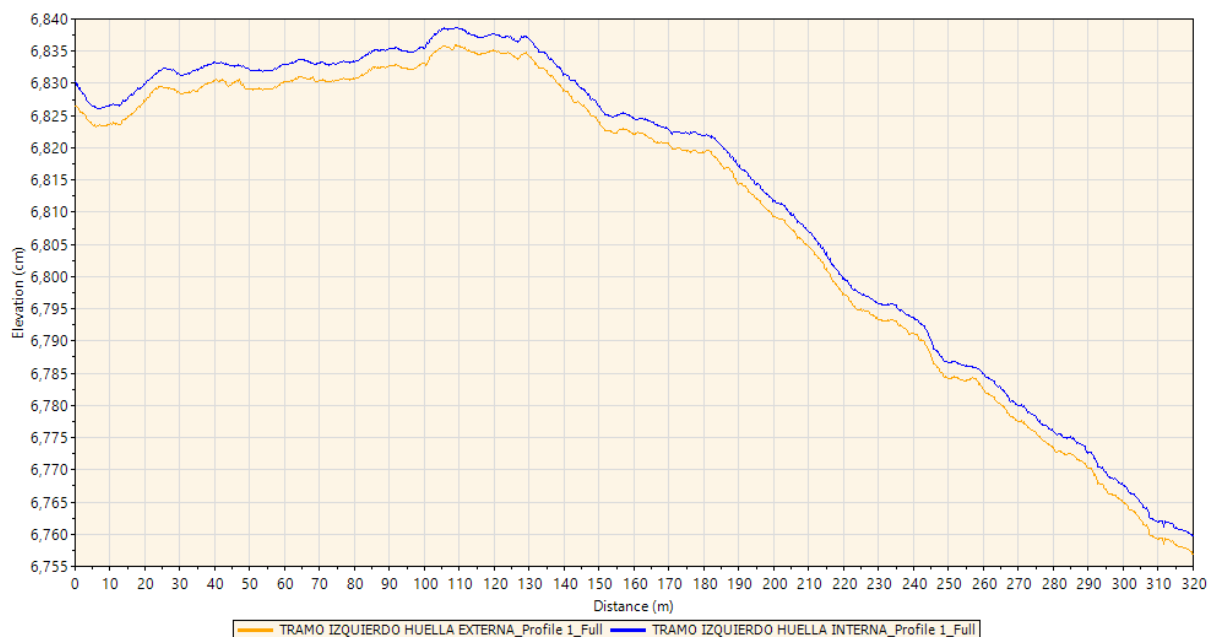


Fig. 48. Perfil longitudinal ProVAL de 320 m del carril izquierdo (Este a Oeste)

También se identificaron variaciones entre ambas huellas, posiblemente debidas al desgaste de la vía ya las vibraciones generadas por el tránsito pesado durante el levantamiento topográfico y toma de datos.

TABLA XIII
RESULTADO PROVAL - HUELLA EXTERNA E INTERNA CARRIL IZQUIERDO

Punto inicial	Punto final	Longitud	IRI huella externa	IRI huella interna	IRI
0.00	100.00	100.00	3.081	2.566	2.82
100.00	200.00	100.00	3.748	3.296	3.52
200.00	300.00	100.00	3.545	3.279	3.412
300.00	320.00	20.00	4.528	4.417	4.47
TRAMO COMPLETO					
0.00	320.00	320.00	3.528	3.136	3.33

TABLA XIV
CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA NIVEL Y MIRA CARRIL IZQUIERDO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	0	0%
Regular (2.8 - 4.0)	1	100%
Malo (4 - 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	3.33 m/km	

En este carril izquierdo se aprecia el estado de la carretera en el tramo de 320m el valor promedio de IRI de 3.32 m/km y al ser una carretera de primera clase el tramo se encuentra en un estado satisfactorio.

Resultados del IRI medido con aplicativo TotalPave

La medición con el aplicativo TotalPave se llevó a cabo en un tramo de 4.000 km para ambos carriles, partiendo desde el mismo punto que el rugosímetro Merlín, km 2+000, a continuación, se aprecia el gráfico del mapa de la ruta tomada, los distintos colores que representan el estado de la carretera mediante el IRI y la leyenda de estos.

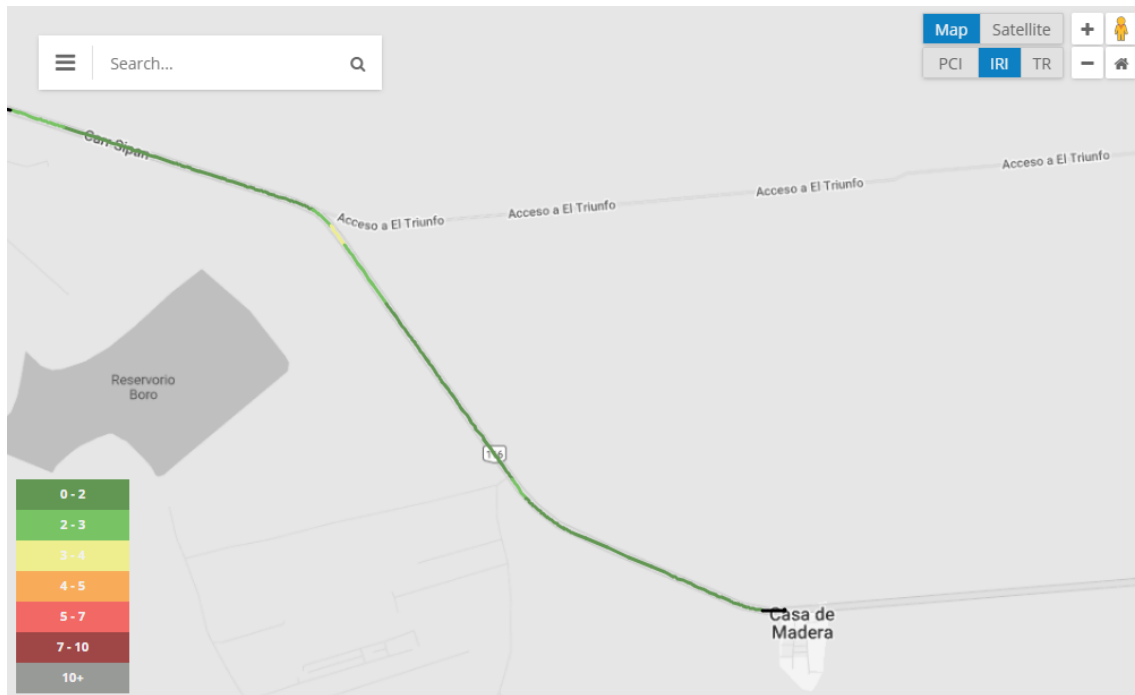


Fig. 49. Mapa de los resultados obtenidos con el aplicativo TotalPave

Como se muestra en la fig. 48, el aplicativo combina los resultados de ambos carriles en una sola grafica de la carretera LA-116, la cual presenta un color verde oscuro predominante, que corresponde a un IRI entre 0 y 2, clasificándola como "Excelente" según la TABLA XIII. Esto indica que la carretera está en un excelente y optimo estado.

TABLA XV
INDICADOR DE IRI DE TOTALPAVE

RANGO (m/km)	CLASIFICACIÓN
0 – 2	Excelente
2 – 3	Muy bueno
3 – 4	Bueno
4 - 5	Regular
5 – 7	Malo
7 -10	Muy malo
10 +	Fallado

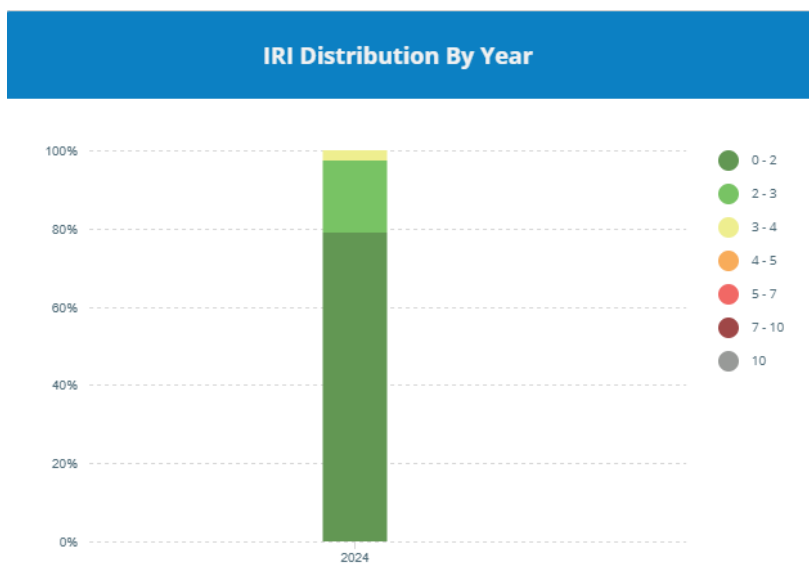


Fig. 50. Distribución del IRI

Según este reporte del IRI, elaborado por TotalPave nos indica que el 78.93 % está en una condición excelente, 18.52% muy buena y el 2.55% en buen estado.

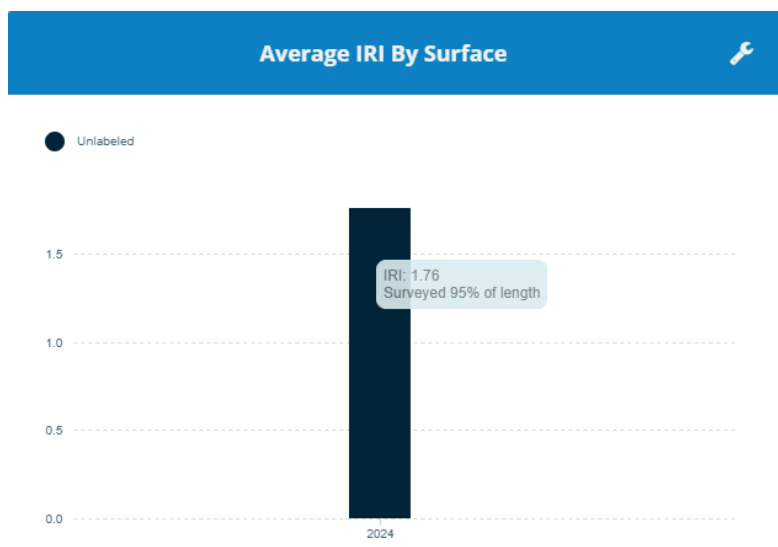


Fig. 51. IRI promedio de la carretera

Se muestra el IRI promedio obtenido por el aplicativo para ambos carriles, el cual es de 1.76 m/km.

TABLA XVI
RESUMEN IRI CARRIL DERECHO

CARRIL	PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FINAL	IRI
DERECHO	2+000	2+100	1.64
	2+100	2+200	1.97
	2+200	2+300	2.22
	2+300	2+400	1.72
	2+400	2+500	1.75
	2+500	2+600	2.57
	2+600	2+700	1.96
	2+700	2+800	1.64
	2+800	2+900	1.62
	2+900	3+000	1.76
	3+000	3+100	1.62
	3+100	3+200	1.18
	3+200	3+300	1.32
	3+300	3+400	1.82
	3+400	3+500	2.34
	3+500	3+600	3.82
	3+600	3+700	1.84
	3+700	3+800	2.45
	3+800	3+900	1.74
	3+900	4+000	1.52
	4+000	4+100	1.45
	4+100	4+200	1.81
	4+200	4+300	1.3
	4+300	4+400	1.64
	4+400	4+500	1.75
	4+500	4+600	1.25
	4+600	4+700	0.85
	4+700	4+800	1.15
	4+800	4+900	1.96
	4+900	5+000	1.77
	5+000	5+100	2.15
	5+100	5+200	1.21
	5+200	5+300	1.51
5+300	5+400	1.58	
5+400	5+500	1.89	
5+500	5+600	1.59	
5+600	5+700	1.45	
5+700	5+800	1.15	
5+800	5+900	2.05	
5+900	6+000	1.62	

TABLA XVII
CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA APLICATIVO
TOTALPAVE CARRIL DERECHO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	39	97.5%
Regular (2.8 - 4.0)	1	2.5%
Malo (4 - 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	1.74 m/km	

En este carril izquierdo se aprecia el estado de la carretera en el tramo de 4.000 km el valor promedio de IRI de 1.74 m/km y para ser una carretera de primera se encuentra en un estado satisfactorio.

TABLA XVIII
RESUMEN IRI CARRIL IZQUIERDO

CARRIL	PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FINAL	IRI
IZQUIERDO	6+000	5+900	1.68
	5+900	5+800	1.42
	5+800	5+700	2.14
	5+700	5+600	1.59
	5+600	5+500	1.77
	5+500	5+400	1.33
	5+400	5+300	1.48
	5+300	5+200	1.4
	5+200	5+100	1.62
	5+100	5+000	1.15
	5+000	4+900	1.98
	4+900	4+800	1.82
	4+800	4+700	1.17
	4+700	4+600	1.85
	4+600	4+500	1.94
	4+500	4+400	1.75
	4+400	4+300	1.25
	4+300	4+200	1.78
	4+200	4+100	1.61
	4+100	4+000	2.21
	4+000	3+900	1.68
	3+900	3+800	2.26
	3+800	3+700	2.12
	3+700	3+600	2.52
	3+600	3+500	2.71
	3+500	3+400	1.85
	3+400	3+300	1.48
3+300	3+200	1.79	

	3+200	3+100	2.41
	3+100	3+000	2.18
	3+000	2+900	1.59
	2+900	2+800	1.68
	2+800	2+700	1.64
	2+700	2+600	1.98
	2+600	2+500	1.12
	2+500	2+400	1.4
	2+400	2+300	1.84
	2+300	2+200	2.06
	2+200	2+100	2.15
	2+100	2+000	2.16

TABLA XIX
CONDICIÓN DE LA CARRETERA RESPECTO AL IRI SEGÚN MTC PARA APLICATIVO
TOTALPAVE CARRIL IZQUIERDO

Estado	Número de tramos	%
Bueno (≤ 2.8)	40	97.5%
Regular (2.8 - 4.0)	0	2.5%
Malo (4 – 5)	0	0%
Muy Malo (>5)	0	0%
IRI promedio	1.79 m/km	

En este carril izquierdo se aprecia el estado de la carretera en el tramo de 4.000 km el valor promedio de IRI de 1.79 m/km siendo una carretera de primera clase el tramo se encuentra en un estado satisfactorio.

Comparación de IRI rugosímetro Merlín y método topográfico (nivel y mira)

Los resultados del IRI obtenidos rugosímetro Merlín y el nivel y mira fueron comparados para verificar la calibración del rugosímetro Merlín. La comparación se llevó a cabo en un tramo de 320 m en dirección Oeste-Este, iniciando la medición de ambos equipos desde un punto en común de progresiva km 2+000. Y en la de la dirección Este-Oeste desde km 5+920.

TABLA XX
COMPARACIÓN NIVEL Y RUGOSIMETRO MERLIN

CARRIL	PUNTO INICIO	PUNTO FINAL	NIVEL	RUGOSIMETRO MERLIN	SIMILITUD
DERECHO	2+000	2+320	3.35	3.12	93.13%
IZQUIERDO	5+920	5+600	3.33	3.22	96.99%

Analizando los resultados entre la comparación de Nivel y rugosímetro merlín, se obtiene que hay un 93.13% y 96.99% de la similitud del IRI entre ambos métodos por cada carril con

un promedio de 95.99%. Ambos métodos son de clase 1 por lo que son altamente precisos, se llega a observar que ambas medidas son bastante similares y posiblemente debido al desgaste de la vía y a las vibraciones generadas por el tránsito pesado durante la toma de muestras el porcentaje de error sea de 4.94%. Entonces el error será de ± 0.145 m/km que esta dentro del rango de repetibilidad entre $\pm 0.1 - 0.2$ m/km para sistemas de clase 1.

Comparación de IRI rugosímetro Merlín y aplicativo TotalPave

Después de verificar la calibración del rugosímetro con el nivel, se procede a comparar los resultados del IRI obtenidos rugosímetro Merlín y el aplicativo TotalPave fueron comparados para verificar la calibración del rugosímetro Merlín. La comparación se llevó a cabo en un tramo de 4.000 km en dirección Oeste-Este, iniciando la medición de ambos equipos desde un punto en común de progresiva km 2+000. Y en la de la dirección Este-Oeste desde km 6+000.

Para hacer la comparación debido a que el rugosímetro analiza cada 400 metros se hizo un promedio al aplicativo en este segmento obteniendo la siguiente tabla.

TABLA XXI
COMPARACIÓN RUGOSIMETRO MERLIN Y TOTALPAVE PARA CARRIL DERECHO E IZQUIERDO

CARRIL	PUNTO INICIO	PUNTO FINAL	TOTALPAVE		RUGOSIMETRO MERLIN
DERECHO	2+000	2+100	1.64	1.89	3.12
	2+100	2+200	1.97		
	2+200	2+300	2.22		
	2+300	2+400	1.72		
	2+400	2+500	1.75	1.98	3.17
	2+500	2+600	2.57		
	2+600	2+700	1.96		
	2+700	2+800	1.64		
	2+800	2+900	1.62	1.55	2.87
	2+900	3+000	1.76		
	3+000	3+100	1.62		
	3+100	3+200	1.18		
	3+200	3+300	1.32	2.33	3.44
	3+300	3+400	1.82		
	3+400	3+500	2.34		
	3+500	3+600	3.82		
	3+600	3+700	1.84	1.89	3.03
	3+700	3+800	2.45		
	3+800	3+900	1.74		
	3+900	4+000	1.52		
4+000	4+100	1.45	1.55	3.06	
4+100	4+200	1.81			
4+200	4+300	1.3			
4+300	4+400	1.64			
4+400	4+500	1.75	1.25	2.55	

	4+500	4+600	1.25		
	4+600	4+700	0.85		
	4+700	4+800	1.15		
	4+800	4+900	1.96		
	4+900	5+000	1.77	1.77	3.09
	5+000	5+100	2.15		
	5+100	5+200	1.21		
	5+200	5+300	1.51		
	5+300	5+400	1.58	1.64	3.16
	5+400	5+500	1.89		
	5+500	5+600	1.59		
	5+600	5+700	1.45		
	5+700	5+800	1.15	1.57	2.87
	5+800	5+900	2.05		
	5+900	6+000	1.62		
IZQUIERDO	6+000	5+900	1.68	1.71	3.12
	5+900	5+800	1.42		
	5+800	5+700	2.14		
	5+700	5+600	1.59		
	5+600	5+500	1.77	1.5	3.04
	5+500	5+400	1.33		
	5+400	5+300	1.48		
	5+300	5+200	1.4		
	5+200	5+100	1.62		
	5+100	5+000	1.15	1.64	3
	5+000	4+900	1.98		
	4+900	4+800	1.82		
	4+800	4+700	1.17		
	4+700	4+600	1.85	1.68	3.17
	4+600	4+500	1.94		
	4+500	4+400	1.75		
	4+400	4+300	1.25		
	4+300	4+200	1.78	1.68	3.07
	4+200	4+100	1.61		
	4+100	4+000	2.21		
	4+000	3+900	1.68		
	3+900	3+800	2.26	2.15	3.29
	3+800	3+700	2.12		
	3+700	3+600	2.52		
	3+600	3+500	2.71		
	3+500	3+400	1.85	1.96	3.13
	3+400	3+300	1.48		
	3+300	3+200	1.79		
	3+200	3+100	2.41		
	3+100	3+000	2.18	1.97	3.15
	3+000	2+900	1.59		
	2+900	2+800	1.68		
	2+800	2+700	1.64		
2+700	2+600	1.98	1.54	2.94	
2+600	2+500	1.12			
2+500	2+400	1.4			
2+400	2+300	1.84			
2+300	2+200	2.06	2.05	3.22	
2+200	2+100	2.15			
2+100	2+000	2.16			

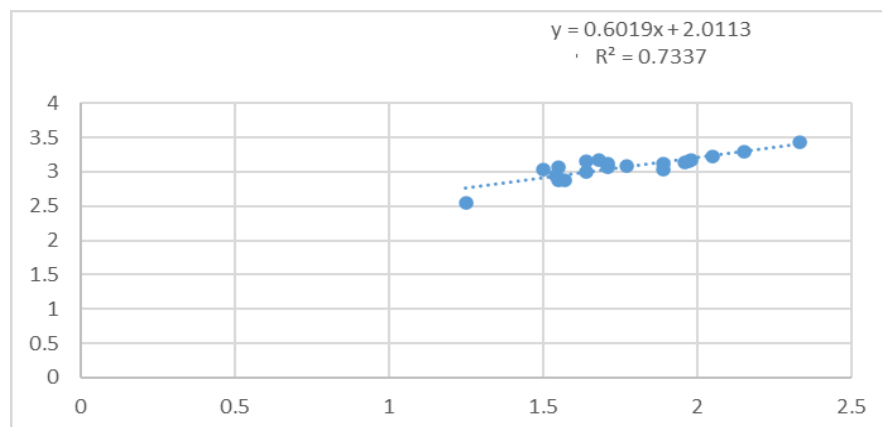


Fig. 52. Gráfico de dispersión de la Comparación de IRI entre rugosímetro y TotalPave

Al analizar los resultados de la comparación entre el rugosímetro Merlín y el aplicativo TotalPave, se observa una tendencia lineal de 0.7337, lo que indica una correlación de datos del IRI del 73.37% entre ambos métodos. Esto sugiere que existe una asociación fuerte entre ambos métodos ya que se comparan métodos de clase 3 y clase 1.

Al hacer el cálculo de la ecuación $y=0.6019x+2.0113$ para obtener resultados más apegados a la realidad.

TABLA XXII
COMPARACIÓN MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL

PROGRESIVA	RUGOSIMETRO	TOTALPAVE
km 2+000 - 2+400	3.12	3.15
km 2+400 - 2+800	3.17	3.2
km 2+800 - 3+200	2.87	2.94
km 3+200 - 3+600	3.44	3.41
km 3+600 - 4+000	3.03	3.15
km 4+000 - 4+400	3.06	2.94
km 4+400 - 4+800	2.55	2.76
km 4+800 - 5+200	3.09	3.08
km 5+200 - 5+600	3.16	3
km 5+600 - 6+000	2.87	2.96
km 5+600 - 6+000	3.12	3.04
km 5+200 - 5+600	3.04	2.91
km 4+800 - 5+200	3	3
km 4+400 - 4+800	3.17	3.02
km 4+000 - 4+400	3.07	3.04
km 3+600 - 4+000	3.29	3.31
km 3+200 - 3+600	3.13	3.19
km 2+800 - 3+200	3.15	3.2
km 2+400 - 2+800	2.94	2.94
km 2+000 - 2+400	3.22	3.25
IRI	3.07	3.07

Resultados de precisión

TABLA XXIII
PRECISION DE MÉTODOS

MÉTODO	PRECISIÓN
TOPOGRAFICO	100%
RUGOSIMETRO MERLIN	95.99%
TOTALPAVE	73.37%

Análisis económico de la adquisición e implementación los equipos de medición

Se hace un análisis económico comparativo entre el método tradicional utilizado para medir la rugosidad, que en nuestro país se emplea el rugosímetro Merlín, método topográfico (Mira y nivel), y la propuesta alternativa mediante el método TotalPave. Esta investigación se centró en comparar los análisis de precios unitarios (APU) de los tres métodos.

Rugosímetro Merlín

Tenido la cotización de la empresa CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C. realizada en setiembre del 2024 para el alquiler del equipo por día fue de s/. 400.00. y el trabajo tuvo una duración de dos días por lo que el costo de alquiler total fue de s/. 800.00.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R SAC	ORDEN N°	-
RUC 20561378313	Fecha emisión:	19/09/2024
Av. Vicente Russo Lote 8. Fundo El Cerrito - Chiclayo	Forma de Pago:	

Señores: Dante Alexander Fonseca Carranza
RUC: -
Dirección: -

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	Alquiler de equipo: Rugosímetro de Merlín para proyecto de tesis: Evaluación comparativa del índice de rugosidad internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro merlín, método topográfico y aplicativo	02	DIAS	S/. 400.00	S/. 800.00
TOTAL					S/. 800.00

Fig. 53. Cotización de alquiler de rugosímetro merlín de la empresa CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

La cuadrilla para ejecutar el trabajo fue de un operario y dos auxiliares, además de una persona para el trabajo en gabinete a continuación se muestra el análisis de costos para el uso del merlín.

*TABLA XXIV
COSTOS DE OPERACIÓN RUGOSIMETRO MERLIN*

RUGOSIMETRO MERLIN						
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Tiempo	Parcial	Total
1.1.1	Operario	día/hombre	1	2 día	S/65.00	S/130.00
1.1.2	Auxiliar	día/hombre	2	2 día	S/65.00	S/260.00
1.1.3	Trabajo de gabinete	día/hombre	1	2 día	S/90.00	S/180.00
1.2.1	Rugosímetro merlín	día/maquina	1	2 día	S/400.00	S/800.00
Total						1370

La evaluación del IRI, el tramo que se evaluó de la carretera fue de 4 km por lo que el total de kilómetros evaluados es 8 km. Entonces el costo por kilómetro para el uso del rugosímetro es de s/. 171.25 como se muestra en la siguiente tabla.

*TABLA XXV
COSTO POR KM DE RUGOSIMETRO MERLIN*

RUGOSIMETRO MERLIN	Costo	km	Soles/km
	1370	8	171.25

Nivel y mira (método topográfico)

El análisis económico se tuvo en cuenta el costo de alquiler del nivel topográfico que fue de s/. 50.00, y la ejecución del tramo de 320 m por carril se dio durante 2 días. La cuadrilla estuvo conformada por un operario del equipo, un auxiliar para sostener la mira y otro para vigilar y desviar el tránsito. Y el trabajo de gabinete con los datos obtenidos.

*TABLA XXVI
COSTOS DE OPERACIÓN METODO TOPOGRAFICO*

METODO TOPOGRAFICO						
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Tiempo	Parcial	Total
1.1.1	Operario	día/hombre	1	2 día	S/65.00	S/130.00
1.1.2	Auxiliar	día/hombre	2	2 día	S/65.00	S/260.00
1.1.3	Trabajo de gabinete	día/hombre	1	3 día	S/90.00	S/270.00
1.2.1	Nivel y mira	día/maquina	1	2 día	S/50.00	S/100.00
Total						760

La evaluación del IRI, el tramo que se evaluó de la carretera fue de 0.320 km por lo que el total de kilómetros evaluados es 0.640 km. Entonces el costo por kilómetro para el uso del nivel y mira es de s/. 1187.50 como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA XXVII
COSTO POR KM DE NIVEL Y MIRA

NIVEL Y MIRA	Costo	km	Soles/km
	760	0.64	1187.5

Aplicativo TotalPave

Tenido el costo de \$30.00 del aplicativo por su uso durante un mes, ya que el tramo de estudio fue de 4 km y usando el software para ambos carriles durante un día esto implica el costo de \$1.00, que en el tipo de cambio de la fecha fue de s/. 3.79, además del uso de un vehículo (gasolina para ida y vuelta), un operario y un auxiliar.

Recibo



Número de factura 2FBF60B0-0001
 Número de recibo 2626-6855
 Fecha de pago 14 de septiembre de 2024
 Método de pago Visa - 8084

Total Pave Inc.
 66 McKeen Street
 Fredericton New Brunswick E3A 2P8
 Canadá
 +1 877-677-3821
 info@totalpave.com

Facturar a
 Dante Alexander Fonseca Carranza
 Perú
 dantealexanderfonseca@gmail.com

30,00 US\$ abonados el 14 de septiembre de 2024

Thank you for your business! If paying online via credit/debit card, please follow the link included on this invoice.

If paying via cheque, please make payable to "Total Pave Inc." and mail to the address listed on the PDF copy of this invoice.

The license year associated with this invoice is the year in which the invoice is due.

Descripción	Cant.	Precio unitario	Importe
TotalPave Academic License 14 sept 2024 – 14 oct 2024	1	30,00 US\$	30,00 US\$
Subtotal			30,00 US\$
Total			30,00 US\$
Importe pagado			30,00 US\$

Fig. 54. Suscripción por un mes al aplicativo TotalPave

TABLA XXVIII
COSTOS DE OPERACIÓN TOTALPAVE

TOTALPAVE						
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Tiempo	Parcial	Total
1.1.1	Operario	día/hombre	1	1 día	S/65.00	S/65.00
1.1.2	Auxiliar	día/hombre	1	1 día	S/65.00	S/65.00
1.1.3	Trabajo de gabinete	día/hombre	1	1 día	S/90.00	S/90.00
1.1.4	TotalPave	dia/Software	1	1 día	S/3.79	S/3.79
1.1.5	Gasolina ida y vuelta	gal	1		S/21.29	S/21.29
Total						245.08

La evaluación del IRI, el tramo que se evaluó de la carretera fue de 4 km por lo que el total de kilómetros evaluados es 8 km. Entonces el costo por kilómetro para el uso TotalPave es de s/. 30.635 como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA XXIX
COSTO POR KM DE TOTALPAVE

TOTALPAVE	Costo	km	Soles/km
	245.08	8	30.64

Resultados del costo por kilómetro de los métodos:

TABLA XXX
RESUMEN DE COSTOS POR KM DE CADA MÉTDOO

RESUMEN DE COSTOS		
METODO	SOLES/KM	DOLARES/KM
RUGOSIMETRO MERLIN	171.25	45.18
NIVEL Y MIRA	1187.5	313.32
TOTALPAVE	30.635	8.08

De los resultados encontrados se puede observar que el TotalPave, en su aplicación tiene una rentabilidad de 97.42% frente al método topográfico y 82.11% al rugosímetro merlín.

Análisis de rendimiento de los equipos de medición

Se realizó un análisis comparativo del rendimiento de los tres métodos utilizando los datos recolectados sobre los tiempos de uso, expresados en días y horas, y los kilómetros recorridos por cada uno.

Se calculó la velocidad promedio, dividiendo los kilómetros totales entre las horas de operación, con el objetivo de identificar cuál equipo tiene mejor rendimiento en términos de

distancia recorrida por tiempo. Además, se analizó la utilización diaria, dividiendo los kilómetros totales entre los días de uso, para evaluar la constancia en su desempeño.

Rendimiento con rugosímetro Merlín

El procedimiento de la toma de datos inicio el día martes 17 de setiembre para el carril derecho, y para el carril izquierdo el día 18 de setiembre. A continuación, se muestra el análisis del tiempo y su rendimiento.

*TABLA XXXI
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS RUGOSIMETRO MERLIN*

RUGOSIMETRO MERLIN				
Ítem	TRAMO	INICIO	FIN	DURACION
1.1.1	2+000 - 6+000	8:20 a. m.	1:27 p. m.	05:07 hrs
1.1.2	6+000 - 2+000	8:40 a. m.	1:36 p. m.	04:56 hrs
	Total			10:03 hrs

*TABLA XXXII
CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS*

RUGOSIMETRO MERLIN	Horas	Jornada laboral	Dias
	10:03 hrs	08:00 hrs	1.25

*TABLA XXXIII
RENDIMIENTO DEL RUGOSÍMETRO MERLÍN*

RUGOSIMETRO MERLIN	Horas	km	km/h
	10:03 hrs	8.000 km	0.80 km/h

Rendimiento con nivel y mira (método topográfico)

El procedimiento inicio el día sábado 21 de setiembre para el carril derecho, y para el carril izquierdo el día 22 de setiembre. A continuación, se muestra el análisis del tiempo y su rendimiento para la toma de datos.

*TABLA XXXIV
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS NIVEL Y MIRA*

NIVEL Y MIRA				
Ítem	TRAMO	INICIO	FIN	DURACION
1.1.1	2+000 - 2+320	7:25 a. m.	11:40 a. m.	04:15 hrs
1.1.2	5+920 - 5+600	8:35 a. m.	12:57 p. m.	04:22 hrs
	Total			08:37 hrs

*TABLA XXXV
CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS*

METODO	Horas	Jornada laboral	Dias
TOPOGRAFICO	08:37 hrs	08:00 hrs	1.08

*TABLA XXXVI
RENDIMIENTO METODO TOPOGRAFICO*

METODO	Horas	km	km/h
TOPOGRAFICO	08:37 hrs	0.640 km	0.07 km/h

Rendimiento con aplicativo TotalPave

El procedimiento inicio el día sábado 5 de octubre para el carril derecho e izquierdo. A continuación, se muestra el análisis del tiempo y su rendimiento para la toma de datos.

*TABLA XXXVII
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS TOTALPAVE*

TOTALPAVE				
Ítem	TRAMO	INICIO	FIN	DURACION
1.1.1	2+000 - 6+000	11:25 a. m.	11:30 a. m.	00:04 hrs
1.1.2	6+000 - 2+000	11:33 a. m.	11:37 a. m.	00:03 hrs
	Total			00:08 hrs

*TABLA XXXVIII
CONVERSIÓN DE HORAS A DÍAS*

METODO	Horas	Jornada laboral	Dias
TOTALPAVE	00:08 hrs	08:00 hrs	0.02

*TABLA XXXIX
RENDIMIENTO TOTALPAVE*

METODO	Horas	km	km/h
TOTALPAVE	00:08 hrs	8.000 km	60.00 km/h

*TABLA XL
RESUMEN RENDIMIENTO POR KM DE CADA EQUIPO*

RESUMEN RENDIMIENTO	
METODO	Km/h
RUGOSIMETRO MERLIN	0.80 km/h
TOPOGRAFICO	0.07 km/h
TOTALPAVE	60.00 km/h

Análisis del método más efectivo

*TABLA XLI
RESUMEN DE RESULTADOS*

RESUMEN			
METODO	%	Soles/Km	Km/h
RUGOSIMETRO MERLIN	95.99%	171.25	0.80 km/h
TOPOGRAFICO	100%	1187.5	0.07 km/h
TOTALPAVE	73.37%	30.635	60.00 km/h

Con los resultados obtenidos de los tres métodos se muestra la siguiente tabla luego de efectuar el cálculo de coeficientes y su posterior suma.

*TABLA XLII
EFECTIVIDAD DE METODOS*

METODO	Precisión	Costo	Rendimiento	Total
RUGOSIMETRO MERLIN	0.849	0.878	0.0122	1.74
TOPOGRAFICO	1	0	0	1
TOTALPAVE	0	1	1	2

Se observa que TotalPave es el método más efectivo de los tres métodos con un puntaje de 2, frente al 1.74 y 1 del rugosímetro merlín y método topográfico respectivamente. Se observa que cuando la prioridad es la calidad técnica el rugosímetro merlín tiene un mayor coeficiente de efectividad de 0.607 y con cierta paridad con el TotalPave con 0.6.

Cuando los criterios tienen igual relevancia el aplicativo TotalPave tiene 0.666 siendo mucho más efectivo.

Cuando se requiere evaluar una extensión considerable donde se busca obtener resultados más rápidos, TotalPave tienen una efectividad de 0.75 que considerablemente mayor respecto a los otros métodos.

Serviciabilidad de la vía de la Ruta LA-116 en el tramo de Pomalca – C.P. Casa de madera.

Usando la fig. 4 y el IRI de 3.07 obtenido con el Rugosímetro Merlín, la serviciabilidad de la vía de la ruta LA-116 en el tramo Pomalca – C.P. Casa de madera fue de 2.3, lo que nos dice Según la tabla III que ofrece un servicio “regular”.

DISCUSIÓN

Los resultados de evaluar el IRI en la ruta LA-116, del tramo Pomalca – CP Casa de madera con aplicativo TotalPave (clase 3) y Rugosímetro Merlín (clase 1), arrojan un IRI de 3.07 m/km lo que indica que esta carretera se encuentra en un estado vial “regular”. Al comparar con el estudio realizado por Jesus Depaz y Hugo Flores [8] donde se usó el aplicativo ROADROID (clase 3) junto al Nivel y mira (clase 1) en una carreta de la misma denominación obtuvieron un IRI de 3.34 m/km. Si bien es cierto no hay carreteras iguales la diferencia numérica del IRI tiene como principales causas las condiciones geomorfológicas y climáticas entre la costa (Pomalca) y la sierra (Huaraz) lo que influye en el desgaste y asentamiento de la capa superficial, además a la mínima variación en precisión entre el Rugosímetro Merlín y el método de nivel y mira. Pese a las diferencias que existen la condición de ambas carreteras es “Regular”. Entonces, la ruta Pomalca hacia CP Casa de madera LA-116 cumple con lo indicado por la normativa CE.010 para una carretera de primera clase al poseer un IRI menor a 4m/km, por lo que se considera una carretera en buen estado [15].

Los resultados evidencian la alta precisión de los métodos CLASE 1 frente a los CLASE 3, pues con el uso del aplicativo móvil TotalPave obtuvo una correlación con los datos de ambos carriles de $R^2=0.7337$ frente al Rugosímetro Merlín, sin requerir datos adicionales del vehículo durante la medición. Al comparar con los datos obtenidos en la investigación realizada por Renzo Castillo y Yeni Morales [9] en el que usan el aplicativo ROADROID frente al Rugosímetro Merlín, proporcionan una correlación R^2 de 0.9137, 0.5764 y 0.8703 en el carril izquierdo, medio y derecho de su vía evaluada, pero depende de la introducción manual de parámetros del vehículo. Además, L. Janani, et al. [5] reportaron que el uso de sensores de smartphones exhibió una correlación de $R^2=0.73$ con un rugosímetro. Los resultados superan el umbral de $R^2=0.70$ lo que sugiere que el IRI obtenido por el uso del TotalPave es aceptable a pesar de no contar con los datos del automóvil y unificar los resultados de ambos carriles. De acuerdo a la revisión bibliográfica esta investigación es una de las primeras que compara cuan similares son los resultados del rugosímetro frente al nivel y mira, donde se llegó a un 95.66% de similitud entre ambos métodos, además la diferencia de medidas fue de ± 0.145 m/km que está dentro del rango de repetibilidad de $\pm 0.1 - 0.2$ m/km para sistemas de clase 1.

El uso de TotalPave en un tramo de 4km proporciono un rendimiento de 60 km/h, mientras que con el rugosímetro merlín 0.8km/h y con nivel y mira 0.07km/h mostrando la superioridad de aplicativos móviles frente a métodos convencionales considerando horas

efectivas para el desarrollo de la actividad. Esto es reforzado por la investigación de Renzo Castillo y Yeni Morales [9] cuyos resultados en una vía de 1.6 km encontraron que el rendimiento con el aplicativo ROADROID y rugosímetro merlín fue de 80km/h y 0.04 km/h respectivamente. Como aporte observamos que hay una gran diferencia de 0.73 en la productividad del ensayo de rugosímetro merlín asociado al tráfico y a que su análisis se basó en la jornada laboral de 8 horas. Además, de acuerdo a la revisión bibliográfica esta investigación es una de las pocas en las que se realiza un análisis de rendimiento para nivel y mira, con base en este estudio se considera demasiado lento frente a otros dispositivos ya sea de su misma clase o inferiores.

En cuanto al costo por kilómetro para la ejecución de cada método, utilizar TotalPave resulto mucho más económico que usar Merlín y el método de nivel y mira con 30.64; 171.25 y 1187.5 soles/km respectivamente. TotalPave es menos costoso que el aplicativo usado por Renzo Castillo y Yeni Morales [9] quienes estimaron 217.04 soles/km para ROADROID, producto del costo para adquirir la licencia de cada aplicativo. Así mismo atribuyen 1071.28 soles/km para el uso de merlín, cuya diferencia con esta investigación es el alquiler/compra, los kilómetros, número de vías realizadas para cada investigación y el costo de alquiler del equipo. Por otro lado, esta investigación sustenta el costo de implementación del método topográfico, pues no hay estudios anteriores que contrasten el alto valor estimado en esta investigación. En contraste, el aplicativo TotalPave tiene una rentabilidad del 82.11% lo que nos permite afirmar que su uso es más económico que los otros métodos.

Los resultados recogidos luego de realizar un análisis de sensibilidad con respecto a los datos de precisión, rendimiento y costo para evaluar la efectividad de los métodos arrojan puntajes de 1.74 para rugosímetro merlín, 1 para método topográfico y 2 para TotalPave, mostrando una mejor calificación el aplicativo. Según la literatura un método es efectivo cuando se logra el resultado deseado (eficacia) usando el mínimo posible de recursos (eficiencia). En las investigaciones estudiadas, indican que el uso de aplicativos es efectivo para calcular el IRI, porque sobrepasan el 70% de similitud con los métodos convencionales, sin un análisis de coste y rendimiento. En esta investigación se realiza un cuadro y análisis de sensibilidad para determinar cuál es el más efectivo. Además, se usó TotalPave, un aplicativo distinto a los empleados por los otros autores, confirmando la confiabilidad con 73.37% pero con un coste menor lo que la convierte en una opción más efectiva.

Para la carretera Pomalca – CP. Casa de madera, se obtuvo un PSI de 2.3 lo que se ajusta a una prestación de servicio “regular” según la escala (0=muy malo, 5=muy bueno) de la guía AASHTO. Al relacionarlo con los resultados de la investigación en la carretera de

condiciones similares Huaraz-Carhuaz [8] que arroja un PSI de 2.8 clasificándola también como “regular”. La diferencia numérica refleja las variaciones del IRI, así como las condiciones geomorfológicas y climáticas de cada lugar. En este estudio se utilizó el Abaco de la fig. 4 para relacionar el IRI y PSI, pero en el trabajo de Jesus Depaz y Hugo Flores [8] usan una ecuación empírica basada en parámetros de rugosidad y fisuras, lo que influye directamente en los resultados, aunque el IRI de Pomalca-Casa de Madera es inferior al de Huaraz-Carhuaz, el PSI calculado por el ábaco resulta menor.

Conclusiones

Se determinó que el IRI de la carretera LA-116 en el tramo Pomalca - Casa de Madera usando rugosímetro merlín es de 3.07 m/km y con el aplicativo TotalPave usando calculo de regresión lineal también fue de 3.07 m/km, así mismo en un tramo de 320m usando el método topográfico (nivel y mira) tanto para del carril derecho desde la progresiva 2+000 km y para el carril izquierdo desde 5+920 km arrojo 3.35 y 3.33 m/km respectivamente. Lo que indica el estado de la carretera se encuentra “regular” según los parámetros establecidos por el MTC en la en la norma CE.010 para vías pavimentadas.

Se compararon los hallazgos derivados de cada método y se encontró que el TotalPave tienen una correlación de $R^2=0.7337$ con el rugosímetro de merlín considerada fuerte pues supera el 70% ($R^2=0.70$). Además, el rugosímetro merlín tiene una similitud de hasta el 95.66% con el método topográfico con una diferencia de 0.145m/km, valor que se encuentra entre el rango tolerable para métodos de Clase 1.

Se analizó el rendimiento para medir el IRI en el tramo Pomalca- CP Casa de Madera donde usando el rugosímetro merlín se realizó lecturas a 0.80km/h, mostrando su rendimiento limitado para grandes distancias. Por otro lado, el método topográfico presenta una ejecución de 0.07 km/h, lo que lo hace muy lento y reduce su participación a estudios puntuales que requieran alta precisión. En contraste el TotalPave presenta una diferencia significativa con respecto a estos métodos pues alcanzo los 60km/h, lo que permite una evaluación rápida y monitoreos frecuentes de distancias extensas.

Se compararon los costos relacionados a la adquisición e implementación de los métodos obteniéndose que el ensayo con rugosímetro merlín tiene un costo de 171.25 soles/km tomando en cuenta el alquiler del equipo y personal especializado. El levantamiento topográfico requirió 1187.50 soles/kilometro donde incluye personal de campo y alquiler de nivel y mira. Por otra parte, el uso del aplicativo TotalPave a través de una suscripción mensual y el uso de un automóvil, reduce el costo de medición de IRI hasta un 82.11 % con un valor de 30.64 soles/km lo que la convierte en una alternativa más económica que los métodos convencionales.

Se determino a través de un análisis de sensibilidad que el TotalPave es el método más efectivo superando al método topográfico y rugosímetro merlín para determinar el IRI de una carretera. Debido a que su capacidad de recolectar datos es más rápida y continua, con menores exigencias técnicas y un costo significativamente menor que los métodos convencionales. Lo que la hace alternativa más efectiva para la evaluación de la condición de carreteras.

Se determino la serviciabilidad de la carretera LA-116 en el tramo Pomalca - Casa de Madera usando el ábaco que relaciona el IRI obtenido con el PSI, este arrojó un valor de 2.3 m/km, lo cual, según los parámetros de la guía AASHTO, se cataloga como un servicio “regular”.

Se demostró la hipótesis de la presente investigación, por lo que se puede afirmar que el aplicativo TotalPave es tan preciso como el rugosímetro Merlín y método topográfico, pero requiere menos tiempo y es más económico en la recolección de datos de rugosidad de carreteras. Los resultados permitieron afirmar la hipótesis y también responder a la pregunta general de la investigación.

En conclusión, se realizó un análisis comparativo para del índice de rugosidad de la Ruta LA-116 en el tramo de Pomalca – C.P. Casa de madera utilizando el Rugosímetro de Merlín, Método Topográfico y el aplicativo TotalPave determinado así que el aplicativo TotalPave es el más efectivo.

Recomendaciones

Se recomienda que el método topográfico se haga en momentos de poco tráfico, por motivo a que los resultados no se vean afectados por vibraciones producidas por los automóviles.

Se recomienda que al realizar el ensayo con el rugosímetro merlín, este repose horizontalmente con ambos apoyos y que el pivote este en contacto firme con el pavimento antes de registrar cada lectura.

Se sugiere calibrar el aplicativo usando un método convencional como referencia aplicando una regresión si fuera necesario, para mejorar la precisión de los resultados.

Se recomienda mantener una velocidad constante para la recolección de datos con el aplicativo, evitando frenos bruscos y cambios de carril.

Para tener máxima precisión no se debe exceder los 80 km/h y además no interactuar con el teléfono mientras este recopila información.

Realizar evaluaciones periódicas en la carretera LA-116 con el fin de monitorear y gestionar su deterioro a lo largo del tiempo, para así planificar futuras intervenciones.


Referencias

- [1] Antonio Cusato; Cinthya Pastor, «Lecciones del Mantenimiento de Carreteras en el Perú, 1992 - 2007,» Instituto Peruano de Economía, Lima, 2008.
- [2] Oficina General de Planeamiento y Presupuesto, «informe multianual de inversiones en asociaciones público privadas 2024-2026,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2024.
- [3] Oficina General de Planeamiento y Presupuesto, «Reportes MTC,» 2022.
- [4] E. Saltos Zavala, «Determinación del índice de rugosidad internacional de la vía los Ángeles-Andil,» Jipijapa - Unesum, 2023.
- [5] L. Janani, R. Doley, V. Sunitha y S. Mathew, «Precision enhancement of smartphone sensor-based pavement roughness estimation by standardizing host vehicle speed,» *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2021.
- [6] Proner, Luvizão, Nienov, Ceccon y Grando, « Estudio de irregularidade longitudinal de pavimento rodoviário utilizando aplicativo para smartphone “SmartIRI”–Estudo de caso da SC-150,» *Conhecimento em Construção*, 2023.
- [7] A. J. Santhier y G. Luvizão, «Análise da irregularidade longitudinal do pavimento por meio de comparação de dois métodos: perfilômetro a laser e aplicativo de smartphone SmartIRI – Estudo de caso SC-355,» *Conhecimento em Construção*, Joaçaba, 2022.
- [8] J. Depaz y H. Flores, «Sistema Roadroid en la evaluación de la serviciabilidad vial,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, nº 3, 2023.
- [9] R. Castillo y Y. Morales, «OPTIMIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL SOFTWARE ROADROID Y EL MÉTODO MERLÍN DE LA AV. PROLONGACIÓN IQUITOS -LINCE-LIMA- 2022,» *Universidad Privada del Norte*, 2023.
- [10] Y. H. Huang, «Pavement Analysis and Design,» Upper Saddle River, NJ, Pearson Education, Inc., 2004.
- [11] P. Sytems, «Pavement Interactive,» [En línea]. Available: <http://www.pavementinteractive.org/article/roughness/>. [Último acceso: 05 2024].
- [12] Michael W. Sayers; Michael W. Sayers, «The Little Book of Profiling: “Basic information about measuring and interpreting road profiles”,» Universidad de Michigan, 1998.

- [13] Caro F.;Peña G, «Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica,» Intekhnia.
- [14] Badilla Vargas G; Elizondo Arrieta F;Barrantes Jiménez R., «Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI,» San Jose, Universidad de Costa Rica, 2008.
- [15] «CE.010 Pavimentos Urbanos DS N° 010-2010,» de *Diseño y Construcción de Pavimentos Urbanos*, Lima, 2010.
- [16] «Rugosidad en diferentes pavimentos,» *Revista de Ingeniería de Construcción*, 1989.
- [17] P. Del Águila, «METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DELA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS,» Camineros S.A.C, Lima, 1999.
- [18] SIECA, Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, Guatemala, 2002.
- [19] Sayers;Gillespie;Paterson, «Guidelines for the Conduct and Calibration of Road Roughness Measurements,» de *World Bank Technical Paper No.46*, Washington DC, The World Bank, 1986.
- [20] K. Napaico, «Aplicación del Índice de Rugosidad Internacional "IRI" en la gestión de conservación vial urbana.,» Repositorio Institucional UPLA, 2019.

Anexos

ANEXO 1: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 1



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 2+000 - 2+400

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 01

F = 1,35


D = 54,27 mm

RUGOSIDAD = 0,593 + 0,0471D
= 3,15 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
31	26	29	29	34	25	26	30	29	30	2
30	31	26	27	27	31	32	25	26	31	2
25	29	27	29	33	32	30	31	29	30	3
25	31	26	29	26	34	30	36	23	27	4
23	25	32	29	26	27	27	31	26	25	5
30	27	26	29	30	25	26	34	27	31	6
25	34	25	32	31	29	30	25	31	29	7
27	27	25	31	30	27	29	25	30	29	8
33	25	25	30	25	27	29	25	30	25	9
30	27	32	25	29	25	22	25	39	22	10
33	25	33	29	29	29	34	33	24	30	11
25	30	29	29	30	25	31	27	32	35	12
25	30	31	30	25	25	32	29	32	25	13
32	31	33	31	34	27	34	30	30	31	14
27	25	32	30	30	29	32	30	25	25	15
29	30	25	25	27	29	29	30	31	25	16
30	31	25	25	30	30	34	31	30	31	17
25	30	30	31	25	29	31	29	25	30	18
30	32	29	27	30	29	32	25	30	25	19
31	33	25	25	29	30	31	25	30	30	20



ANEXO 3: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 3



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 2+000 - 3+200

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 03

F = 1,36




D = 45,16 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D
= 2,72 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
30	33	30	33	30	32	33	30	33	30	2
31	34	33	32	31	31	34	32	32	31	3
30	29	31	34	29	23	27	29	30	30	4
31	31	34	34	32	31	32	33	29	31	5
39	31	33	32	30	33	30	34	34	31	6
33	32	36	30	31	34	29	33	32	31	7
29	31	33	32	33	32	32	34	32	33	8
33	31	34	33	32	30	33	32	33	32	9
30	30	35	27	30	31	32	33	33	34	10
29	23	33	30	36	33	32	32	33	34	11
31	34	32	31	33	34	33	32	35	33	12
32	32	31	30	28	30	31	32	33	34	13
30	28	30	32	30	31	32	30	30	33	14
29	29	32	33	34	30	29	30	32	34	15
30	31	33	31	31	33	31	30	33	39	16
23	23	30	31	30	31	34	32	30	32	17
36	30	31	29	29	35	33	29	30	35	18
26	30	30	35	32	31	32	35	36	30	19
32	29	36	31	32	35	31	29	31	33	20
33	29	30	27	32	29	30	29	30	34	

ANEXO 4: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 4



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
 Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
 Control de calidad en obras
 Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
 Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
 Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
 978 360 036 - 993 595 300
 constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA	: km 3+200 - 3+600
HUELLA	: Externa
FECHA	: 2024-09-17
ENSAYO N°	: 04




F	= 1,36
D	= 57,66 mm
RUGOSIDAD	= 0.593 + 0.0471D = 3,32 IRI

OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO


Lectura Inicial	= 29	Esesor Pastilla
Lectura Final	= 21	= 5,5 mm
Fc	= 1,36	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											1
2											2
3											3
4											4
5											5
6											6
7											7
8											8
9											9
10											10
11											11
12											12
13											13
14											14
15											15
16											16
17											17
18											18
19											19
20											20
21											21
22											22
23											23
24											24
25											25
26											26
27											27
28											28
29											29
30											30
31											31
32											32
33											33
34											34
35											35
36											36
37											37
38											38
39											39
40											40
41											41
42											42
43											43
44											44
45											45
46											46
47											47
48											48
49											49

1	27	33	26	35	26	33	32	26	30	33	1
2	30	32	33	30	32	26	34	31	26	34	2
3	34	29	26	32	33	33	34	29	30	29	3
4	35	29	34	33	25	30	29	33	31	31	4
5	33	30	27	33	31	32	26	26	33	33	5
6	32	31	27	26	27	34	30	33	26	33	6
7	34	26	29	27	26	35	36	26	29	31	7
8	26	26	30	32	32	33	26	29	34	32	8
9	33	26	30	32	26	26	34	27	33	26	9
10	31	26	31	29	29	31	32	30	27	31	10
11	29	26	31	33	33	27	30	26	30	31	11
12	35	27	31	27	27	30	26	26	32	29	12
13	26	31	26	26	26	32	25	26	30		13
14	30	33	30	33	26	31	31	31	26	30	14
15	33	32	33	30	25	25	27	29	31	31	15
16	33	34	34	32	33	31	31	25	27	30	16
17	33	32	29	26	26	29	31	30	31	33	17
18	32	34	26	34	31	30	34	33	32	30	18
19	35	33	26	31	32	31	31	27	32	29	19
20	26	30	34	29	33	30	31	34	26	30	20

ANEXO 5: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 5



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 3+600 - 4+000

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 05

F = 1,36




D = 52,05 mm

RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471D$
= 3,04 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1												1
2												2
3												3
4												4
5												5
6												6
7												7
8												8
9												9
10												10
11												11
12												12
13												13
14												14
15												15
16												16
17												17
18												18
19												19
20												20
21												21
22												22
23												23
24												24
25												25
26											1	26
27											10	27
28											14	28
29												29
30												30
31												31
32												32
33												33
34												34
35												35
36											1	36
37												37
38												38
39												39
40												40
41												41
42												42
43												43
44												44
45												45
46												46
47												47
48												48
49												49

ANEXO 9: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella externa en el tramo 9



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 5+200 - 5+600

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 09

F = 1,36




D = 50,53 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D
= 2,97 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
29	35	29	33	30	33	33	34	32	32	2
32	30	35	30	35	31	29	31	33	33	3
29	29	30	34	34	31	28	28	32	33	4
26	31	35	28	29	34	28	34	33	29	5
26	30	34	28	29	32	35	29	33	36	6
32	32	33	33	31	33	31	35	33	31	7
34	29	33	31	33	34	26	32	34	30	8
33	32	35	28	28	25	30	35	30	34	9
30	32	35	33	33	32	33	29	33	27	10
26	31	24	27	33	27	32	28	32	29	11
34	29	31	31	29	29	29	30	32	35	12
31	30	33	35	30	26	34	34	28	29	13
29	31	32	31	32	30	29	33	28	31	14
34	32	25	34	30	29	31	33	29	30	15
31	32	35	31	34	34	35	29	30	30	16
33	31	35	32	34	31	33	30	29	28	17
26	32	30	33	28	31	29	29	34	32	18
26	29	30	28	31	33	32	34	32	33	19
29	33	28	29	28	31	31	29	33	29	20
31	31	29	35	29	30	30	29	28	33	

ANEXO 19: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 9



CONSTRUCTORA & CONSULTORIA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo

978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 5+200 - 5+600

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 09

F = 1,36

D = 56,52 mm


RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471D$
= 3,35 IRI

OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO


Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	30	29	35	29	29	32	33	30	29	1
35	33	33	29	26	29	31	29	27	31	
34	26	26	30	31	34	27	29	26	26	
31	26	31	34	29	27	30	31	33	32	
32	26	34	29	30	32	25	31	29	30	
35	26	34	31	31	27	29	27	30	27	
31	29	29	27	30	36	36	27	26	30	
30	31	31	26	29	35	25	26	26	29	
29	29	26	32	30	26	26	26	30	29	
27	31	32	32	31	26	33	31	27	30	
33	26	26	29	30	25	32	30	29	33	
26	27	29	32	32	27	26	31	25	34	
35	26	33	32	30	26	30	26	34	31	
30	32	31	31	33	27	33	31	26	31	
35	27	29	26	32	26	29	33	31	29	
32	32	31	26	29	31	34	29	30	27	
34	30	32	32	30	23	29	26	26	33	
35	34	32	27	31	30	27	34	31	29	
26	31	34	34	30	34	32	33	26	26	
26	26	29	32	30	32	32	33	31	31	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23										
25										
29										
30										
23										
30										
25										
29										
30										
29										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										



ANEXO 20: Resultados rugosímetro merlín carril derecho de la huella interna en el tramo 10



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.

TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.

FECHA DE ENSAYO : 2024-09-17

PROGRESIVA : km 5+600 - 6+000

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-17

ENSAYO N° : 10

F = 1,36


D = 49,73 mm

RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471D$
= 2,94 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO DERECHO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	32	29	28	29	32	31	28	31	32	1
29	34	34	28	29	29	26	26	34	26	2
33	26	29	28	33	26	31	31	27	26	3
29	27	29	32	27	31	31	30	32	29	4
31	28	33	28	29	31	27	30	35	30	5
34	26	32	27	30	26	34	29	33	30	6
29	30	32	33	31	30	26	33	36	36	7
31	31	26	33	33	31	32	26	26	30	8
33	30	33	33	34	26	34	29	33	31	9
30	27	33	28	30	26	33	33	31	31	10
31	31	30	27	33	30	27	29	27	31	11
29	31	33	28	29	29	30	34	32	28	12
29	34	31	31	32	28	26	36	34	32	13
29	31	33	32	31	27	32	30	31	33	14
33	30	31	27	33	31	33	27	34	32	15
33	32	33	27	33	30	29	32	34	33	16
34	30	31	31	26	29	30	34	29	33	17
34	33	31	31	26	26	34	33	27	32	18
32	29	34	27	31	29	29	30	32	26	19
31	30	29	32	31	30	34	31	34	34	20



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Tic. Henry R. Cercado-Guzman
INGENIERO CIVIL




DIRECCION DE OBRA
Ing. Royser Burga C.
INGENIERO CIVIL



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
L.E.M.
CHICLAYO

ANEXO 21: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 1



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 306
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Derecho - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 2+000 - 2+400

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 01

F = 1,36




D = 55,07 mm

RUGOSIDAD = 0,593 + 0,0471D
= 3,19 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 29 Espesor Pastilla
Lectura Final = 21 = 5,5 mm
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
32	32	26	32	26	30	31	31	29	26	2
32	34	32	33	27	33	27	31	34	32	3
31	26	31	31	30	32	30	26	27	27	4
29	31	26	30	32	32	34	25	30	35	5
31	27	31	29	32	27	27	26	31	31	6
32	30	31	27	34	26	26	26	29	29	7
30	30	33	26	32	29	29	31	36	34	8
31	26	26	31	26	33	31	27	33	30	9
31	26	31	27	25	27	37	31	34	29	10
31	27	29	26	31	33	34	26	29	34	11
34	30	33	31	26	26	32	31	35	30	12
33	26	32	34	27	27	26	30	30	33	13
29	30	26	30	34	32	29	32	33	29	14
31	32	30	30	30	29	33	26	26	31	15
33	32	31	26	32	26	30	26	34	31	16
32	33	26	33	31	29	27	26	30	29	17
30	29	30	33	29	23	29	31	33	34	18
32	30	34	31	32	34	33	32	30	33	19
31	33	27	27	31	26	30	31	29	26	20
33	30	34	32	31	26	34	26	33	27	

ANEXO 25: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 5



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
 Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
 Control de calidad en obras
 Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
 Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
 Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
 978 360 036 - 993 595 306
 constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Izquierdo - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 3+600 - 4+000

HUELLA : Externa

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 05

F = 1,36

D = 59,09 mm

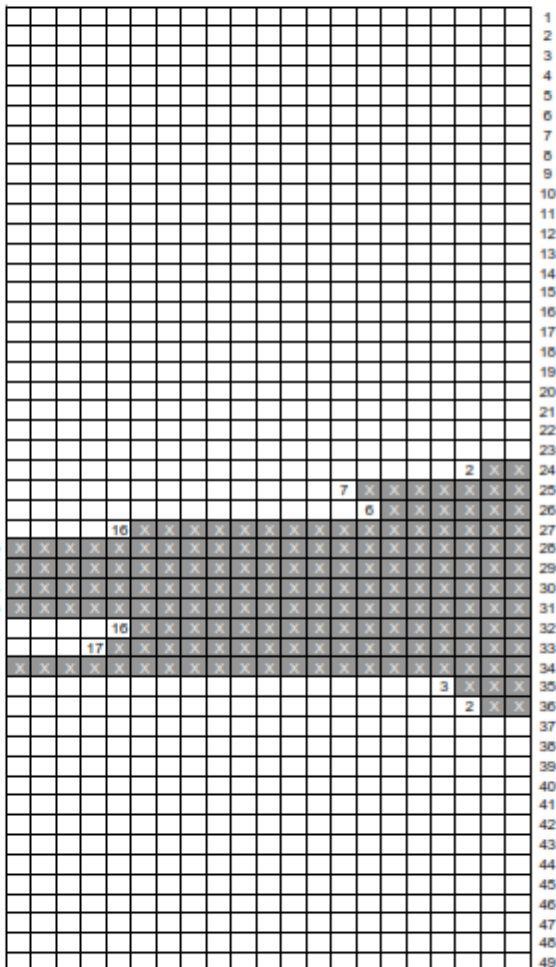
RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D
 = 3,36 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso

LADO IZQUIERDO


Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla
 Lectura Final = 22 = 5,5 mm
 Fc = 1,36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	31	30	31	33	26	27	26	33	31		1
27	31	30	26	27	30	31	33	32	30		2
30	31	30	31	33	30	26	29	26	32		3
27	33	31	29	30	32	27	29	31	26		4
32	29	29	27	34	26	34	29	26	27		5
31	33	26	29	30	24	31	25	29	27		6
31	36	26	35	26	34	33	25	26	34		7
27	25	30	30	32	31	35	34	30	33		8
32	30	32	34	31	33	29	29	32	27		9
30	30	26	29	31	30	34	26	30	26		10
30	30	30	30	32	30	34	34	27	29		11
29	30	34	32	32	32	31	29	33	34		12
33	30	34	29	30	27	31	32	26	25		13
30	26	31	26	26	26	31	30	33	32		14
31	31	25	33	34	26	27	30	29	31		15
30	34	29	33	25	27	30	27	26	30		16
29	34	33	29	30	29	31	29	26	32		17
31	34	26	29	34	24	31	31	29	26		18
31	36	26	35	26	34	33	25	26	34		19
27	29	26	30	32	31	34	34	26	33		20





ANEXO 26: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella externa en el tramo 6



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
 Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
 Control de calidad en obras
 Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
 Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
 Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
 978 360 036 - 993 595 306
 constructora.ayr.chiclayo@gmail.com


MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO	"Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"	
UBICACIÓN	Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque	
TRAMO	LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000	SUPERVISOR : Royser Burga C.
CARRIL	Izquierdo - Pavimento flexible	TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
CLIENTE	Dante Alexander Fonseca Carranza	FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18


PROGRESIVA : km 4+000 - 4+400 HUELLA : Externa FECHA : 2024-09-18 ENSAYO N° : 06	
F = 1,36 D = 54,31 mm RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D = 3,15 IRI	
OBSERVACIONES : Pavimento en Uso LADO IZQUIERDO	
Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla Lectura Final = 22 = 5,5 mm Fc = 1,36	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	30	29	28	29	33	26	32	26	27
2	29	29	31	32	31	35	30	30	31	26
3	30	27	33	28	28	35	32	26	27	24
4	34	33	24	25	29	27	31	29	30	30
5	31	29	33	30	26	30	26	30	31	26
6	27	29	33	29	26	32	29	31	32	30
7	32	30	33	29	32	29	26	27	26	30
8	31	27	29	30	32	31	29	30	30	26
9	26	29	30	30	29	30	32	27	29	27
10	30	26	31	26	27	30	31	27	29	26
11	25	33	30	25	33	27	26	26	30	23
12	30	29	31	35	34	26	26	26	31	30
13	25	33	33	35	34	30	29	33	32	27
14	32	26	26	27	26	30	29	26	36	32
15	30	29	29	30	26	26	33	31	31	32
16	32	30	31	33	32	29	30	32	33	31
17	35	29	26	26	30	33	33	29	31	32
18	26	26	26	30	30	25	31	33	30	34
19	30	33	30	30	31	26	25	26	26	30
20	30	32	26	29	32	29	29	31	32	32

1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23									1	x
24									2	x
25								6	x	x
26								10	x	x
27								14	x	x
28	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
32	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
33										
34									4	x
35									4	x
36										1
37										
38										1
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										



ANEXO 32: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 2



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Izquierdo - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 2+400 - 2+800

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 02

F = 1,36




D = 49,11 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D
= 2,91 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla = 5,5 mm
Lectura Final = 22
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
33	31	32	29	29	32	31	28	32	32	2
34	34	30	29	33	33	31	29	34	33	3
33	34	34	30	32	33	27	31	33	34	4
33	29	29	30	34	27	32	28	28	27	5
29	31	34	34	34	32	28	31	35	31	6
32	31	32	33	28	31	33	29	32	29	7
29	35	28	30	36	32	30	35	33	33	8
34	29	34	32	30	34	30	27	27	34	9
29	33	31	32	28	27	27	30	33	32	10
32	33	31	33	31	29	27	29	27	28	11
29	31	28	32	28	28	29	29	28	35	12
30	32	30	31	28	33	28	29	31	30	13
31	34	29	32	28	30	28	36	32	28	14
31	32	32	30	33	30	33	31	30	32	15
33	30	33	30	32	32	28	29	28	27	16
29	31	34	33	33	28	34	28	33	28	17
33	32	32	30	32	27	29	27	32	31	18
29	32	33	28	32	30	32	34	28	31	19
30	33	33	33	30	32	33	28	34	28	20
34	30	31	34	31	30	29	28	28	31	

ANEXO 33: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 3



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Izquierdo - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 2+800 - 3+200

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 03

F = 1,36




D = 53,74 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D
= 3,12 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla
Lectura Final = 22 = 5,5 mm
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
24	24	30	31	27	30	26	26	30	29	1
30	26	32	30	26	32	30	26	31	26	2
33	32	26	36	32	26	26	31	26	30	3
26	29	32	29	32	36	29	32	26	29	4
29	26	31	30	29	26	29	32	30	31	5
32	32	34	31	31	26	29	32	26	29	6
31	26	30	32	34	33	26	27	26	32	7
26	31	26	29	34	26	29	32	31	34	8
26	31	29	34	26	31	31	27	33	32	9
29	27	29	32	27	26	31	26	27	32	10
33	31	29	31	26	30	32	26	26	27	11
32	31	26	31	32	29	26	26	30	27	12
26	27	30	27	34	32	30	29	31	32	13
27	26	26	32	30	26	31	27	31	34	14
31	34	30	29	32	36	27	26	31	30	15
31	26	26	31	31	26	26	26	31	32	16
34	33	30	32	33	26	31	27	26	32	17
32	26	32	26	33	30	32	32	33	31	18
32	29	26	31	26	31	27	32	33	30	19
26	31	34	29	30	31	32	26	32	32	20

ANEXO 34: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 4



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO	"Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"	SUPERVISOR : Royser Burga C.
UBICACIÓN	Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque	TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
TRAMO	LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000	FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18
CARRIL	Izquierdo - Pavimento flexible	
CLIENTE	Dante Alexander Fonseca Carranza	

PROGRESIVA : km 3+200 - 3+600
HUELLA : Interna
FECHA : 2024-09-18
ENSAYO N° : 04

F = 1,36
D = 52,84 mm
RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471D = 3,05 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso

LADO IZQUIERDO


Lectura Inicial = 30	Espesor Pastilla
Lectura Final = 22	= 5,5 mm
Fc = 1,36	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	27	30	31	26	31	29	26	27	30
26	31	31	30	27	26	26	31	31	29
32	26	34	32	26	29	26	31	31	33
30	26	33	32	31	36	34	30	33	31
33	26	26	34	31	31	26	33	31	35
34	30	27	29	27	33	26	30	32	30
30	29	34	35	33	31	36	29	30	29
33	29	33	31	26	26	31	32	32	33
26	26	30	32	26	31	26	31	32	33
30	26	33	32	31	35	34	30	30	31
33	27	26	30	33	36	26	33	31	35
34	30	31	32	30	25	30	30	30	27
25	29	33	31	26	30	27	30	34	30
32	31	31	31	33	31	30	32	33	33
32	31	26	31	26	27	31	26	30	27
32	29	26	32	32	30	34	31	26	27
34	30	27	29	27	33	26	30	32	30
30	29	34	35	33	31	36	29	30	29
33	29	33	31	26	26	31	32	32	33
32	26	34	32	26	29	26	31	31	33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	7
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	23
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	25
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	26
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	28
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	29
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	34
35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	35
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	37
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	38
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49		41
42	43	44	45	46	47	48	49			42
43	44	45	46	47	48	49				43
44	45	46	47	48	49					44
45	46	47	48	49						45
46	47	48	49							46
47	48	49								47
48	49									48
49										49



ANEXO 35: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 5



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo

978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO	"Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"	
UBICACIÓN	Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque	
TRAMO	LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000	SUPERVISOR : Royser Burga C.
CARRIL	Izquierdo - Pavimento flexible	TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
CLIENTE	Dante Alexander Fonseca Carranza	FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 3+600 - 4+000

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 05

F = 1,36

D = 55,22 mm




RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471D$
= 3,19 IRI

OBSERVACIONES : Pavimento en Uso


LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla
Lectura Final = 22 = 5,5 mm
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
29	32	30	29	32	29	26	26	33	31	1
34	33	29	34	26	26	34	29	27	25	2
34	29	26	32	32	34	33	27	32	30	3
33	30	26	30	27	34	27	30	24	34	4
29	30	31	33	33	30	30	30	32	31	5
34	30	31	30	33	32	29	28	28	30	6
34	30	33	32	31	35	34	31	32	29	7
30	30	30	33	33	24	30	31	28	30	8
33	29	30	31	26	29	36	29	33	25	9
33	29	30	32	29	26	30	28	27	34	10
32	27	30	32	29	27	33	29	30	27	11
33	26	26	36	25	29	31	31	33	27	12
34	29	33	32	26	31	28	26	30	25	13
31	30	32	33	25	27	31	26	25	33	14
33	30	30	31	31	26	32	31	29	30	15
31	34	32	26	29	26	32	25	32	29	16
29	33	32	27	31	29	32	32	33	31	17
31	29	34	33	25	34	34	31	32	34	18
31	33	25	34	31	33	30	30	27	27	19
33	32	31	32	26	34	27	27	33	32	20

ANEXO 36: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 6



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Izquierdo - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 4+000 - 4+400

HUELLA : Interna

FECHA : 2024-09-18

ENSAYO N° : 06

F = 1,36




D = 50,65 mm

RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471D$
= 2,95 IRI


OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30 Espesor Pastilla = 5,5 mm
Lectura Final = 22
Fc = 1,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	30	29	26	29	30	31	30	31	32
29	31	32	28	29	32	26	29	29	31
33	26	26	34	31	34	31	28	29	33
31	26	32	30	26	27	31	29	27	26
32	29	26	29	27	26	33	29	32	34
32	30	30	33	30	27	31	31	27	30
33	26	33	32	30	35	36	30	26	32
31	29	33	33	30	34	29	34	29	26
32	26	31	26	26	31	32	31	32	29
29	26	30	26	34	30	30	34	32	32
31	31	35	34	26	27	30	29	29	30
34	31	29	27	33	26	26	32	34	27
29	30	33	31	30	27	29	36	26	30
30	32	30	30	32	26	33	33	31	32
31	31	30	31	27	29	32	27	30	27
34	33	32	33	26	29	33	29	32	31
30	34	27	34	32	26	26	30	29	32
29	30	26	34	32	29	34	34	33	33
34	33	26	30	29	27	26	31	34	26
34	32	34	29	29	27	29	31	30	33

ANEXO 40: Resultados rugosímetro merlín carril izquierdo de la huella interna en el tramo 10



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
 Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
 Control de calidad en obras
 Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
 Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general

Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
 Fundo "El Cerrito" - Chiclayo
 978 360 036 - 993 595 306
 constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

PROYECTO : "Evaluación comparativa del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro MERLIN, método topográfico y aplicativo Total Paye"

UBICACIÓN : Provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque

TRAMO : LA-116 Prog. Km 2+000 - km 6+000

CARRIL : Izquierdo - Pavimento flexible

CLIENTE : Dante Alexander Fonseca Carranza

SUPERVISOR : Royser Burga C.
TECNICO DE LAB. : Henry Cercado G.
FECHA DE ENSAYO : 2024-09-18

PROGRESIVA : km 5+000 - 6+000
HUELLA : Interna
FECHA : 2024-09-18
ENSAYO N° : 10

F = 1,36
D = 52,57 mm
RUGOSIDAD = 0,593 + 0,0471D = 3,07 IRI

OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30	Espesor Pastilla
Lectura Final = 22	= 5,5 mm
Fc = 1,36	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	32	27	33	31	31	30	26	33	32
34	26	34	26	33	27	30	33	33	30
31	30	33	32	33	32	26	34	27	27
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
31	29	29	31	32	29	32	32	37	30
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
26	30	31	33	32	27	25	27	36	34
30	31	27	32	31	27	30	25	32	26
33	31	31	34	27	32	32	34	32	26
32	26	29	30	30	31	33	32	29	33
34	26	34	26	33	27	30	33	33	30
26	26	30	31	27	25	30	31	25	24
30	26	31	26	30	27	30	31	33	32
26	30	31	32	34	32	26	34	27	29
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
32	30	27	36	32	30	34	27	36	32
34	31	27	34	33	27	34	30	32	29
33	29	32	31	26	31	32	26	26	33
32	26	29	30	30	31	33	32	29	33
33	26	27	30	31	26	30	33	31	30

PROGRESIVA : km 5+000 - 6+000
HUELLA : Interna
FECHA : 2024-09-18
ENSAYO N° : 10


F = 1,36
D = 52,57 mm
RUGOSIDAD = 0,593 + 0,0471D = 3,07 IRI

OBSERVACIONES : Pavimento en Uso
LADO IZQUIERDO

Lectura Inicial = 30	Espesor Pastilla
Lectura Final = 22	= 5,5 mm
Fc = 1,36	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	32	27	33	31	31	30	26	33	32
34	26	34	26	33	27	30	33	33	30
31	30	33	32	33	32	26	34	27	27
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
31	29	29	31	32	29	32	32	37	30
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
26	30	31	33	32	27	25	27	36	34
30	31	27	32	31	27	30	25	32	26
33	31	31	34	27	32	32	34	32	26
32	26	29	30	30	31	33	32	29	33
34	26	34	26	33	27	30	33	33	30
26	26	30	31	27	25	30	31	25	24
30	26	31	26	30	27	30	31	33	32
26	30	31	32	34	32	26	34	27	29
29	32	26	27	34	31	32	31	31	33
32	30	27	36	32	30	34	27	36	32
34	31	27	34	33	27	34	30	32	29
33	29	32	31	26	31	32	26	26	33
32	26	29	30	30	31	33	32	29	33
33	26	27	30	31	26	30	33	31	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50



ANEXO 41: Resultados nivel y mira carril derecho

CARRIL DERECHO KM 2+000 - 2+320						
PUNTO	V atras(+)	Huella der.		Huella Izq.		COTA
		v (-)	cota	v (-)	cota	
BM	0.661					58
0		1.339	57.322	1.301	57.360	
0.25		1.338	57.323	1.301	57.360	
0.5		1.339	57.322	1.305	57.356	
0.75		1.337	57.324	1.301	57.360	
1		1.333	57.328	1.301	57.360	
1.25		1.335	57.326	1.300	57.361	
1.5		1.334	57.327	1.300	57.361	
1.75		1.332	57.329	1.299	57.362	
2		1.331	57.33	1.301	57.360	
2.25		1.329	57.332	1.300	57.361	
2.5		1.329	57.332	1.299	57.362	
2.75		1.33	57.331	1.300	57.361	
3		1.325	57.336	1.299	57.362	
3.25		1.326	57.335	1.299	57.362	
3.5		1.321	57.34	1.298	57.363	
3.75		1.321	57.34	1.298	57.363	
4		1.32	57.341	1.295	57.366	
4.25		1.319	57.342	1.294	57.367	
4.5		1.319	57.342	1.291	57.370	
4.75		1.318	57.343	1.292	57.369	
5		1.318	57.343	1.290	57.371	
5.25		1.315	57.346	1.288	57.373	
5.5		1.317	57.344	1.291	57.370	
5.75		1.314	57.347	1.290	57.371	
6		1.313	57.348	1.290	57.371	
6.25		1.312	57.349	1.289	57.372	
6.5		1.313	57.348	1.289	57.372	
6.75		1.312	57.349	1.288	57.373	
7		1.311	57.35	1.287	57.374	
7.25		1.309	57.352	1.284	57.377	
7.5		1.308	57.353	1.283	57.378	
7.75		1.306	57.355	1.280	57.381	
8		1.306	57.355	1.280	57.381	
8.25		1.307	57.354	1.280	57.381	
8.5		1.307	57.354	1.279	57.382	
8.75		1.308	57.353	1.279	57.382	
9		1.309	57.352	1.279	57.382	
9.25		1.31	57.351	1.280	57.381	
9.5		1.309	57.352	1.278	57.383	

9.75		1.31	57.351	1.279	57.382	
10		1.309	57.352	1.278	57.383	
10.25		1.308	57.353	1.277	57.384	
10.5		1.308	57.353	1.277	57.384	
10.75		1.307	57.354	1.277	57.384	
11		1.308	57.353	1.278	57.383	
11.25		1.309	57.352	1.279	57.382	
11.5		1.309	57.352	1.280	57.381	
11.75		1.31	57.351	1.281	57.380	
12		1.309	57.352	1.281	57.380	
12.25		1.31	57.351	1.281	57.380	
12.5		1.31	57.351	1.280	57.381	
12.75		1.311	57.35	1.280	57.381	
13		1.311	57.35	1.279	57.382	
13.25		1.311	57.35	1.278	57.383	
13.5		1.31	57.351	1.276	57.385	
13.75		1.311	57.35	1.277	57.384	
14		1.314	57.347	1.279	57.382	
14.25		1.312	57.349	1.277	57.384	
14.5		1.311	57.35	1.276	57.385	
14.75		1.309	57.352	1.275	57.386	
15		1.309	57.352	1.275	57.386	
15.25		1.308	57.353	1.275	57.386	
15.5		1.308	57.353	1.277	57.384	
15.75		1.307	57.354	1.277	57.384	
16		1.306	57.355	1.278	57.383	
16.25		1.304	57.357	1.275	57.386	
16.5		1.305	57.356	1.275	57.386	
16.75		1.303	57.358	1.272	57.389	
17		1.302	57.359	1.270	57.391	
17.25		1.3	57.361	1.267	57.394	
17.5		1.301	57.36	1.267	57.394	
17.75		1.299	57.362	1.265	57.396	
18		1.298	57.363	1.263	57.398	
18.25		1.296	57.365	1.261	57.400	
18.5		1.297	57.364	1.262	57.399	
18.75		1.295	57.366	1.260	57.401	
19		1.295	57.366	1.260	57.401	
19.25		1.293	57.368	1.259	57.402	
19.5		1.294	57.367	1.260	57.401	
19.75		1.292	57.369	1.259	57.402	
20		1.291	57.37	1.259	57.402	
20.25		1.29	57.371	1.258	57.403	
20.5		1.29	57.371	1.259	57.402	
20.75		1.289	57.372	1.258	57.403	

21		1.289	57.372	1.259	57.402	
21.25		1.287	57.374	1.258	57.403	
21.5		1.288	57.373	1.260	57.401	
21.75		1.286	57.375	1.259	57.402	
22		1.285	57.376	1.259	57.402	
22.25		1.286	57.375	1.260	57.401	
22.5		1.286	57.375	1.259	57.402	
22.75		1.287	57.374	1.260	57.401	
23		1.286	57.375	1.259	57.402	
23.25		1.283	57.378	1.256	57.405	
23.5		1.281	57.38	1.253	57.408	
23.75		1.278	57.383	1.250	57.411	
24		1.279	57.382	1.251	57.410	
24.25		1.276	57.385	1.249	57.412	
24.5		1.274	57.387	1.248	57.413	
24.75		1.271	57.39	1.246	57.415	
25		1.272	57.389	1.248	57.413	
25.25		1.269	57.392	1.247	57.414	
25.5		1.267	57.394	1.246	57.415	
25.75		1.264	57.397	1.245	57.416	
26		1.264	57.397	1.247	57.414	
26.25		1.262	57.399	1.245	57.416	
26.5		1.261	57.4	1.244	57.417	
26.75		1.259	57.402	1.242	57.419	
27		1.259	57.402	1.242	57.419	
27.25		1.258	57.403	1.241	57.420	
27.5		1.258	57.403	1.240	57.421	
27.75		1.257	57.404	1.239	57.422	
28		1.256	57.405	1.238	57.423	
28.25		1.255	57.406	1.237	57.424	
28.5		1.255	57.406	1.238	57.423	
28.75		1.254	57.407	1.237	57.424	
29		1.255	57.406	1.239	57.422	
29.25		1.255	57.406	1.238	57.423	
29.5		1.254	57.407	1.236	57.425	
29.75		1.255	57.406	1.236	57.425	
30		1.255	57.406	1.235	57.426	
30.25		1.254	57.407	1.233	57.428	
30.5		1.254	57.407	1.232	57.429	
30.75		1.253	57.408	1.231	57.430	
31		1.252	57.409	1.229	57.432	
31.25		1.253	57.408	1.230	57.431	
31.5		1.253	57.408	1.229	57.432	
31.75		1.254	57.407	1.230	57.431	
32		1.253	57.408	1.229	57.432	

32.25		1.252	57.409	1.228	57.433	
32.5		1.252	57.409	1.229	57.432	
32.75		1.251	57.41	1.228	57.433	
33		1.25	57.411	1.228	57.433	
33.25		1.249	57.412	1.224	57.437	
33.5		1.248	57.413	1.221	57.440	
33.75		1.248	57.413	1.218	57.443	
34		1.258	57.403	1.226	57.435	
34.25		1.258	57.403	1.227	57.434	
34.5		1.257	57.404	1.227	57.434	
34.75		1.255	57.406	1.226	57.435	
35		1.25	57.411	1.222	57.439	
35.25		1.249	57.412	1.221	57.440	
35.5		1.249	57.412	1.220	57.441	
35.75		1.248	57.413	1.219	57.442	
36		1.248	57.413	1.219	57.442	
36.25		1.247	57.414	1.219	57.442	
36.5		1.247	57.414	1.220	57.441	
36.75		1.246	57.415	1.220	57.441	
37		1.245	57.416	1.220	57.441	
37.25		1.243	57.418	1.219	57.442	
37.5		1.244	57.417	1.221	57.440	
37.75		1.242	57.419	1.220	57.441	
38		1.241	57.42	1.220	57.441	
38.25		1.24	57.421	1.218	57.443	
38.5		1.241	57.42	1.218	57.443	
38.75		1.243	57.418	1.219	57.442	
39		1.241	57.42	1.216	57.445	
39.25		1.239	57.422	1.213	57.448	
39.5		1.24	57.421	1.214	57.447	
39.75		1.238	57.423	1.211	57.450	
40		1.238	57.423	1.211	57.450	
40.25		1.236	57.425	1.207	57.454	
40.5		1.237	57.424	1.207	57.454	
40.75		1.235	57.426	1.203	57.458	
41		1.234	57.427	1.201	57.460	
41.25		1.233	57.428	1.201	57.460	
41.5		1.233	57.428	1.202	57.459	
41.75		1.232	57.429	1.202	57.459	
42		1.23	57.431	1.201	57.460	
42.25		1.229	57.432	1.201	57.460	
42.5		1.229	57.432	1.201	57.460	
42.75		1.228	57.433	1.201	57.460	
43		1.227	57.434	1.201	57.460	
43.25		1.226	57.435	1.200	57.461	

43.5		1.226	57.435	1.200	57.461	
43.75		1.225	57.436	1.200	57.461	
44		1.225	57.436	1.200	57.461	
44.25		1.223	57.438	1.198	57.463	
44.5		1.224	57.437	1.200	57.461	
44.75		1.222	57.439	1.198	57.463	
45		1.222	57.439	1.199	57.462	
45.25		1.223	57.438	1.200	57.461	
45.5		1.222	57.439	1.199	57.462	
45.75		1.223	57.438	1.200	57.461	
46		1.221	57.44	1.198	57.463	
46.25		1.219	57.442	1.195	57.466	
46.5		1.217	57.444	1.193	57.468	
46.75		1.215	57.446	1.190	57.471	
47		1.215	57.446	1.190	57.471	
47.25		1.213	57.448	1.189	57.472	
47.5		1.212	57.449	1.189	57.472	
47.75		1.21	57.451	1.189	57.472	
48		1.21	57.451	1.190	57.471	
48.25		1.211	57.45	1.191	57.470	
48.5		1.211	57.45	1.190	57.471	
48.75		1.212	57.449	1.191	57.470	
49		1.212	57.449	1.191	57.470	
49.25		1.211	57.45	1.188	57.473	
49.5		1.21	57.451	1.185	57.476	
49.75		1.21	57.451	1.183	57.478	
50	1.399	1.212	57.449	1.183	57.478	
50.25		1.401	57.447	1.371	57.477	
50.5		1.4	57.448	1.368	57.480	
50.75		1.402	57.446	1.369	57.479	
51		1.396	57.452	1.362	57.486	
51.25		1.395	57.453	1.361	57.487	
51.5		1.395	57.453	1.362	57.486	
51.75		1.394	57.454	1.361	57.487	
52		1.393	57.455	1.361	57.487	
52.25		1.392	57.456	1.360	57.488	
52.5		1.392	57.456	1.360	57.488	
52.75		1.391	57.457	1.359	57.489	
53		1.392	57.456	1.360	57.488	
53.25		1.391	57.457	1.360	57.488	
53.5		1.391	57.457	1.360	57.488	
53.75		1.39	57.458	1.360	57.488	
54		1.39	57.458	1.361	57.487	
54.25		1.391	57.457	1.362	57.486	
54.5		1.391	57.457	1.362	57.486	

54.75		1.392	57.456	1.363	57.485	
55		1.391	57.457	1.362	57.486	
55.25		1.389	57.459	1.360	57.488	
55.5		1.39	57.458	1.361	57.487	
55.75		1.388	57.46	1.360	57.488	
56		1.388	57.46	1.360	57.488	
56.25		1.387	57.461	1.358	57.490	
56.5		1.387	57.461	1.357	57.491	
56.75		1.386	57.462	1.355	57.493	
57		1.385	57.463	1.353	57.495	
57.25		1.383	57.465	1.352	57.496	
57.5		1.382	57.466	1.352	57.496	
57.75		1.38	57.468	1.351	57.497	
58		1.38	57.468	1.352	57.496	
58.25		1.379	57.469	1.351	57.497	
58.5		1.379	57.469	1.351	57.497	
58.75		1.378	57.47	1.351	57.497	
59		1.378	57.47	1.351	57.497	
59.25		1.376	57.472	1.350	57.498	
59.5		1.377	57.471	1.351	57.497	
59.75		1.375	57.473	1.350	57.498	
60		1.374	57.474	1.350	57.498	
60.25		1.372	57.476	1.349	57.499	
60.5		1.371	57.477	1.349	57.499	
60.75		1.369	57.479	1.349	57.499	
61		1.369	57.479	1.350	57.498	
61.25		1.367	57.481	1.349	57.499	
61.5		1.368	57.48	1.350	57.498	
61.75		1.366	57.482	1.349	57.499	
62		1.365	57.483	1.349	57.499	
62.25		1.363	57.485	1.344	57.504	
62.5		1.362	57.486	1.341	57.507	
62.75		1.36	57.488	1.336	57.512	
63		1.36	57.488	1.334	57.514	
63.25		1.358	57.49	1.333	57.515	
63.5		1.357	57.491	1.333	57.515	
63.75		1.355	57.493	1.333	57.515	
64		1.355	57.493	1.334	57.514	
64.25		1.353	57.495	1.332	57.516	
64.5		1.354	57.494	1.333	57.515	
64.75		1.352	57.496	1.332	57.516	
65		1.351	57.497	1.331	57.517	
65.25		1.35	57.498	1.330	57.518	
65.5		1.35	57.498	1.331	57.517	
65.75		1.349	57.499	1.330	57.518	

66		1.348	57.5	1.330	57.518	
66.25		1.345	57.503	1.328	57.520	
66.5		1.343	57.505	1.328	57.520	
66.75		1.34	57.508	1.326	57.522	
67		1.341	57.507	1.329	57.519	
67.25		1.34	57.508	1.326	57.522	
67.5		1.34	57.508	1.324	57.524	
67.75		1.339	57.509	1.322	57.526	
68		1.338	57.51	1.319	57.529	
68.25		1.337	57.511	1.316	57.532	
68.5		1.337	57.511	1.315	57.533	
68.75		1.336	57.512	1.312	57.536	
69		1.337	57.511	1.312	57.536	
69.25		1.336	57.512	1.311	57.537	
69.5		1.336	57.512	1.311	57.537	
69.75		1.335	57.513	1.311	57.537	
70		1.334	57.514	1.310	57.538	
70.25		1.333	57.515	1.308	57.540	
70.5		1.334	57.514	1.308	57.540	
70.75		1.336	57.512	1.309	57.539	
71		1.331	57.517	1.303	57.545	
71.25		1.329	57.519	1.301	57.547	
71.5		1.33	57.518	1.302	57.546	
71.75		1.328	57.52	1.300	57.548	
72		1.327	57.521	1.299	57.549	
72.25		1.328	57.52	1.299	57.549	
72.5		1.327	57.521	1.298	57.550	
72.75		1.328	57.52	1.298	57.550	
73		1.325	57.523	1.295	57.553	
73.25		1.327	57.521	1.295	57.553	
73.5		1.326	57.522	1.292	57.556	
73.75		1.328	57.52	1.293	57.555	
74		1.328	57.52	1.291	57.557	
74.25		1.326	57.522	1.290	57.558	
74.5		1.325	57.523	1.289	57.559	
74.75		1.323	57.525	1.288	57.560	
75		1.323	57.525	1.289	57.559	
75.25		1.322	57.526	1.288	57.560	
75.5		1.322	57.526	1.289	57.559	
75.75		1.321	57.527	1.288	57.560	
76		1.321	57.527	1.289	57.559	
76.25		1.322	57.526	1.288	57.560	
76.5		1.322	57.526	1.285	57.563	
76.75		1.323	57.525	1.284	57.564	
77		1.322	57.526	1.281	57.567	

77.25		1.32	57.528	1.280	57.568	
77.5		1.319	57.529	1.280	57.568	
77.75		1.317	57.531	1.280	57.568	
78		1.317	57.531	1.281	57.567	
78.25		1.315	57.533	1.280	57.568	
78.5		1.316	57.532	1.282	57.566	
78.75		1.314	57.534	1.282	57.566	
79		1.313	57.535	1.282	57.566	
79.25		1.312	57.536	1.282	57.566	
79.5		1.312	57.536	1.283	57.565	
79.75		1.311	57.537	1.283	57.565	
80		1.31	57.538	1.283	57.565	
80.25		1.309	57.539	1.282	57.566	
80.5		1.309	57.539	1.282	57.566	
80.75		1.308	57.54	1.281	57.567	
81		1.309	57.539	1.282	57.566	
81.25		1.306	57.542	1.280	57.568	
81.5		1.304	57.544	1.279	57.569	
81.75		1.301	57.547	1.277	57.571	
82		1.302	57.546	1.279	57.569	
82.25		1.301	57.547	1.276	57.572	
82.5		1.301	57.547	1.274	57.574	
82.75		1.3	57.548	1.272	57.576	
83		1.3	57.548	1.270	57.578	
83.25		1.296	57.552	1.270	57.578	
83.5		1.292	57.556	1.269	57.579	
83.75		1.288	57.56	1.269	57.579	
84		1.288	57.56	1.273	57.575	
84.25		1.289	57.559	1.274	57.574	
84.5		1.289	57.559	1.274	57.574	
84.75		1.29	57.558	1.276	57.572	
85		1.29	57.558	1.276	57.572	
85.25		1.288	57.56	1.273	57.575	
85.5		1.287	57.561	1.272	57.576	
85.75		1.285	57.563	1.269	57.579	
86		1.285	57.563	1.269	57.579	
86.25		1.287	57.561	1.271	57.577	
86.5		1.286	57.562	1.269	57.579	
86.75		1.288	57.56	1.271	57.577	
87		1.288	57.56	1.271	57.577	
87.25		1.289	57.559	1.271	57.577	
87.5		1.289	57.559	1.270	57.578	
87.75		1.29	57.558	1.270	57.578	
88		1.29	57.558	1.269	57.579	
88.25		1.289	57.559	1.268	57.580	

88.5		1.289	57.559	1.268	57.580	
88.75		1.288	57.56	1.268	57.580	
89		1.288	57.56	1.268	57.580	
89.25		1.289	57.559	1.269	57.579	
89.5		1.288	57.56	1.267	57.581	
89.75		1.289	57.559	1.268	57.580	
90		1.288	57.56	1.267	57.581	
90.25		1.286	57.562	1.264	57.584	
90.5		1.287	57.561	1.263	57.585	
90.75		1.285	57.563	1.260	57.588	
91		1.285	57.563	1.259	57.589	
91.25		1.283	57.565	1.258	57.590	
91.5		1.284	57.564	1.260	57.588	
91.75		1.282	57.566	1.259	57.589	
92		1.281	57.567	1.259	57.589	
92.25		1.283	57.565	1.260	57.588	
92.5		1.282	57.566	1.258	57.590	
92.75		1.284	57.564	1.259	57.589	
93		1.284	57.564	1.258	57.590	
93.25		1.285	57.563	1.257	57.591	
93.5		1.285	57.563	1.254	57.594	
93.75		1.286	57.562	1.253	57.595	
94		1.287	57.561	1.252	57.596	
94.25		1.286	57.562	1.252	57.596	
94.5		1.286	57.562	1.252	57.596	
94.75		1.285	57.563	1.252	57.596	
95		1.285	57.563	1.253	57.595	
95.25		1.286	57.562	1.253	57.595	
95.5		1.285	57.563	1.252	57.596	
95.75		1.286	57.562	1.252	57.596	
96		1.285	57.563	1.251	57.597	
96.25		1.283	57.565	1.248	57.600	
96.5		1.281	57.567	1.246	57.602	
96.75		1.279	57.569	1.243	57.605	
97		1.279	57.569	1.243	57.605	
97.25		1.277	57.571	1.243	57.605	
97.5		1.276	57.572	1.243	57.605	
97.75		1.274	57.574	1.243	57.605	
98		1.274	57.574	1.245	57.603	
98.25		1.275	57.573	1.246	57.602	
98.5		1.274	57.574	1.245	57.603	
98.75		1.275	57.573	1.246	57.602	
99		1.27	57.578	1.241	57.607	
99.25		1.268	57.58	1.240	57.608	
99.5		1.266	57.582	1.239	57.609	

99.75		1.264	57.584	1.239	57.609	
100	1.755	1.264	57.584	1.240	57.608	
100.25		1.756	57.583	1.730	57.609	
100.5		1.756	57.583	1.729	57.610	
100.75		1.755	57.584	1.729	57.610	
101		1.753	57.586	1.727	57.612	
101.25		1.751	57.588	1.726	57.613	
101.5		1.75	57.589	1.724	57.615	
101.75		1.748	57.591	1.720	57.619	
102		1.748	57.591	1.721	57.618	
102.25		1.747	57.592	1.721	57.618	
102.5		1.747	57.592	1.720	57.619	
102.75		1.746	57.593	1.720	57.619	
103		1.745	57.594	1.719	57.620	
103.25		1.744	57.595	1.719	57.620	
103.5		1.744	57.595	1.718	57.621	
103.75		1.743	57.596	1.716	57.623	
104		1.743	57.596	1.717	57.622	
104.25		1.744	57.595	1.718	57.621	
104.5		1.743	57.596	1.718	57.621	
104.75		1.744	57.595	1.718	57.621	
105		1.743	57.596	1.717	57.622	
105.25		1.742	57.597	1.715	57.624	
105.5		1.742	57.597	1.716	57.623	
105.75		1.741	57.598	1.715	57.624	
106		1.741	57.598	1.716	57.623	
106.25		1.74	57.599	1.714	57.625	
106.5		1.74	57.599	1.713	57.626	
106.75		1.739	57.6	1.713	57.626	
107		1.74	57.599	1.714	57.625	
107.25		1.739	57.6	1.714	57.625	
107.5		1.739	57.6	1.713	57.626	
107.75		1.738	57.601	1.711	57.628	
108		1.739	57.6	1.713	57.626	
108.25		1.737	57.602	1.711	57.628	
108.5		1.738	57.601	1.713	57.626	
108.75		1.736	57.603	1.710	57.629	
109		1.736	57.603	1.709	57.630	
109.25		1.735	57.604	1.709	57.630	
109.5		1.735	57.604	1.709	57.630	
109.75		1.734	57.605	1.709	57.630	
110		1.735	57.604	1.709	57.630	
110.25		1.736	57.603	1.710	57.629	
110.5		1.735	57.604	1.708	57.631	
110.75		1.736	57.603	1.710	57.629	

111		1.735	57.604	1.709	57.630	
111.25		1.733	57.606	1.708	57.631	
111.5		1.734	57.605	1.708	57.631	
111.75		1.732	57.607	1.705	57.634	
112		1.731	57.608	1.705	57.634	
112.25		1.73	57.609	1.704	57.635	
112.5		1.73	57.609	1.705	57.634	
112.75		1.729	57.61	1.703	57.636	
113		1.73	57.609	1.703	57.636	
113.25		1.729	57.61	1.703	57.636	
113.5		1.729	57.61	1.703	57.636	
113.75		1.728	57.611	1.703	57.636	
114		1.729	57.61	1.703	57.636	
114.25		1.727	57.612	1.700	57.639	
114.5		1.728	57.611	1.702	57.637	
114.75		1.726	57.613	1.700	57.639	
115		1.725	57.614	1.700	57.639	
115.25		1.726	57.613	1.700	57.639	
115.5		1.725	57.614	1.699	57.640	
115.75		1.726	57.613	1.699	57.640	
116		1.725	57.614	1.699	57.640	
116.25		1.723	57.616	1.697	57.642	
116.5		1.724	57.615	1.699	57.640	
116.75		1.722	57.617	1.696	57.643	
117		1.722	57.617	1.695	57.644	
117.25		1.721	57.618	1.695	57.644	
117.5		1.721	57.618	1.695	57.644	
117.75		1.72	57.619	1.695	57.644	
118		1.719	57.62	1.693	57.646	
118.25		1.717	57.622	1.691	57.648	
118.5		1.718	57.621	1.691	57.648	
118.75		1.716	57.623	1.690	57.649	
119		1.715	57.624	1.689	57.650	
119.25		1.713	57.626	1.688	57.651	
119.5		1.712	57.627	1.686	57.653	
119.75		1.71	57.629	1.683	57.656	
120		1.71	57.629	1.684	57.655	
120.25		1.709	57.63	1.683	57.656	
120.5		1.709	57.63	1.684	57.655	
120.75		1.708	57.631	1.682	57.657	
121		1.708	57.631	1.682	57.657	
121.25		1.705	57.634	1.678	57.661	
121.5		1.703	57.636	1.677	57.662	
121.75		1.7	57.639	1.674	57.665	
122		1.701	57.638	1.676	57.663	

122.25		1.702	57.637	1.676	57.663	
122.5		1.701	57.638	1.674	57.665	
122.75		1.702	57.637	1.676	57.663	
123		1.701	57.638	1.675	57.664	
123.25		1.7	57.639	1.675	57.664	
123.5		1.7	57.639	1.674	57.665	
123.75		1.699	57.64	1.673	57.666	
124		1.7	57.639	1.673	57.666	
124.25		1.701	57.638	1.675	57.664	
124.5		1.7	57.639	1.674	57.665	
124.75		1.701	57.638	1.676	57.663	
125		1.7	57.639	1.674	57.665	
125.25		1.699	57.64	1.672	57.667	
125.5		1.699	57.64	1.673	57.666	
125.75		1.698	57.641	1.672	57.667	
126		1.699	57.64	1.674	57.665	
126.25		1.7	57.639	1.674	57.665	
126.5		1.7	57.639	1.674	57.665	
126.75		1.701	57.638	1.674	57.665	
127		1.7	57.639	1.674	57.665	
127.25		1.698	57.641	1.672	57.667	
127.5		1.699	57.64	1.674	57.665	
127.75		1.697	57.642	1.671	57.668	
128		1.696	57.643	1.669	57.670	
128.25		1.694	57.645	1.668	57.671	
128.5		1.692	57.647	1.666	57.673	
128.75		1.69	57.649	1.665	57.674	
129		1.69	57.649	1.664	57.675	
129.25		1.687	57.652	1.661	57.678	
129.5		1.685	57.654	1.658	57.681	
129.75		1.682	57.657	1.656	57.683	
130		1.683	57.656	1.657	57.682	
130.25		1.681	57.658	1.656	57.683	
130.5		1.682	57.657	1.656	57.683	
130.75		1.68	57.659	1.653	57.686	
131		1.68	57.659	1.654	57.685	
131.25		1.678	57.661	1.652	57.687	
131.5		1.677	57.662	1.652	57.687	
131.75		1.675	57.664	1.649	57.690	
132		1.675	57.664	1.649	57.690	
132.25		1.673	57.666	1.646	57.693	
132.5		1.672	57.667	1.646	57.693	
132.75		1.67	57.669	1.644	57.695	
133		1.67	57.669	1.645	57.694	
133.25		1.669	57.67	1.643	57.696	

133.5		1.669	57.67	1.642	57.697	
133.75		1.668	57.671	1.642	57.697	
134		1.667	57.672	1.641	57.698	
134.25		1.668	57.671	1.643	57.696	
134.5		1.668	57.671	1.642	57.697	
134.75		1.669	57.67	1.643	57.696	
135		1.668	57.671	1.641	57.698	
135.25		1.666	57.673	1.640	57.699	
135.5		1.665	57.674	1.639	57.700	
135.75		1.663	57.676	1.637	57.702	
136		1.663	57.676	1.636	57.703	
136.25		1.662	57.677	1.636	57.703	
136.5		1.662	57.677	1.636	57.703	
136.75		1.661	57.678	1.636	57.703	
137		1.661	57.678	1.635	57.704	
137.25		1.662	57.677	1.635	57.704	
137.5		1.661	57.678	1.635	57.704	
137.75		1.662	57.677	1.636	57.703	
138		1.661	57.678	1.636	57.703	
138.25		1.662	57.677	1.636	57.703	
138.5		1.661	57.678	1.635	57.704	
138.75		1.662	57.677	1.635	57.704	
139		1.661	57.678	1.635	57.704	
139.25		1.66	57.679	1.634	57.705	
139.5		1.66	57.679	1.635	57.704	
139.75		1.659	57.68	1.633	57.706	
140		1.66	57.679	1.633	57.706	
140.25		1.658	57.681	1.632	57.707	
140.5		1.656	57.683	1.630	57.709	
140.75		1.654	57.685	1.629	57.710	
141		1.654	57.685	1.628	57.711	
141.25		1.652	57.687	1.627	57.712	
141.5		1.651	57.688	1.627	57.712	
141.75		1.649	57.69	1.623	57.716	
142		1.649	57.69	1.622	57.717	
142.25		1.65	57.689	1.624	57.715	
142.5		1.649	57.69	1.623	57.716	
142.75		1.65	57.689	1.625	57.714	
143		1.649	57.69	1.623	57.716	
143.25		1.646	57.693	1.619	57.720	
143.5		1.644	57.695	1.618	57.721	
143.75		1.641	57.698	1.615	57.724	
144		1.642	57.697	1.617	57.722	
144.25		1.641	57.698	1.615	57.724	
144.5		1.641	57.698	1.615	57.724	

144.75		1.64	57.699	1.613	57.726	
145		1.641	57.698	1.615	57.724	
145.25		1.64	57.699	1.614	57.725	
145.5		1.64	57.699	1.615	57.724	
145.75		1.639	57.7	1.613	57.726	
146		1.639	57.7	1.612	57.727	
146.25		1.637	57.702	1.611	57.728	
146.5		1.638	57.701	1.612	57.727	
146.75		1.636	57.703	1.611	57.728	
147		1.635	57.704	1.609	57.730	
147.25		1.634	57.705	1.612	57.727	
147.5		1.634	57.705	1.608	57.731	
147.75		1.633	57.706	1.606	57.733	
148		1.634	57.705	1.608	57.731	
148.25		1.633	57.706	1.607	57.732	
148.5		1.633	57.706	1.608	57.731	
148.75		1.632	57.707	1.606	57.733	
149		1.632	57.707	1.605	57.734	
149.25		1.631	57.708	1.605	57.734	
149.5		1.631	57.708	1.605	57.734	
149.75		1.63	57.709	1.605	57.734	
150		1.629	57.71	1.603	57.736	
150.25		1.63	57.709	1.604	57.735	
150.5		1.63	57.709	1.603	57.736	
150.75		1.631	57.708	1.605	57.734	
151		1.63	57.709	1.604	57.735	
151.25		1.629	57.71	1.604	57.735	
151.5		1.629	57.71	1.603	57.736	
151.75		1.628	57.711	1.601	57.738	
152		1.627	57.712	1.601	57.738	
152.25		1.625	57.714	1.599	57.740	
152.5		1.624	57.715	1.599	57.740	
152.75		1.622	57.717	1.596	57.743	
153		1.622	57.717	1.596	57.743	
153.25		1.62	57.719	1.593	57.746	
153.5		1.621	57.718	1.595	57.744	
153.75		1.619	57.72	1.593	57.746	
154		1.618	57.721	1.593	57.746	
154.25		1.616	57.723	1.590	57.749	
154.5		1.615	57.724	1.588	57.751	
154.75		1.613	57.726	1.587	57.752	
155		1.613	57.726	1.587	57.752	
155.25		1.611	57.728	1.586	57.753	
155.5		1.612	57.727	1.586	57.753	
155.75		1.61	57.729	1.584	57.755	

156		1.609	57.73	1.582	57.757	
156.25		1.61	57.729	1.584	57.755	
156.5		1.609	57.73	1.583	57.756	
156.75		1.61	57.729	1.585	57.754	
157		1.607	57.732	1.581	57.758	
157.25		1.606	57.733	1.579	57.760	
157.5		1.606	57.733	1.580	57.759	
157.75		1.605	57.734	1.579	57.760	
158		1.605	57.734	1.580	57.759	
158.25		1.603	57.736	1.577	57.762	
158.5		1.604	57.735	1.577	57.762	
158.75		1.602	57.737	1.576	57.763	
159		1.601	57.738	1.575	57.764	
159.25		1.6	57.739	1.575	57.764	
159.5		1.6	57.739	1.574	57.765	
159.75		1.599	57.74	1.572	57.767	
160		1.6	57.739	1.574	57.765	
160.25		1.601	57.738	1.575	57.764	
160.5		1.601	57.738	1.576	57.763	
160.75		1.602	57.737	1.576	57.763	
161		1.603	57.736	1.575	57.764	
161.25		1.602	57.737	1.575	57.764	
161.5		1.602	57.737	1.576	57.763	
161.75		1.601	57.738	1.574	57.765	
162		1.601	57.738	1.575	57.764	
162.25		1.6	57.739	1.574	57.765	
162.5		1.6	57.739	1.575	57.764	
162.75		1.599	57.74	1.573	57.766	
163		1.599	57.74	1.572	57.767	
163.25		1.6	57.739	1.574	57.765	
163.5		1.6	57.739	1.574	57.765	
163.75		1.601	57.738	1.576	57.763	
164		1.6	57.739	1.574	57.765	
164.25		1.598	57.741	1.572	57.767	
164.5		1.599	57.74	1.572	57.767	
164.75		1.597	57.742	1.571	57.768	
165		1.597	57.742	1.571	57.768	
165.25		1.595	57.744	1.570	57.769	
165.5		1.593	57.746	1.567	57.772	
165.75		1.591	57.748	1.564	57.775	
166		1.591	57.748	1.565	57.774	
166.25		1.592	57.747	1.566	57.773	
166.5		1.592	57.747	1.567	57.772	
166.75		1.593	57.746	1.567	57.772	
167		1.592	57.747	1.565	57.774	

167.25		1.59	57.749	1.564	57.775	
167.5		1.591	57.748	1.565	57.774	
167.75		1.589	57.75	1.564	57.775	
168		1.589	57.75	1.563	57.776	
168.25		1.588	57.751	1.561	57.778	
168.5		1.588	57.751	1.562	57.777	
168.75		1.587	57.752	1.561	57.778	
169		1.587	57.752	1.562	57.777	
169.25		1.589	57.75	1.563	57.776	
169.5		1.588	57.751	1.562	57.777	
169.75		1.59	57.749	1.563	57.776	
170		1.59	57.749	1.564	57.775	
170.25		1.588	57.751	1.562	57.777	
170.5		1.587	57.752	1.562	57.777	
170.75		1.585	57.754	1.559	57.780	
171		1.585	57.754	1.558	57.781	
171.25		1.586	57.753	1.560	57.779	
171.5		1.586	57.753	1.560	57.779	
171.75		1.587	57.752	1.562	57.777	
172		1.587	57.752	1.561	57.778	
172.25		1.584	57.755	1.557	57.782	
172.5		1.582	57.757	1.556	57.783	
172.75		1.579	57.76	1.553	57.786	
173		1.58	57.759	1.555	57.784	
173.25		1.578	57.761	1.552	57.787	
173.5		1.579	57.76	1.552	57.787	
173.75		1.577	57.762	1.551	57.788	
174		1.576	57.763	1.550	57.789	
174.25		1.577	57.762	1.552	57.787	
174.5		1.576	57.763	1.550	57.789	
174.75		1.577	57.762	1.551	57.788	
175		1.571	57.768	1.544	57.795	
175.25		1.57	57.769	1.544	57.795	
175.5		1.57	57.769	1.544	57.795	
175.75		1.569	57.77	1.544	57.795	
176		1.57	57.769	1.544	57.795	
176.25		1.568	57.771	1.541	57.798	
176.5		1.567	57.772	1.541	57.798	
176.75		1.565	57.774	1.539	57.800	
177		1.565	57.774	1.540	57.799	
177.25		1.563	57.776	1.537	57.802	
177.5		1.562	57.777	1.536	57.803	
177.75		1.56	57.779	1.533	57.806	
178		1.56	57.779	1.534	57.805	
178.25		1.561	57.778	1.535	57.804	

178.5		1.56	57.779	1.535	57.804	
178.75		1.561	57.778	1.535	57.804	
179		1.568	57.771	1.541	57.798	
179.25		1.566	57.773	1.540	57.799	
179.5		1.564	57.775	1.538	57.801	
179.75		1.562	57.777	1.537	57.802	
180	1.478	1.562	57.777	1.536	57.803	
180.25		1.479	57.776	1.453	57.802	
180.5		1.479	57.776	1.452	57.803	
180.75		1.478	57.777	1.452	57.803	
181		1.476	57.779	1.450	57.805	
181.25		1.474	57.781	1.449	57.806	
181.5		1.472	57.783	1.446	57.809	
181.75		1.47	57.785	1.443	57.812	
182		1.47	57.785	1.444	57.811	
182.25		1.467	57.788	1.441	57.814	
182.5		1.465	57.79	1.440	57.815	
182.75		1.462	57.793	1.436	57.819	
183		1.463	57.792	1.437	57.818	
183.25		1.461	57.794	1.434	57.821	
183.5		1.462	57.793	1.436	57.819	
183.75		1.46	57.795	1.434	57.821	
184		1.459	57.796	1.434	57.821	
184.25		1.46	57.795	1.434	57.821	
184.5		1.459	57.796	1.432	57.823	
184.75		1.46	57.795	1.434	57.821	
185		1.454	57.801	1.428	57.827	
185.25		1.453	57.802	1.428	57.827	
185.5		1.453	57.802	1.427	57.828	
185.75		1.452	57.803	1.426	57.829	
186		1.451	57.804	1.424	57.831	
186.25		1.45	57.805	1.424	57.831	
186.5		1.45	57.805	1.424	57.831	
186.75		1.449	57.806	1.424	57.831	
187		1.45	57.805	1.424	57.831	
187.25		1.449	57.806	1.422	57.833	
187.5		1.449	57.806	1.423	57.832	
187.75		1.448	57.807	1.422	57.833	
188		1.448	57.807	1.423	57.832	
188.25		1.449	57.806	1.423	57.832	
188.5		1.448	57.807	1.422	57.833	
188.75		1.449	57.806	1.422	57.833	
189		1.448	57.807	1.422	57.833	
189.25		1.449	57.806	1.423	57.832	
189.5		1.448	57.807	1.423	57.832	

189.75		1.449	57.806	1.423	57.832	
190		1.448	57.807	1.421	57.834	
190.25		1.446	57.809	1.420	57.835	
190.5		1.444	57.811	1.418	57.837	
190.75		1.442	57.813	1.417	57.838	
191		1.442	57.813	1.416	57.839	
191.25		1.441	57.814	1.415	57.840	
191.5		1.441	57.814	1.414	57.841	
191.75		1.44	57.815	1.414	57.841	
192		1.441	57.814	1.415	57.840	
192.25		1.442	57.813	1.417	57.838	
192.5		1.442	57.813	1.416	57.839	
192.75		1.443	57.812	1.416	57.839	
193		1.442	57.813	1.416	57.839	
193.25		1.441	57.814	1.415	57.840	
193.5		1.441	57.814	1.416	57.839	
193.75		1.44	57.815	1.414	57.841	
194		1.44	57.815	1.414	57.841	
194.25		1.441	57.814	1.414	57.841	
194.5		1.44	57.815	1.414	57.841	
194.75		1.441	57.814	1.415	57.840	
195		1.44	57.815	1.414	57.841	
195.25		1.441	57.814	1.414	57.841	
195.5		1.44	57.815	1.414	57.841	
195.75		1.441	57.814	1.415	57.840	
196		1.44	57.815	1.415	57.840	
196.25		1.441	57.814	1.415	57.840	
196.5		1.44	57.815	1.413	57.842	
196.75		1.441	57.814	1.415	57.840	
197		1.44	57.815	1.414	57.841	
197.25		1.439	57.816	1.414	57.841	
197.5		1.439	57.816	1.413	57.842	
197.75		1.438	57.817	1.412	57.843	
198		1.439	57.816	1.412	57.843	
198.25		1.437	57.818	1.411	57.844	
198.5		1.435	57.82	1.409	57.846	
198.75		1.433	57.822	1.408	57.847	
199		1.433	57.822	1.407	57.848	
199.25		1.431	57.824	1.404	57.851	
199.5		1.43	57.825	1.404	57.851	
199.75		1.428	57.827	1.402	57.853	
200		1.428	57.827	1.403	57.852	
200.25		1.425	57.83	1.399	57.856	
200.5		1.423	57.832	1.398	57.857	
200.75		1.42	57.835	1.396	57.859	

201		1.421	57.834	1.395	57.860	
201.25		1.422	57.833	1.395	57.860	
201.5		1.421	57.834	1.395	57.860	
201.75		1.422	57.833	1.396	57.859	
202		1.421	57.834	1.396	57.859	
202.25		1.42	57.835	1.394	57.861	
202.5		1.42	57.835	1.393	57.862	
202.75		1.419	57.836	1.393	57.862	
203		1.419	57.836	1.393	57.862	
203.25		1.42	57.835	1.395	57.860	
203.5		1.42	57.835	1.394	57.861	
203.75		1.421	57.834	1.395	57.860	
204		1.421	57.834	1.394	57.861	
204.25		1.422	57.833	1.396	57.859	
204.5		1.421	57.834	1.395	57.860	
204.75		1.422	57.833	1.397	57.858	
205		1.421	57.834	1.395	57.860	
205.25		1.419	57.836	1.392	57.863	
205.5		1.42	57.835	1.394	57.861	
205.75		1.418	57.837	1.392	57.863	
206		1.417	57.838	1.392	57.863	
206.25		1.415	57.84	1.389	57.866	
206.5		1.416	57.839	1.394	57.861	
206.75		1.414	57.841	1.388	57.867	
207		1.414	57.841	1.387	57.868	
207.25		1.412	57.843	1.386	57.869	
207.5		1.411	57.844	1.385	57.870	
207.75		1.409	57.846	1.384	57.871	
208		1.409	57.846	1.383	57.872	
208.25		1.407	57.848	1.380	57.875	
208.5		1.405	57.85	1.379	57.876	
208.75		1.403	57.852	1.377	57.878	
209		1.403	57.852	1.378	57.877	
209.25		1.404	57.851	1.378	57.877	
209.5		1.403	57.852	1.377	57.878	
209.75		1.404	57.851	1.377	57.878	
210		1.398	57.857	1.372	57.883	
210.25		1.396	57.859	1.370	57.885	
210.5		1.394	57.861	1.369	57.886	
210.75		1.392	57.863	1.366	57.889	
211		1.392	57.863	1.365	57.890	
211.25		1.391	57.864	1.365	57.890	
211.5		1.391	57.864	1.365	57.890	
211.75		1.39	57.865	1.365	57.890	
212		1.389	57.866	1.363	57.892	

212.25		1.39	57.865	1.364	57.891	
212.5		1.389	57.866	1.362	57.893	
212.75		1.39	57.865	1.364	57.891	
213		1.389	57.866	1.363	57.892	
213.25		1.387	57.868	1.362	57.893	
213.5		1.386	57.869	1.360	57.895	
213.75		1.384	57.871	1.357	57.898	
214		1.384	57.871	1.358	57.897	
214.25		1.383	57.872	1.357	57.898	
214.5		1.383	57.872	1.358	57.897	
214.75		1.382	57.873	1.356	57.899	
215		1.381	57.874	1.355	57.900	
215.25		1.382	57.873	1.355	57.900	
215.5		1.381	57.874	1.355	57.900	
215.75		1.382	57.873	1.356	57.899	
216		1.381	57.874	1.356	57.899	
216.25		1.382	57.873	1.356	57.899	
216.5		1.382	57.873	1.355	57.900	
216.75		1.383	57.872	1.357	57.898	
217		1.382	57.873	1.356	57.899	
217.25		1.381	57.874	1.356	57.899	
217.5		1.381	57.874	1.355	57.900	
217.75		1.38	57.875	1.353	57.902	
218		1.38	57.875	1.354	57.901	
218.25		1.381	57.874	1.355	57.900	
218.5		1.381	57.874	1.356	57.899	
218.75		1.382	57.873	1.356	57.899	
219		1.382	57.873	1.355	57.900	
219.25		1.38	57.875	1.354	57.901	
219.5		1.379	57.876	1.353	57.902	
219.75		1.377	57.878	1.352	57.903	
220		1.377	57.878	1.351	57.904	
220.25		1.375	57.88	1.347	57.908	
220.5		1.373	57.882	1.346	57.909	
220.75		1.371	57.884	1.345	57.910	
221		1.371	57.884	1.344	57.911	
221.25		1.372	57.883	1.346	57.909	
221.5		1.371	57.884	1.345	57.910	
221.75		1.372	57.883	1.347	57.908	
222		1.368	57.887	1.342	57.913	
222.25		1.369	57.886	1.342	57.913	
222.5		1.368	57.887	1.342	57.913	
222.75		1.369	57.886	1.343	57.912	
223		1.368	57.887	1.343	57.912	
223.25		1.367	57.888	1.341	57.914	

223.5		1.367	57.888	1.341	57.914	
223.75		1.366	57.889	1.339	57.916	
224		1.367	57.888	1.341	57.914	
224.25		1.368	57.887	1.342	57.913	
224.5		1.368	57.887	1.343	57.912	
224.75		1.369	57.886	1.343	57.912	
225		1.368	57.887	1.341	57.914	
225.25		1.369	57.886	1.343	57.912	
225.5		1.369	57.886	1.343	57.912	
225.75		1.37	57.885	1.345	57.910	
226		1.37	57.885	1.344	57.911	
226.25		1.371	57.884	1.344	57.911	
226.5		1.371	57.884	1.345	57.910	
226.75		1.372	57.883	1.346	57.909	
227		1.372	57.883	1.347	57.908	
227.25		1.374	57.881	1.348	57.907	
227.5		1.375	57.88	1.348	57.907	
227.75		1.377	57.878	1.351	57.904	
228		1.378	57.877	1.352	57.903	
228.25		1.38	57.875	1.355	57.900	
228.5		1.379	57.876	1.353	57.902	
228.75		1.381	57.874	1.355	57.900	
229		1.381	57.874	1.354	57.901	
229.25		1.38	57.875	1.354	57.901	
229.5		1.38	57.875	1.354	57.901	
229.75		1.379	57.876	1.354	57.901	
230		1.379	57.876	1.353	57.902	
230.25		1.38	57.875	1.353	57.902	
230.5		1.379	57.876	1.353	57.902	
230.75		1.38	57.875	1.354	57.901	
231		1.379	57.876	1.354	57.901	
231.25		1.377	57.878	1.351	57.904	
231.5		1.378	57.877	1.351	57.904	
231.75		1.376	57.879	1.350	57.905	
232		1.376	57.879	1.350	57.905	
232.25		1.378	57.877	1.353	57.902	
232.5		1.377	57.878	1.351	57.904	
232.75		1.379	57.876	1.352	57.903	
233		1.38	57.875	1.354	57.901	
233.25		1.382	57.873	1.356	57.899	
233.5		1.383	57.872	1.358	57.897	
233.75		1.385	57.87	1.359	57.896	
234		1.385	57.87	1.359	57.896	
234.25		1.387	57.868	1.360	57.895	
234.5		1.386	57.869	1.360	57.895	

234.75		1.388	57.867	1.362	57.893	
235		1.389	57.866	1.364	57.891	
235.25		1.39	57.865	1.364	57.891	
235.5		1.389	57.866	1.362	57.893	
235.75		1.39	57.865	1.364	57.891	
236		1.389	57.866	1.363	57.892	
236.25		1.391	57.864	1.366	57.889	
236.5		1.393	57.862	1.367	57.888	
236.75		1.395	57.86	1.369	57.886	
237		1.395	57.86	1.368	57.887	
237.25		1.397	57.858	1.371	57.884	
237.5		1.399	57.856	1.373	57.882	
237.75		1.401	57.854	1.376	57.879	
238		1.401	57.854	1.375	57.880	
238.25		1.404	57.851	1.377	57.878	
238.5		1.406	57.849	1.380	57.875	
238.75		1.409	57.846	1.383	57.872	
239		1.409	57.846	1.384	57.871	
239.25		1.411	57.844	1.385	57.870	
239.5		1.413	57.842	1.387	57.868	
239.75		1.415	57.84	1.388	57.867	
240		1.415	57.84	1.389	57.866	
240.25		1.416	57.839	1.390	57.865	
240.5		1.416	57.839	1.391	57.864	
240.75		1.417	57.838	1.391	57.864	
241		1.418	57.837	1.391	57.864	
241.25		1.417	57.838	1.391	57.864	
241.5		1.417	57.838	1.391	57.864	
241.75		1.416	57.839	1.391	57.864	
242		1.415	57.84	1.389	57.866	
242.25		1.414	57.841	1.388	57.867	
242.5		1.414	57.841	1.387	57.868	
242.75		1.413	57.842	1.387	57.868	
243		1.414	57.841	1.388	57.867	
243.25		1.416	57.839	1.391	57.864	
243.5		1.415	57.84	1.389	57.866	
243.75		1.417	57.838	1.390	57.865	
244		1.418	57.837	1.392	57.863	
244.25		1.42	57.835	1.394	57.861	
244.5		1.419	57.836	1.394	57.861	
244.75		1.421	57.834	1.395	57.860	
245		1.422	57.833	1.396	57.859	
245.25		1.423	57.832	1.396	57.859	
245.5		1.422	57.833	1.396	57.859	
245.75		1.423	57.832	1.397	57.858	

246		1.422	57.833	1.397	57.858	
246.25		1.423	57.832	1.397	57.858	
246.5		1.422	57.833	1.395	57.860	
246.75		1.423	57.832	1.397	57.858	
247		1.422	57.833	1.396	57.859	
247.25		1.421	57.834	1.396	57.859	
247.5		1.421	57.834	1.395	57.860	
247.75		1.42	57.835	1.394	57.861	
248		1.419	57.836	1.392	57.863	
248.25		1.42	57.835	1.394	57.861	
248.5		1.42	57.835	1.394	57.861	
248.75		1.421	57.834	1.396	57.859	
249		1.422	57.833	1.396	57.859	
249.25		1.423	57.832	1.396	57.859	
249.5		1.423	57.832	1.397	57.858	
249.75		1.424	57.831	1.398	57.857	
250		1.424	57.831	1.399	57.856	
250.25		1.426	57.829	1.400	57.855	
250.5		1.425	57.83	1.399	57.856	
250.75		1.427	57.828	1.400	57.855	
251		1.428	57.827	1.402	57.853	
251.25		1.429	57.826	1.403	57.852	
251.5		1.429	57.826	1.404	57.851	
251.75		1.43	57.825	1.404	57.851	
252		1.43	57.825	1.403	57.852	
252.25		1.431	57.824	1.405	57.850	
252.5		1.43	57.825	1.404	57.851	
252.75		1.431	57.824	1.406	57.849	
253		1.43	57.825	1.404	57.851	
253.25		1.431	57.824	1.405	57.850	
253.5		1.43	57.825	1.403	57.852	
253.75		1.431	57.824	1.405	57.850	
254		1.43	57.825	1.404	57.851	
254.25		1.431	57.824	1.405	57.850	
254.5		1.431	57.824	1.404	57.851	
254.75		1.432	57.823	1.406	57.849	
255		1.431	57.824	1.405	57.850	
255.25		1.433	57.822	1.408	57.847	
255.5		1.434	57.821	1.408	57.847	
255.75		1.436	57.819	1.409	57.846	
256		1.436	57.819	1.410	57.845	
256.25		1.438	57.817	1.412	57.843	
256.5		1.44	57.815	1.415	57.840	
256.75		1.442	57.813	1.416	57.839	
257		1.442	57.813	1.416	57.839	

257.25		1.444	57.811	1.417	57.838	
257.5		1.443	57.812	1.417	57.838	
257.75		1.445	57.81	1.419	57.836	
258		1.445	57.81	1.420	57.835	
258.25		1.447	57.808	1.421	57.834	
258.5		1.448	57.807	1.421	57.834	
258.75		1.45	57.805	1.424	57.831	
259		1.45	57.805	1.424	57.831	
259.25		1.452	57.803	1.427	57.828	
259.5		1.453	57.802	1.427	57.828	
259.75		1.455	57.8	1.430	57.825	
260		1.455	57.8	1.431	57.824	
260.25		1.456	57.799	1.430	57.825	
260.5		1.455	57.8	1.428	57.827	
260.75		1.456	57.799	1.430	57.825	
261		1.46	57.795	1.434	57.821	
261.25		1.462	57.793	1.437	57.818	
261.5		1.461	57.794	1.435	57.820	
261.75		1.463	57.792	1.436	57.819	
262		1.464	57.791	1.438	57.817	
262.25		1.466	57.789	1.440	57.815	
262.5		1.468	57.787	1.443	57.812	
262.75		1.47	57.785	1.444	57.811	
263		1.47	57.785	1.444	57.811	
263.25		1.471	57.784	1.444	57.811	
263.5		1.471	57.784	1.445	57.810	
263.75		1.472	57.783	1.446	57.809	
264		1.471	57.784	1.446	57.809	
264.25		1.474	57.781	1.448	57.807	
264.5		1.476	57.779	1.449	57.806	
264.75		1.479	57.776	1.453	57.802	
265		1.48	57.775	1.454	57.801	
265.25		1.483	57.772	1.458	57.797	
265.5		1.485	57.77	1.459	57.796	
265.75		1.488	57.767	1.466	57.789	
266		1.488	57.767	1.462	57.793	
266.25		1.49	57.765	1.463	57.792	
266.5		1.489	57.766	1.463	57.792	
266.75		1.491	57.764	1.465	57.790	
267		1.492	57.763	1.467	57.788	
267.25		1.493	57.762	1.467	57.788	
267.5		1.493	57.762	1.466	57.789	
267.75		1.494	57.761	1.468	57.787	
268		1.494	57.761	1.468	57.787	
268.25		1.496	57.759	1.471	57.784	

268.5		1.497	57.758	1.471	57.784	
268.75		1.499	57.756	1.473	57.782	
269		1.499	57.756	1.472	57.783	
269.25		1.502	57.753	1.476	57.779	
269.5		1.504	57.751	1.478	57.777	
269.75		1.507	57.748	1.482	57.773	
270	1.228	1.508	57.747	1.482	57.773	
270.25		1.227	57.748	1.200	57.775	
270.5		1.227	57.748	1.201	57.774	
270.75		1.228	57.747	1.202	57.773	
271		1.23	57.745	1.205	57.770	
271.25		1.233	57.742	1.207	57.768	
271.5		1.235	57.74	1.209	57.766	
271.75		1.238	57.737	1.211	57.764	
272		1.238	57.737	1.212	57.763	
272.25		1.242	57.733	1.216	57.759	
272.5		1.245	57.73	1.220	57.755	
272.75		1.249	57.726	1.223	57.752	
273		1.249	57.726	1.222	57.753	
273.25		1.25	57.725	1.224	57.751	
273.5		1.25	57.725	1.224	57.751	
273.75		1.251	57.724	1.226	57.749	
274		1.25	57.725	1.224	57.751	
274.25		1.252	57.723	1.226	57.749	
274.5		1.253	57.722	1.226	57.749	
274.75		1.255	57.72	1.229	57.746	
275		1.255	57.72	1.229	57.746	
275.25		1.259	57.716	1.234	57.741	
275.5		1.262	57.713	1.236	57.739	
275.75		1.266	57.709	1.239	57.736	
276		1.265	57.71	1.239	57.736	
276.25		1.266	57.709	1.240	57.735	
276.5		1.265	57.71	1.240	57.735	
276.75		1.266	57.709	1.240	57.735	
277		1.265	57.71	1.238	57.737	
277.25		1.267	57.708	1.241	57.734	
277.5		1.268	57.707	1.242	57.733	
277.75		1.27	57.705	1.245	57.730	
278		1.27	57.705	1.244	57.731	
278.25		1.274	57.701	1.247	57.728	
278.5		1.277	57.698	1.251	57.724	
278.75		1.281	57.694	1.255	57.720	
279		1.28	57.695	1.255	57.720	
279.25		1.282	57.693	1.256	57.719	
279.5		1.283	57.692	1.255	57.720	

279.75		1.285	57.69	1.258	57.717	
280		1.285	57.69	1.259	57.716	
280.25		1.289	57.686	1.262	57.713	
280.5		1.292	57.683	1.266	57.709	
280.75		1.296	57.679	1.270	57.705	
281		1.295	57.68	1.270	57.705	
281.25		1.297	57.678	1.271	57.704	
281.5		1.296	57.679	1.269	57.706	
281.75		1.298	57.677	1.272	57.703	
282		1.299	57.676	1.273	57.702	
282.25		1.3	57.675	1.275	57.700	
282.5		1.3	57.675	1.274	57.701	
282.75		1.301	57.674	1.275	57.700	
283		1.3	57.675	1.273	57.702	
283.25		1.302	57.673	1.276	57.699	
283.5		1.303	57.672	1.277	57.698	
283.75		1.305	57.67	1.280	57.695	
284		1.305	57.67	1.279	57.696	
284.25		1.307	57.668	1.280	57.695	
284.5		1.308	57.667	1.282	57.693	
284.75		1.31	57.665	1.284	57.691	
285		1.31	57.665	1.285	57.690	
285.25		1.312	57.663	1.286	57.689	
285.5		1.313	57.662	1.286	57.689	
285.75		1.315	57.66	1.289	57.686	
286		1.315	57.66	1.289	57.686	
286.25		1.317	57.658	1.292	57.683	
286.5		1.316	57.659	1.290	57.685	
286.75		1.318	57.657	1.291	57.684	
287		1.319	57.656	1.293	57.682	
287.25		1.321	57.654	1.295	57.680	
287.5		1.323	57.652	1.298	57.677	
287.75		1.325	57.65	1.299	57.676	
288		1.325	57.65	1.299	57.676	
288.25		1.328	57.647	1.301	57.674	
288.5		1.33	57.645	1.304	57.671	
288.75		1.333	57.642	1.307	57.668	
289		1.333	57.642	1.308	57.667	
289.25		1.334	57.641	1.308	57.667	
289.5		1.334	57.641	1.307	57.668	
289.75		1.335	57.64	1.309	57.666	
290		1.335	57.64	1.309	57.666	
290.25		1.337	57.638	1.312	57.663	
290.5		1.339	57.636	1.313	57.662	
290.75		1.341	57.634	1.314	57.661	

291		1.341	57.634	1.315	57.660	
291.25		1.342	57.633	1.316	57.659	
291.5		1.342	57.633	1.317	57.658	
291.75		1.343	57.632	1.317	57.658	
292		1.343	57.632	1.316	57.659	
292.25		1.342	57.633	1.316	57.659	
292.5		1.342	57.633	1.316	57.659	
292.75		1.341	57.634	1.316	57.659	
293		1.342	57.633	1.316	57.659	
293.25		1.343	57.632	1.317	57.658	
293.5		1.343	57.632	1.316	57.659	
293.75		1.344	57.631	1.318	57.657	
294		1.345	57.63	1.319	57.656	
294.25		1.347	57.628	1.322	57.653	
294.5		1.346	57.629	1.320	57.655	
294.75		1.348	57.627	1.321	57.654	
295		1.348	57.627	1.322	57.653	
295.25		1.349	57.626	1.323	57.652	
295.5		1.349	57.626	1.324	57.651	
295.75		1.35	57.625	1.324	57.651	
296		1.351	57.624	1.325	57.650	
296.25		1.35	57.625	1.323	57.652	
296.5		1.35	57.625	1.324	57.651	
296.75		1.349	57.626	1.323	57.652	
297		1.349	57.626	1.324	57.651	
297.25		1.35	57.625	1.324	57.651	
297.5		1.349	57.626	1.322	57.653	
297.75		1.35	57.625	1.324	57.651	
298		1.349	57.626	1.323	57.652	
298.25		1.35	57.625	1.325	57.650	
298.5		1.35	57.625	1.324	57.651	
298.75		1.351	57.624	1.325	57.650	
299		1.35	57.625	1.323	57.652	
299.25		1.351	57.624	1.325	57.650	
299.5		1.351	57.624	1.325	57.650	
299.75		1.352	57.623	1.327	57.648	
300		1.351	57.624	1.325	57.650	
300.25		1.352	57.623	1.325	57.650	
300.5		1.351	57.624	1.325	57.650	
300.75		1.352	57.623	1.326	57.649	
301		1.351	57.624	1.326	57.649	
301.25		1.352	57.623	1.326	57.649	
301.5		1.352	57.623	1.326	57.649	
301.75		1.353	57.622	1.326	57.649	
302		1.353	57.622	1.327	57.648	

302.25		1.355	57.62	1.329	57.646	
302.5		1.356	57.619	1.331	57.644	
302.75		1.358	57.617	1.332	57.643	
303		1.358	57.617	1.331	57.644	
303.25		1.359	57.616	1.333	57.642	
303.5		1.358	57.617	1.332	57.643	
303.75		1.359	57.616	1.334	57.641	
304		1.358	57.617	1.332	57.643	
304.25		1.361	57.614	1.335	57.640	
304.5		1.363	57.612	1.336	57.639	
304.75		1.366	57.609	1.340	57.635	
305		1.365	57.61	1.339	57.636	
305.25		1.366	57.609	1.341	57.634	
305.5		1.365	57.61	1.339	57.636	
305.75		1.366	57.609	1.339	57.636	
306		1.368	57.607	1.342	57.633	
306.25		1.369	57.606	1.343	57.632	
306.5		1.369	57.606	1.344	57.631	
306.75		1.37	57.605	1.344	57.631	
307		1.371	57.604	1.345	57.630	
307.25		1.373	57.602	1.346	57.629	
307.5		1.372	57.603	1.346	57.629	
307.75		1.374	57.601	1.348	57.627	
308		1.375	57.6	1.350	57.625	
308.25		1.376	57.599	1.350	57.625	
308.5		1.376	57.599	1.349	57.626	
308.75		1.377	57.598	1.351	57.624	
309		1.378	57.597	1.352	57.623	
309.25		1.38	57.595	1.355	57.620	
309.5		1.379	57.596	1.353	57.622	
309.75		1.381	57.594	1.355	57.620	
310		1.381	57.594	1.354	57.621	
310.25		1.38	57.595	1.354	57.621	
310.5		1.38	57.595	1.354	57.621	
310.75		1.379	57.596	1.354	57.621	
311		1.379	57.596	1.353	57.622	
311.25		1.38	57.595	1.353	57.622	
311.5		1.38	57.595	1.354	57.621	
311.75		1.381	57.594	1.355	57.620	
312		1.381	57.594	1.356	57.619	
312.25		1.384	57.591	1.358	57.617	
312.5		1.386	57.589	1.360	57.615	
312.75		1.389	57.586	1.362	57.613	
313		1.388	57.587	1.362	57.613	
313.25		1.389	57.586	1.363	57.612	

313.5		1.389	57.586	1.363	57.612	
313.75		1.39	57.585	1.363	57.612	
314		1.389	57.586	1.363	57.612	
314.25		1.387	57.588	1.361	57.614	
314.5		1.386	57.589	1.361	57.614	
314.75		1.384	57.591	1.358	57.617	
315		1.384	57.591	1.357	57.618	
315.25		1.382	57.593	1.356	57.619	
315.5		1.383	57.592	1.357	57.618	
315.75		1.381	57.594	1.356	57.619	
316		1.38	57.595	1.354	57.621	
316.25		1.381	57.594	1.355	57.620	
316.5		1.381	57.594	1.354	57.621	
316.75		1.382	57.593	1.356	57.619	
317		1.381	57.594	1.355	57.620	
317.25		1.383	57.592	1.358	57.617	
317.5		1.382	57.593	1.356	57.619	
317.75		1.384	57.591	1.357	57.618	
318		1.385	57.59	1.359	57.616	
318.25		1.386	57.589	1.360	57.615	
318.5		1.385	57.59	1.360	57.615	
318.75		1.386	57.589	1.360	57.615	
319		1.385	57.59	1.360	57.615	
319.25		1.387	57.588	1.363	57.612	
319.5		1.386	57.589	1.360	57.615	
319.75		1.388	57.587	1.361	57.614	
320		1.389	57.586	1.363	57.612	

ANEXO 42: Resultados nivel y mira carril izquierdo

CARRIL IZQUIERDO KM 5+600 - 5+920						
PUNTO	V atras(+)	Huella der.		Huella Izq.		COTA
		v (-)	cota	v (-)	cota	
BM	1.945					68
0		1.681	68.264	1.643	68.302	
0.25		1.681	68.264	1.644	68.301	
0.5		1.681	68.264	1.647	68.298	
0.75		1.682	68.263	1.646	68.299	
1		1.685	68.26	1.653	68.292	
1.25		1.687	68.258	1.652	68.293	
1.5		1.689	68.256	1.655	68.29	
1.75		1.69	68.255	1.657	68.288	
2		1.689	68.256	1.659	68.286	
2.25		1.691	68.254	1.662	68.283	
2.5		1.691	68.254	1.661	68.284	
2.75		1.693	68.252	1.663	68.282	
3		1.696	68.249	1.667	68.278	
3.25		1.699	68.246	1.67	68.275	
3.5		1.701	68.244	1.672	68.273	
3.75		1.704	68.241	1.675	68.27	
4		1.703	68.242	1.675	68.27	
4.25		1.705	68.24	1.677	68.268	
4.5		1.706	68.239	1.678	68.267	
4.75		1.708	68.237	1.68	68.265	
5		1.708	68.237	1.68	68.265	
5.25		1.71	68.235	1.681	68.264	
5.5		1.709	68.236	1.681	68.264	
5.75		1.711	68.234	1.682	68.263	
6		1.712	68.233	1.683	68.262	
6.25		1.711	68.234	1.684	68.261	
6.5		1.711	68.234	1.684	68.261	
6.75		1.71	68.235	1.685	68.26	
7		1.709	68.236	1.685	68.26	
7.25		1.71	68.235	1.684	68.261	
7.5		1.71	68.235	1.684	68.261	
7.75		1.711	68.234	1.683	68.262	
8		1.71	68.235	1.683	68.262	
8.25		1.71	68.235	1.682	68.263	
8.5		1.71	68.235	1.682	68.263	
8.75		1.71	68.235	1.681	68.264	
9		1.71	68.235	1.681	68.264	
9.25		1.709	68.236	1.68	68.265	
9.5		1.709	68.236	1.68	68.265	

9.75		1.708	68.237	1.679	68.266	
10		1.709	68.236	1.68	68.265	
10.25		1.707	68.238	1.678	68.267	
10.5		1.708	68.237	1.679	68.266	
10.75		1.706	68.239	1.677	68.268	
11		1.706	68.239	1.677	68.268	
11.25		1.707	68.238	1.678	68.267	
11.5		1.707	68.238	1.678	68.267	
11.75		1.708	68.237	1.679	68.266	
12		1.707	68.238	1.678	68.267	
12.25		1.708	68.237	1.679	68.266	
12.5		1.708	68.237	1.679	68.266	
12.75		1.709	68.236	1.68	68.265	
13		1.708	68.237	1.679	68.266	
13.25		1.706	68.239	1.676	68.269	
13.5		1.704	68.241	1.674	68.271	
13.75		1.702	68.243	1.671	68.274	
14		1.702	68.243	1.673	68.272	
14.25		1.7	68.245	1.671	68.274	
14.5		1.701	68.244	1.672	68.273	
14.75		1.699	68.246	1.67	68.275	
15		1.698	68.247	1.669	68.276	
15.25		1.696	68.249	1.667	68.278	
15.5		1.695	68.25	1.666	68.279	
15.75		1.693	68.252	1.664	68.281	
16		1.693	68.252	1.664	68.281	
16.25		1.691	68.254	1.662	68.283	
16.5		1.692	68.253	1.663	68.282	
16.75		1.69	68.255	1.661	68.284	
17		1.689	68.256	1.66	68.285	
17.25		1.687	68.258	1.657	68.288	
17.5		1.685	68.26	1.655	68.29	
17.75		1.683	68.262	1.652	68.293	
18		1.683	68.262	1.654	68.291	
18.25		1.681	68.264	1.653	68.292	
18.5		1.682	68.263	1.653	68.292	
18.75		1.68	68.265	1.652	68.293	
19		1.679	68.266	1.651	68.294	
19.25		1.676	68.269	1.649	68.296	
19.5		1.674	68.271	1.648	68.297	
19.75		1.671	68.274	1.646	68.299	
20		1.672	68.273	1.646	68.299	
20.25		1.67	68.275	1.644	68.301	
20.5		1.669	68.276	1.643	68.302	
20.75		1.667	68.278	1.641	68.304	

21		1.667	68.278	1.641	68.304	
21.25		1.664	68.281	1.639	68.306	
21.5		1.662	68.283	1.638	68.307	
21.75		1.659	68.286	1.636	68.309	
22		1.66	68.285	1.636	68.309	
22.25		1.658	68.287	1.634	68.311	
22.5		1.656	68.289	1.632	68.313	
22.75		1.654	68.291	1.63	68.315	
23		1.654	68.291	1.63	68.315	
23.25		1.652	68.293	1.628	68.317	
23.5		1.653	68.292	1.629	68.316	
23.75		1.651	68.294	1.627	68.318	
24		1.65	68.295	1.626	68.319	
24.25		1.65	68.295	1.625	68.32	
24.5		1.65	68.295	1.625	68.32	
24.75		1.65	68.295	1.624	68.321	
25		1.65	68.295	1.623	68.322	
25.25		1.651	68.294	1.622	68.323	
25.5		1.651	68.294	1.622	68.323	
25.75		1.652	68.293	1.621	68.324	
26		1.651	68.294	1.622	68.323	
26.25		1.652	68.293	1.623	68.322	
26.5		1.652	68.293	1.623	68.322	
26.75		1.653	68.292	1.624	68.321	
27		1.652	68.293	1.623	68.322	
27.25		1.653	68.292	1.624	68.321	
27.5		1.653	68.292	1.624	68.321	
27.75		1.654	68.291	1.625	68.32	
28		1.653	68.292	1.624	68.321	
28.25		1.655	68.29	1.626	68.319	
28.5		1.654	68.291	1.625	68.32	
28.75		1.656	68.289	1.627	68.318	
29		1.657	68.288	1.628	68.317	
29.25		1.659	68.286	1.63	68.315	
29.5		1.658	68.287	1.629	68.316	
29.75		1.66	68.285	1.631	68.314	
30		1.661	68.284	1.632	68.313	
30.25		1.661	68.284	1.632	68.313	
30.5		1.661	68.284	1.632	68.313	
30.75		1.661	68.284	1.632	68.313	
31		1.661	68.284	1.632	68.313	
31.25		1.66	68.285	1.631	68.314	
31.5		1.66	68.285	1.631	68.314	
31.75		1.659	68.286	1.63	68.315	
32		1.66	68.285	1.631	68.314	

32.25		1.659	68.286	1.629	68.316	
32.5		1.659	68.286	1.63	68.315	
32.75		1.658	68.287	1.628	68.317	
33		1.659	68.286	1.628	68.317	
33.25		1.657	68.288	1.627	68.318	
33.5		1.658	68.287	1.627	68.318	
33.75		1.656	68.289	1.626	68.319	
34		1.656	68.289	1.626	68.319	
34.25		1.657	68.288	1.625	68.32	
34.5		1.657	68.288	1.625	68.32	
34.75		1.658	68.287	1.624	68.321	
35		1.657	68.288	1.625	68.32	
35.25		1.655	68.29	1.623	68.322	
35.5		1.653	68.292	1.624	68.321	
35.75		1.651	68.294	1.622	68.323	
36		1.651	68.294	1.622	68.323	
36.25		1.649	68.296	1.62	68.325	
36.5		1.65	68.295	1.621	68.324	
36.75		1.648	68.297	1.619	68.326	
37		1.647	68.298	1.618	68.327	
37.25		1.646	68.299	1.617	68.328	
37.5		1.646	68.299	1.617	68.328	
37.75		1.645	68.3	1.616	68.329	
38		1.646	68.299	1.617	68.328	
38.25		1.645	68.3	1.616	68.329	
38.5		1.645	68.3	1.616	68.329	
38.75		1.644	68.301	1.615	68.33	
39		1.644	68.301	1.615	68.33	
39.25		1.642	68.303	1.613	68.332	
39.5		1.643	68.302	1.614	68.331	
39.75		1.641	68.304	1.612	68.333	
40	1.086	1.64	68.305	1.611	68.334	
40.25		1.085	68.306	1.06	68.331	
40.5		1.085	68.306	1.061	68.33	
40.75		1.086	68.305	1.059	68.332	
41		1.089	68.302	1.06	68.331	
41.25		1.087	68.304	1.059	68.332	
41.5		1.088	68.303	1.059	68.332	
41.75		1.086	68.305	1.058	68.333	
42		1.085	68.306	1.059	68.332	
42.25		1.087	68.304	1.06	68.331	
42.5		1.086	68.305	1.06	68.331	
42.75		1.088	68.303	1.061	68.33	
43		1.088	68.303	1.06	68.331	
43.25		1.091	68.3	1.061	68.33	

43.5		1.093	68.298	1.061	68.33	
43.75		1.096	68.295	1.062	68.329	
44		1.095	68.296	1.062	68.329	
44.25		1.093	68.298	1.063	68.328	
44.5		1.094	68.297	1.063	68.328	
44.75		1.092	68.299	1.064	68.327	
45		1.091	68.3	1.063	68.328	
45.25		1.09	68.301	1.064	68.327	
45.5		1.09	68.301	1.064	68.327	
45.75		1.089	68.302	1.065	68.326	
46		1.089	68.302	1.064	68.327	
46.25		1.087	68.304	1.063	68.328	
46.5		1.088	68.303	1.063	68.328	
46.75		1.086	68.305	1.062	68.329	
47		1.085	68.306	1.063	68.328	
47.25		1.088	68.303	1.064	68.327	
47.5		1.09	68.301	1.064	68.327	
47.75		1.093	68.298	1.065	68.326	
48		1.092	68.299	1.064	68.327	
48.25		1.095	68.296	1.066	68.325	
48.5		1.097	68.294	1.065	68.326	
48.75		1.1	68.291	1.067	68.324	
49		1.099	68.292	1.067	68.324	
49.25		1.099	68.292	1.068	68.323	
49.5		1.099	68.292	1.068	68.323	
49.75		1.099	68.292	1.069	68.322	
50		1.099	68.292	1.07	68.321	
50.25		1.1	68.291	1.071	68.32	
50.5		1.1	68.291	1.071	68.32	
50.75		1.101	68.29	1.072	68.319	
51		1.1	68.291	1.072	68.319	
51.25		1.1	68.291	1.072	68.319	
51.5		1.1	68.291	1.072	68.319	
51.75		1.1	68.291	1.072	68.319	
52		1.1	68.291	1.072	68.319	
52.25		1.099	68.292	1.071	68.32	
52.5		1.099	68.292	1.071	68.32	
52.75		1.098	68.293	1.07	68.321	
53		1.099	68.292	1.071	68.32	
53.25		1.1	68.291	1.072	68.319	
53.5		1.1	68.291	1.072	68.319	
53.75		1.101	68.29	1.073	68.318	
54		1.1	68.291	1.072	68.319	
54.25		1.1	68.291	1.072	68.319	
54.5		1.1	68.291	1.072	68.319	

54.75		1.1	68.291	1.072	68.319	
55		1.1	68.291	1.072	68.319	
55.25		1.1	68.291	1.072	68.319	
55.5		1.1	68.291	1.072	68.319	
55.75		1.1	68.291	1.072	68.319	
56		1.1	68.291	1.072	68.319	
56.25		1.099	68.292	1.071	68.32	
56.5		1.099	68.292	1.071	68.32	
56.75		1.098	68.293	1.07	68.321	
57		1.098	68.293	1.07	68.321	
57.25		1.096	68.295	1.068	68.323	
57.5		1.097	68.294	1.069	68.322	
57.75		1.095	68.296	1.067	68.324	
58		1.095	68.296	1.067	68.324	
58.25		1.093	68.298	1.065	68.326	
58.5		1.094	68.297	1.066	68.325	
58.75		1.092	68.299	1.064	68.327	
59		1.091	68.3	1.063	68.328	
59.25		1.09	68.301	1.062	68.329	
59.5		1.09	68.301	1.062	68.329	
59.75		1.089	68.302	1.061	68.33	
60		1.089	68.302	1.061	68.33	
60.25		1.089	68.302	1.061	68.33	
60.5		1.089	68.302	1.061	68.33	
60.75		1.089	68.302	1.061	68.33	
61		1.089	68.302	1.061	68.33	
61.25		1.088	68.303	1.06	68.331	
61.5		1.088	68.303	1.06	68.331	
61.75		1.087	68.304	1.059	68.332	
62		1.088	68.303	1.06	68.331	
62.25		1.086	68.305	1.058	68.333	
62.5		1.087	68.304	1.059	68.332	
62.75		1.085	68.306	1.057	68.334	
63		1.085	68.306	1.057	68.334	
63.25		1.083	68.308	1.055	68.336	
63.5		1.084	68.307	1.056	68.335	
63.75		1.082	68.309	1.054	68.337	
64		1.081	68.31	1.053	68.338	
64.25		1.081	68.31	1.053	68.338	
64.5		1.081	68.31	1.053	68.338	
64.75		1.081	68.31	1.053	68.338	
65		1.081	68.31	1.053	68.338	
65.25		1.082	68.309	1.054	68.337	
65.5		1.082	68.309	1.054	68.337	
65.75		1.083	68.308	1.055	68.336	

66		1.083	68.308	1.055	68.336	
66.25		1.084	68.307	1.056	68.335	
66.5		1.084	68.307	1.056	68.335	
66.75		1.085	68.306	1.057	68.334	
67		1.085	68.306	1.057	68.334	
67.25		1.083	68.308	1.059	68.332	
67.5		1.084	68.307	1.058	68.333	
67.75		1.082	68.309	1.06	68.331	
68		1.081	68.31	1.06	68.331	
68.25		1.084	68.307	1.061	68.33	
68.5		1.086	68.305	1.061	68.33	
68.75		1.089	68.302	1.062	68.329	
69		1.089	68.302	1.061	68.33	
69.25		1.088	68.303	1.06	68.331	
69.5		1.088	68.303	1.06	68.331	
69.75		1.087	68.304	1.059	68.332	
70		1.087	68.304	1.059	68.332	
70.25		1.086	68.305	1.058	68.333	
70.5		1.086	68.305	1.058	68.333	
70.75		1.085	68.306	1.057	68.334	
71		1.086	68.305	1.058	68.333	
71.25		1.087	68.304	1.06	68.331	
71.5		1.087	68.304	1.059	68.332	
71.75		1.088	68.303	1.061	68.33	
72		1.089	68.302	1.061	68.33	
72.25		1.089	68.302	1.062	68.329	
72.5		1.089	68.302	1.062	68.329	
72.75		1.089	68.302	1.063	68.328	
73		1.089	68.302	1.062	68.329	
73.25		1.088	68.303	1.061	68.33	
73.5		1.088	68.303	1.061	68.33	
73.75		1.087	68.304	1.06	68.331	
74		1.088	68.303	1.06	68.331	
74.25		1.087	68.304	1.061	68.33	
74.5		1.087	68.304	1.061	68.33	
74.75		1.086	68.305	1.062	68.329	
75		1.087	68.304	1.06	68.331	
75.25		1.086	68.305	1.059	68.332	
75.5		1.086	68.305	1.059	68.332	
75.75		1.085	68.306	1.058	68.333	
76		1.085	68.306	1.058	68.333	
76.25		1.084	68.307	1.057	68.334	
76.5		1.084	68.307	1.057	68.334	
76.75		1.083	68.308	1.056	68.335	
77		1.083	68.308	1.056	68.335	

77.25		1.084	68.307	1.057	68.334	
77.5		1.084	68.307	1.057	68.334	
77.75		1.085	68.306	1.058	68.333	
78		1.084	68.307	1.057	68.334	
78.25		1.085	68.306	1.058	68.333	
78.5		1.085	68.306	1.058	68.333	
78.75		1.086	68.305	1.059	68.332	
79		1.085	68.306	1.058	68.333	
79.25		1.084	68.307	1.057	68.334	
79.5		1.084	68.307	1.057	68.334	
79.75		1.083	68.308	1.056	68.335	
80		1.084	68.307	1.057	68.334	
80.25		1.083	68.308	1.056	68.335	
80.5		1.083	68.308	1.056	68.335	
80.75		1.082	68.309	1.055	68.336	
81		1.082	68.309	1.055	68.336	
81.25		1.08	68.311	1.053	68.338	
81.5		1.081	68.31	1.054	68.337	
81.75		1.079	68.312	1.052	68.339	
82		1.079	68.312	1.052	68.339	
82.25		1.077	68.314	1.05	68.341	
82.5		1.078	68.313	1.051	68.34	
82.75		1.076	68.315	1.049	68.342	
83		1.075	68.316	1.048	68.343	
83.25		1.074	68.317	1.047	68.344	
83.5		1.074	68.317	1.047	68.344	
83.75		1.073	68.318	1.046	68.345	
84		1.072	68.319	1.045	68.346	
84.25		1.07	68.321	1.043	68.348	
84.5		1.071	68.32	1.044	68.347	
84.75		1.069	68.322	1.042	68.349	
85		1.068	68.323	1.041	68.35	
85.25		1.066	68.325	1.04	68.351	
85.5		1.067	68.324	1.04	68.351	
85.75		1.065	68.326	1.039	68.352	
86		1.065	68.326	1.038	68.353	
86.25		1.067	68.324	1.039	68.352	
86.5		1.066	68.325	1.039	68.352	
86.75		1.068	68.323	1.04	68.351	
87		1.068	68.323	1.041	68.35	
87.25		1.066	68.325	1.039	68.352	
87.5		1.067	68.324	1.04	68.351	
87.75		1.065	68.326	1.038	68.353	
88		1.065	68.326	1.038	68.353	
88.25		1.066	68.325	1.039	68.352	

88.5		1.066	68.325	1.039	68.352	
88.75		1.067	68.324	1.04	68.351	
89		1.066	68.325	1.039	68.352	
89.25		1.065	68.326	1.038	68.353	
89.5		1.065	68.326	1.038	68.353	
89.75		1.064	68.327	1.037	68.354	
90		1.064	68.327	1.037	68.354	
90.25		1.064	68.327	1.037	68.354	
90.5		1.064	68.327	1.037	68.354	
90.75		1.064	68.327	1.037	68.354	
91		1.064	68.327	1.037	68.354	
91.25		1.063	68.328	1.036	68.355	
91.5		1.063	68.328	1.036	68.355	
91.75		1.062	68.329	1.035	68.356	
92		1.062	68.329	1.035	68.356	
92.25		1.063	68.328	1.037	68.354	
92.5		1.063	68.328	1.036	68.355	
92.75		1.064	68.327	1.038	68.353	
93		1.065	68.326	1.038	68.353	
93.25		1.067	68.324	1.04	68.351	
93.5		1.066	68.325	1.039	68.352	
93.75		1.068	68.323	1.041	68.35	
94		1.068	68.323	1.041	68.35	
94.25		1.068	68.323	1.041	68.35	
94.5		1.068	68.323	1.041	68.35	
94.75		1.068	68.323	1.041	68.35	
95		1.068	68.323	1.041	68.35	
95.25		1.069	68.322	1.042	68.349	
95.5		1.069	68.322	1.042	68.349	
95.75		1.07	68.321	1.043	68.348	
96		1.069	68.322	1.042	68.349	
96.25		1.069	68.322	1.042	68.349	
96.5		1.069	68.322	1.042	68.349	
96.75		1.069	68.322	1.042	68.349	
97		1.069	68.322	1.042	68.349	
97.25		1.067	68.324	1.04	68.351	
97.5		1.068	68.323	1.041	68.35	
97.75		1.066	68.325	1.039	68.352	
98		1.065	68.326	1.038	68.353	
98.25		1.063	68.328	1.036	68.355	
98.5		1.064	68.327	1.037	68.354	
98.75		1.062	68.329	1.035	68.356	
99		1.061	68.33	1.034	68.357	
99.25		1.06	68.331	1.035	68.356	
99.5		1.06	68.331	1.035	68.356	

99.75		1.059	68.332	1.036	68.355	
100	1.607	1.06	68.331	1.036	68.355	
100.25		1.609	68.329	1.576	68.358	
100.5		1.61	68.328	1.578	68.36	
100.75		1.608	68.33	1.581	68.363	
101		1.603	68.335	1.576	68.362	
101.25		1.6	68.338	1.573	68.365	
101.5		1.598	68.34	1.571	68.367	
101.75		1.595	68.343	1.568	68.37	
102		1.596	68.342	1.569	68.369	
102.25		1.594	68.344	1.566	68.372	
102.5		1.592	68.346	1.564	68.374	
102.75		1.59	68.348	1.561	68.377	
103		1.59	68.348	1.563	68.375	
103.25		1.588	68.35	1.561	68.377	
103.5		1.587	68.351	1.56	68.378	
103.75		1.585	68.353	1.558	68.38	
104		1.585	68.353	1.558	68.38	
104.25		1.583	68.355	1.556	68.382	
104.5		1.584	68.354	1.557	68.381	
104.75		1.582	68.356	1.555	68.383	
105		1.581	68.357	1.554	68.384	
105.25		1.58	68.358	1.553	68.385	
105.5		1.58	68.358	1.553	68.385	
105.75		1.579	68.359	1.552	68.386	
106		1.58	68.358	1.553	68.385	
106.25		1.581	68.357	1.554	68.384	
106.5		1.581	68.357	1.554	68.384	
106.75		1.582	68.356	1.555	68.383	
107		1.581	68.357	1.554	68.384	
107.25		1.583	68.355	1.554	68.384	
107.5		1.584	68.354	1.554	68.384	
107.75		1.586	68.352	1.554	68.384	
108		1.586	68.352	1.554	68.384	
108.25		1.583	68.355	1.553	68.385	
108.5		1.581	68.357	1.553	68.385	
108.75		1.578	68.36	1.552	68.386	
109		1.578	68.36	1.551	68.387	
109.25		1.579	68.359	1.552	68.386	
109.5		1.579	68.359	1.552	68.386	
109.75		1.58	68.358	1.553	68.385	
110		1.58	68.358	1.553	68.385	
110.25		1.581	68.357	1.554	68.384	
110.5		1.581	68.357	1.554	68.384	
110.75		1.582	68.356	1.555	68.383	

111		1.581	68.357	1.554	68.384	
111.25		1.583	68.355	1.556	68.382	
111.5		1.582	68.356	1.555	68.383	
111.75		1.584	68.354	1.557	68.381	
112		1.585	68.353	1.558	68.38	
112.25		1.587	68.351	1.56	68.378	
112.5		1.586	68.352	1.559	68.379	
112.75		1.588	68.35	1.561	68.377	
113		1.588	68.35	1.561	68.377	
113.25		1.589	68.349	1.562	68.376	
113.5		1.589	68.349	1.562	68.376	
113.75		1.59	68.348	1.563	68.375	
114		1.589	68.349	1.562	68.376	
114.25		1.591	68.347	1.564	68.374	
114.5		1.59	68.348	1.563	68.375	
114.75		1.592	68.346	1.565	68.373	
115		1.592	68.346	1.565	68.373	
115.25		1.593	68.345	1.566	68.372	
115.5		1.593	68.345	1.566	68.372	
115.75		1.594	68.344	1.567	68.371	
116		1.593	68.345	1.566	68.372	
116.25		1.592	68.346	1.566	68.372	
116.5		1.592	68.346	1.566	68.372	
116.75		1.591	68.347	1.566	68.372	
117		1.592	68.346	1.566	68.372	
117.25		1.591	68.347	1.565	68.373	
117.5		1.591	68.347	1.565	68.373	
117.75		1.59	68.348	1.564	68.374	
118		1.59	68.348	1.564	68.374	
118.25		1.589	68.349	1.563	68.375	
118.5		1.589	68.349	1.563	68.375	
118.75		1.588	68.35	1.562	68.376	
119		1.588	68.35	1.562	68.376	
119.25		1.587	68.351	1.561	68.377	
119.5		1.587	68.351	1.561	68.377	
119.75		1.586	68.352	1.56	68.378	
120		1.587	68.351	1.561	68.377	
120.25		1.588	68.35	1.562	68.376	
120.5		1.588	68.35	1.562	68.376	
120.75		1.589	68.349	1.563	68.375	
121		1.588	68.35	1.562	68.376	
121.25		1.59	68.348	1.564	68.374	
121.5		1.589	68.349	1.563	68.375	
121.75		1.591	68.347	1.565	68.373	
122		1.592	68.346	1.566	68.372	

122.25		1.592	68.346	1.566	68.372	
122.5		1.592	68.346	1.566	68.372	
122.75		1.592	68.346	1.566	68.372	
123		1.592	68.346	1.566	68.372	
123.25		1.591	68.347	1.565	68.373	
123.5		1.591	68.347	1.565	68.373	
123.75		1.59	68.348	1.564	68.374	
124		1.59	68.348	1.564	68.374	
124.25		1.592	68.346	1.566	68.372	
124.5		1.591	68.347	1.565	68.373	
124.75		1.593	68.345	1.567	68.371	
125		1.594	68.344	1.568	68.37	
125.25		1.596	68.342	1.57	68.368	
125.5		1.595	68.343	1.569	68.369	
125.75		1.597	68.341	1.571	68.367	
126		1.598	68.34	1.572	68.366	
126.25		1.599	68.339	1.573	68.365	
126.5		1.599	68.339	1.573	68.365	
126.75		1.6	68.338	1.574	68.364	
127		1.599	68.339	1.573	68.365	
127.25		1.597	68.341	1.57	68.368	
127.5		1.595	68.343	1.568	68.37	
127.75		1.593	68.345	1.565	68.373	
128		1.593	68.345	1.567	68.371	
128.25		1.592	68.346	1.565	68.373	
128.5		1.592	68.346	1.566	68.372	
128.75		1.591	68.347	1.564	68.374	
129		1.59	68.348	1.564	68.374	
129.25		1.592	68.346	1.566	68.372	
129.5		1.593	68.345	1.567	68.371	
129.75		1.595	68.343	1.569	68.369	
130		1.595	68.343	1.569	68.369	
130.25		1.597	68.341	1.571	68.367	
130.5		1.598	68.34	1.572	68.366	
130.75		1.6	68.338	1.574	68.364	
131		1.6	68.338	1.574	68.364	
131.25		1.603	68.335	1.577	68.361	
131.5		1.605	68.333	1.579	68.359	
131.75		1.608	68.33	1.582	68.356	
132		1.607	68.331	1.581	68.357	
132.25		1.61	68.328	1.584	68.354	
132.5		1.612	68.326	1.586	68.352	
132.75		1.615	68.323	1.589	68.349	
133		1.615	68.323	1.589	68.349	
133.25		1.615	68.323	1.589	68.349	

133.5		1.615	68.323	1.589	68.349	
133.75		1.615	68.323	1.589	68.349	
134		1.615	68.323	1.589	68.349	
134.25		1.617	68.321	1.591	68.347	
134.5		1.616	68.322	1.59	68.348	
134.75		1.618	68.32	1.592	68.346	
135		1.619	68.319	1.593	68.345	
135.25		1.621	68.317	1.596	68.342	
135.5		1.623	68.315	1.598	68.34	
135.75		1.625	68.313	1.601	68.337	
136		1.625	68.313	1.599	68.339	
136.25		1.627	68.311	1.601	68.337	
136.5		1.626	68.312	1.6	68.338	
136.75		1.628	68.31	1.602	68.336	
137		1.629	68.309	1.603	68.335	
137.25		1.632	68.306	1.606	68.332	
137.5		1.634	68.304	1.608	68.33	
137.75		1.637	68.301	1.611	68.327	
138		1.638	68.3	1.612	68.326	
138.25		1.639	68.299	1.613	68.325	
138.5		1.639	68.299	1.613	68.325	
138.75		1.64	68.298	1.614	68.324	
139		1.64	68.298	1.614	68.324	
139.25		1.644	68.294	1.618	68.32	
139.5		1.647	68.291	1.621	68.317	
139.75		1.651	68.287	1.625	68.313	
140		1.649	68.289	1.623	68.315	
140.25		1.65	68.288	1.624	68.314	
140.5		1.65	68.288	1.624	68.314	
140.75		1.651	68.287	1.625	68.313	
141		1.651	68.287	1.625	68.313	
141.25		1.654	68.284	1.628	68.31	
141.5		1.656	68.282	1.63	68.308	
141.75		1.659	68.279	1.633	68.305	
142		1.659	68.279	1.633	68.305	
142.25		1.662	68.276	1.633	68.305	
142.5		1.664	68.274	1.633	68.305	
142.75		1.667	68.271	1.633	68.305	
143		1.668	68.27	1.633	68.305	
143.25		1.667	68.271	1.636	68.302	
143.5		1.667	68.271	1.638	68.3	
143.75		1.666	68.272	1.641	68.297	
144		1.665	68.273	1.639	68.299	
144.25		1.667	68.271	1.642	68.296	
144.5		1.669	68.269	1.644	68.294	

144.75		1.671	68.267	1.647	68.291	
145		1.671	68.267	1.645	68.293	
145.25		1.673	68.265	1.647	68.291	
145.5		1.672	68.266	1.646	68.292	
145.75		1.674	68.264	1.648	68.29	
146		1.675	68.263	1.649	68.289	
146.25		1.677	68.261	1.652	68.286	
146.5		1.679	68.259	1.654	68.284	
146.75		1.681	68.257	1.657	68.281	
147		1.681	68.257	1.655	68.283	
147.25		1.684	68.254	1.658	68.28	
147.5		1.686	68.252	1.66	68.278	
147.75		1.689	68.249	1.663	68.275	
148		1.688	68.25	1.662	68.276	
148.25		1.689	68.249	1.663	68.275	
148.5		1.689	68.249	1.663	68.275	
148.75		1.69	68.248	1.664	68.274	
149		1.69	68.248	1.665	68.273	
149.25		1.693	68.245	1.668	68.27	
149.5		1.695	68.243	1.67	68.268	
149.75		1.698	68.24	1.673	68.265	
150		1.698	68.24	1.673	68.265	
150.25		1.701	68.237	1.676	68.262	
150.5		1.703	68.235	1.678	68.26	
150.75		1.706	68.232	1.681	68.257	
151		1.706	68.232	1.681	68.257	
151.25		1.708	68.23	1.683	68.255	
151.5		1.709	68.229	1.684	68.254	
151.75		1.711	68.227	1.686	68.252	
152		1.711	68.227	1.686	68.252	
152.25		1.711	68.227	1.687	68.251	
152.5		1.711	68.227	1.687	68.251	
152.75		1.711	68.227	1.688	68.25	
153		1.711	68.227	1.688	68.25	
153.25		1.713	68.225	1.689	68.249	
153.5		1.712	68.226	1.689	68.249	
153.75		1.714	68.224	1.69	68.248	
154		1.715	68.223	1.69	68.248	
154.25		1.715	68.223	1.689	68.249	
154.5		1.715	68.223	1.689	68.249	
154.75		1.715	68.223	1.688	68.25	
155		1.715	68.223	1.688	68.25	
155.25		1.713	68.225	1.687	68.251	
155.5		1.712	68.226	1.687	68.251	
155.75		1.71	68.228	1.686	68.252	

156		1.71	68.228	1.685	68.253	
156.25		1.709	68.229	1.684	68.254	
156.5		1.709	68.229	1.684	68.254	
156.75		1.708	68.23	1.683	68.255	
157		1.709	68.229	1.684	68.254	
157.25		1.709	68.229	1.685	68.253	
157.5		1.709	68.229	1.685	68.253	
157.75		1.709	68.229	1.686	68.252	
158		1.709	68.229	1.686	68.252	
158.25		1.711	68.227	1.687	68.251	
158.5		1.712	68.226	1.687	68.251	
158.75		1.714	68.224	1.688	68.25	
159		1.714	68.224	1.689	68.249	
159.25		1.716	68.222	1.691	68.247	
159.5		1.715	68.223	1.69	68.248	
159.75		1.717	68.221	1.692	68.246	
160		1.718	68.22	1.693	68.245	
160.25		1.716	68.222	1.694	68.244	
160.5		1.717	68.221	1.694	68.244	
160.75		1.715	68.223	1.695	68.243	
161		1.714	68.224	1.694	68.244	
161.25		1.715	68.223	1.693	68.245	
161.5		1.715	68.223	1.693	68.245	
161.75		1.716	68.222	1.692	68.246	
162		1.715	68.223	1.692	68.246	
162.25		1.716	68.222	1.693	68.245	
162.5		1.716	68.222	1.693	68.245	
162.75		1.717	68.221	1.694	68.244	
163		1.718	68.22	1.693	68.245	
163.25		1.72	68.218	1.694	68.244	
163.5		1.719	68.219	1.694	68.244	
163.75		1.721	68.217	1.695	68.243	
164		1.721	68.217	1.696	68.242	
164.25		1.722	68.216	1.697	68.241	
164.5		1.722	68.216	1.697	68.241	
164.75		1.723	68.215	1.698	68.24	
165		1.723	68.215	1.698	68.24	
165.25		1.725	68.213	1.699	68.239	
165.5		1.726	68.212	1.699	68.239	
165.75		1.728	68.21	1.7	68.238	
166		1.728	68.21	1.701	68.237	
166.25		1.73	68.208	1.702	68.236	
166.5		1.729	68.209	1.702	68.236	
166.75		1.731	68.207	1.703	68.235	
167		1.731	68.207	1.703	68.235	

167.25		1.73	68.208	1.704	68.234	
167.5		1.73	68.208	1.704	68.234	
167.75		1.729	68.209	1.705	68.233	
168		1.73	68.208	1.705	68.233	
168.25		1.73	68.208	1.706	68.232	
168.5		1.73	68.208	1.706	68.232	
168.75		1.73	68.208	1.707	68.231	
169		1.73	68.208	1.706	68.232	
169.25		1.731	68.207	1.708	68.23	
169.5		1.731	68.207	1.707	68.231	
169.75		1.732	68.206	1.709	68.229	
170		1.731	68.207	1.709	68.229	
170.25		1.734	68.204	1.712	68.226	
170.5		1.736	68.202	1.714	68.224	
170.75		1.739	68.199	1.717	68.221	
171		1.74	68.198	1.715	68.223	
171.25		1.74	68.198	1.714	68.224	
171.5		1.74	68.198	1.714	68.224	
171.75		1.74	68.198	1.713	68.225	
172		1.74	68.198	1.714	68.224	
172.25		1.739	68.199	1.714	68.224	
172.5		1.739	68.199	1.714	68.224	
172.75		1.738	68.2	1.714	68.224	
173		1.739	68.199	1.714	68.224	
173.25		1.74	68.198	1.715	68.223	
173.5		1.74	68.198	1.715	68.223	
173.75		1.741	68.197	1.716	68.222	
174		1.741	68.197	1.716	68.222	
174.25		1.741	68.197	1.715	68.223	
174.5		1.741	68.197	1.715	68.223	
174.75		1.741	68.197	1.714	68.224	
175		1.741	68.197	1.715	68.223	
175.25		1.743	68.195	1.716	68.222	
175.5		1.742	68.196	1.716	68.222	
175.75		1.744	68.194	1.717	68.221	
176		1.745	68.193	1.716	68.222	
176.25		1.743	68.195	1.714	68.224	
176.5		1.744	68.194	1.715	68.223	
176.75		1.742	68.196	1.713	68.225	
177		1.741	68.197	1.713	68.225	
177.25		1.742	68.196	1.714	68.224	
177.5		1.742	68.196	1.714	68.224	
177.75		1.743	68.195	1.715	68.223	
178		1.744	68.194	1.716	68.222	
178.25		1.745	68.193	1.717	68.221	

178.5		1.745	68.193	1.717	68.221	
178.75		1.746	68.192	1.718	68.22	
179		1.746	68.192	1.718	68.22	
179.25		1.745	68.193	1.719	68.219	
179.5		1.745	68.193	1.719	68.219	
179.75		1.744	68.194	1.72	68.218	
180		1.745	68.193	1.72	68.218	
180.25		1.743	68.195	1.719	68.219	
180.5		1.744	68.194	1.719	68.219	
180.75		1.742	68.196	1.718	68.22	
181		1.741	68.197	1.719	68.219	
181.25		1.742	68.196	1.72	68.218	
181.5		1.742	68.196	1.72	68.218	
181.75		1.743	68.195	1.721	68.217	
182		1.744	68.194	1.72	68.218	
182.25		1.747	68.191	1.722	68.216	
182.5		1.749	68.189	1.721	68.217	
182.75		1.752	68.186	1.723	68.215	
183		1.752	68.186	1.723	68.215	
183.25		1.754	68.184	1.725	68.213	
183.5		1.753	68.185	1.726	68.212	
183.75		1.755	68.183	1.728	68.21	
184		1.756	68.182	1.728	68.21	
184.25		1.759	68.179	1.73	68.208	
184.5		1.761	68.177	1.732	68.206	
184.75		1.764	68.174	1.734	68.204	
185		1.763	68.175	1.734	68.204	
185.25		1.766	68.172	1.736	68.202	
185.5		1.768	68.17	1.738	68.2	
185.75		1.771	68.167	1.74	68.198	
186		1.77	68.168	1.74	68.198	
186.25		1.769	68.169	1.742	68.196	
186.5		1.769	68.169	1.743	68.195	
186.75		1.768	68.17	1.745	68.193	
187		1.769	68.169	1.745	68.193	
187.25		1.771	68.167	1.748	68.19	
187.5		1.773	68.165	1.75	68.188	
187.75		1.775	68.163	1.753	68.185	
188		1.775	68.163	1.751	68.187	
188.25		1.779	68.159	1.754	68.184	
188.5		1.782	68.156	1.756	68.182	
188.75		1.786	68.152	1.759	68.179	
189		1.785	68.153	1.758	68.18	
189.25		1.789	68.149	1.761	68.177	
189.5		1.792	68.146	1.763	68.175	

189.75		1.796	68.142	1.766	68.172	
190	1.318	1.794	68.144	1.765	68.173	
190.25		1.317	68.145	1.296	68.17	
190.5		1.317	68.145	1.294	68.168	
190.75		1.318	68.144	1.291	68.165	
191		1.32	68.142	1.296	68.166	
191.25		1.321	68.141	1.297	68.165	
191.5		1.321	68.141	1.297	68.165	
191.75		1.322	68.14	1.298	68.164	
192		1.322	68.14	1.298	68.164	
192.25		1.325	68.137	1.301	68.161	
192.5		1.327	68.135	1.303	68.159	
192.75		1.33	68.132	1.306	68.156	
193		1.33	68.132	1.306	68.156	
193.25		1.332	68.13	1.308	68.154	
193.5		1.333	68.129	1.309	68.153	
193.75		1.335	68.127	1.311	68.151	
194		1.335	68.127	1.311	68.151	
194.25		1.337	68.125	1.314	68.148	
194.5		1.339	68.123	1.316	68.146	
194.75		1.341	68.121	1.319	68.143	
195		1.341	68.121	1.317	68.145	
195.25		1.343	68.119	1.319	68.143	
195.5		1.342	68.12	1.318	68.144	
195.75		1.344	68.118	1.32	68.142	
196		1.345	68.117	1.321	68.141	
196.25		1.347	68.115	1.324	68.138	
196.5		1.349	68.113	1.326	68.136	
196.75		1.351	68.111	1.329	68.133	
197		1.351	68.111	1.327	68.135	
197.25		1.353	68.109	1.33	68.132	
197.5		1.355	68.107	1.332	68.13	
197.75		1.357	68.105	1.335	68.127	
198		1.357	68.105	1.333	68.129	
198.25		1.359	68.103	1.335	68.127	
198.5		1.36	68.102	1.336	68.126	
198.75		1.362	68.1	1.338	68.124	
199		1.362	68.1	1.338	68.124	
199.25		1.364	68.098	1.341	68.121	
199.5		1.366	68.096	1.343	68.119	
199.75		1.368	68.094	1.346	68.116	
200		1.368	68.094	1.344	68.118	
200.25		1.369	68.093	1.346	68.116	
200.5		1.369	68.093	1.345	68.117	
200.75		1.37	68.092	1.347	68.115	

201		1.371	68.091	1.347	68.115	
201.25		1.372	68.09	1.348	68.114	
201.5		1.372	68.09	1.348	68.114	
201.75		1.373	68.089	1.349	68.113	
202		1.372	68.09	1.348	68.114	
202.25		1.373	68.089	1.35	68.112	
202.5		1.373	68.089	1.349	68.113	
202.75		1.374	68.088	1.351	68.111	
203		1.375	68.087	1.351	68.111	
203.25		1.378	68.084	1.354	68.108	
203.5		1.38	68.082	1.356	68.106	
203.75		1.383	68.079	1.359	68.103	
204		1.382	68.08	1.358	68.104	
204.25		1.384	68.078	1.361	68.101	
204.5		1.386	68.076	1.363	68.099	
204.75		1.388	68.074	1.366	68.096	
205		1.388	68.074	1.364	68.098	
205.25		1.39	68.072	1.366	68.096	
205.5		1.389	68.073	1.365	68.097	
205.75		1.391	68.071	1.367	68.095	
206		1.392	68.07	1.368	68.094	
206.25		1.396	68.066	1.372	68.09	
206.5		1.399	68.063	1.375	68.087	
206.75		1.403	68.059	1.379	68.083	
207		1.401	68.061	1.377	68.085	
207.25		1.403	68.059	1.379	68.083	
207.5		1.402	68.06	1.378	68.084	
207.75		1.404	68.058	1.38	68.082	
208		1.405	68.057	1.381	68.081	
208.25		1.407	68.055	1.383	68.079	
208.5		1.408	68.054	1.384	68.078	
208.75		1.41	68.052	1.386	68.076	
209		1.41	68.052	1.386	68.076	
209.25		1.412	68.05	1.388	68.074	
209.5		1.413	68.049	1.389	68.073	
209.75		1.415	68.047	1.391	68.071	
210		1.415	68.047	1.391	68.071	
210.25		1.417	68.045	1.393	68.069	
210.5		1.418	68.044	1.394	68.068	
210.75		1.42	68.042	1.396	68.066	
211		1.42	68.042	1.396	68.066	
211.25		1.423	68.039	1.399	68.063	
211.5		1.425	68.037	1.401	68.061	
211.75		1.428	68.034	1.404	68.058	
212		1.428	68.034	1.404	68.058	

212.25		1.43	68.032	1.407	68.055	
212.5		1.432	68.03	1.409	68.053	
212.75		1.434	68.028	1.412	68.05	
213		1.434	68.028	1.41	68.052	
213.25		1.436	68.026	1.413	68.049	
213.5		1.438	68.024	1.415	68.047	
213.75		1.44	68.022	1.418	68.044	
214		1.44	68.022	1.416	68.046	
214.25		1.444	68.018	1.42	68.042	
214.5		1.447	68.015	1.423	68.039	
214.75		1.451	68.011	1.427	68.035	
215		1.449	68.013	1.425	68.037	
215.25		1.452	68.01	1.429	68.033	
215.5		1.454	68.008	1.432	68.03	
215.75		1.457	68.005	1.436	68.026	
216		1.458	68.004	1.434	68.028	
216.25		1.462	68	1.438	68.024	
216.5		1.465	67.997	1.441	68.021	
216.75		1.469	67.993	1.445	68.017	
217		1.467	67.995	1.443	68.019	
217.25		1.47	67.992	1.446	68.016	
217.5		1.472	67.99	1.448	68.014	
217.75		1.475	67.987	1.451	68.011	
218		1.474	67.988	1.45	68.012	
218.25		1.477	67.985	1.453	68.009	
218.5		1.479	67.983	1.455	68.007	
218.75		1.482	67.98	1.458	68.004	
219		1.482	67.98	1.458	68.004	
219.25		1.485	67.977	1.461	68.001	
219.5		1.487	67.975	1.463	67.999	
219.75		1.49	67.972	1.466	67.996	
220		1.489	67.973	1.465	67.997	
220.25		1.49	67.972	1.467	67.995	
220.5		1.49	67.972	1.466	67.996	
220.75		1.491	67.971	1.468	67.994	
221		1.492	67.97	1.468	67.994	
221.25		1.495	67.967	1.471	67.991	
221.5		1.497	67.965	1.473	67.989	
221.75		1.5	67.962	1.476	67.986	
222		1.5	67.962	1.476	67.986	
222.25		1.503	67.959	1.479	67.983	
222.5		1.505	67.957	1.481	67.981	
222.75		1.508	67.954	1.484	67.978	
223		1.508	67.954	1.482	67.98	
223.25		1.51	67.952	1.484	67.978	

223.5		1.512	67.95	1.483	67.979	
223.75		1.514	67.948	1.485	67.977	
224		1.514	67.948	1.486	67.976	
224.25		1.513	67.949	1.487	67.975	
224.5		1.513	67.949	1.487	67.975	
224.75		1.512	67.95	1.488	67.974	
225		1.512	67.95	1.488	67.974	
225.25		1.515	67.947	1.49	67.972	
225.5		1.514	67.948	1.489	67.973	
225.75		1.514	67.948	1.491	67.971	
226		1.515	67.947	1.491	67.971	
226.25		1.515	67.947	1.492	67.97	
226.5		1.515	67.947	1.492	67.97	
226.75		1.515	67.947	1.493	67.969	
227		1.515	67.947	1.493	67.969	
227.25		1.517	67.945	1.495	67.967	
227.5		1.519	67.943	1.494	67.968	
227.75		1.521	67.941	1.496	67.966	
228		1.521	67.941	1.497	67.965	
228.25		1.523	67.939	1.499	67.963	
228.5		1.522	67.94	1.498	67.964	
228.75		1.524	67.938	1.5	67.962	
229		1.525	67.937	1.501	67.961	
229.25		1.527	67.935	1.503	67.959	
229.5		1.526	67.936	1.502	67.96	
229.75		1.528	67.934	1.504	67.958	
230		1.528	67.934	1.504	67.958	
230.25		1.529	67.933	1.505	67.957	
230.5		1.529	67.933	1.505	67.957	
230.75		1.53	67.932	1.506	67.956	
231		1.529	67.933	1.505	67.957	
231.25		1.53	67.932	1.506	67.956	
231.5		1.53	67.932	1.506	67.956	
231.75		1.531	67.931	1.507	67.955	
232		1.531	67.931	1.507	67.955	
232.25		1.53	67.932	1.506	67.956	
232.5		1.53	67.932	1.506	67.956	
232.75		1.529	67.933	1.505	67.957	
233		1.53	67.932	1.506	67.956	
233.25		1.529	67.933	1.505	67.957	
233.5		1.529	67.933	1.505	67.957	
233.75		1.528	67.934	1.504	67.958	
234		1.529	67.933	1.505	67.957	
234.25		1.53	67.932	1.506	67.956	
234.5		1.53	67.932	1.506	67.956	

234.75		1.531	67.931	1.507	67.955	
235		1.53	67.932	1.506	67.956	
235.25		1.533	67.929	1.509	67.953	
235.5		1.535	67.927	1.511	67.951	
235.75		1.538	67.924	1.514	67.948	
236		1.537	67.925	1.513	67.949	
236.25		1.539	67.923	1.515	67.947	
236.5		1.538	67.924	1.514	67.948	
236.75		1.54	67.922	1.516	67.946	
237		1.54	67.922	1.516	67.946	
237.25		1.542	67.92	1.518	67.944	
237.5		1.543	67.919	1.519	67.943	
237.75		1.545	67.917	1.521	67.941	
238		1.545	67.917	1.521	67.941	
238.25		1.547	67.915	1.522	67.94	
238.5		1.549	67.913	1.522	67.94	
238.75		1.551	67.911	1.523	67.939	
239		1.551	67.911	1.524	67.938	
239.25		1.55	67.912	1.525	67.937	
239.5		1.55	67.912	1.525	67.937	
239.75		1.549	67.913	1.526	67.936	
240		1.55	67.912	1.526	67.936	
240.25		1.551	67.911	1.528	67.934	
240.5		1.551	67.911	1.527	67.935	
240.75		1.552	67.91	1.529	67.933	
241		1.551	67.911	1.529	67.933	
241.25		1.555	67.907	1.531	67.931	
241.5		1.558	67.904	1.533	67.929	
241.75		1.562	67.9	1.535	67.927	
242		1.56	67.902	1.535	67.927	
242.25		1.561	67.901	1.537	67.925	
242.5		1.561	67.901	1.536	67.926	
242.75		1.562	67.9	1.538	67.924	
243		1.563	67.899	1.539	67.923	
243.25		1.566	67.896	1.542	67.92	
243.5		1.568	67.894	1.544	67.918	
243.75		1.571	67.891	1.547	67.915	
244		1.57	67.892	1.546	67.916	
244.25		1.575	67.887	1.551	67.911	
244.5		1.579	67.883	1.555	67.907	
244.75		1.584	67.878	1.56	67.902	
245		1.584	67.878	1.56	67.902	
245.25		1.589	67.873	1.565	67.897	
245.5		1.593	67.869	1.569	67.893	
245.75		1.598	67.864	1.574	67.888	

246		1.598	67.864	1.574	67.888	
246.25		1.6	67.862	1.576	67.886	
246.5		1.601	67.861	1.577	67.885	
246.75		1.603	67.859	1.579	67.883	
247		1.603	67.859	1.579	67.883	
247.25		1.606	67.856	1.582	67.88	
247.5		1.608	67.854	1.584	67.878	
247.75		1.611	67.851	1.587	67.875	
248		1.61	67.852	1.586	67.876	
248.25		1.613	67.849	1.589	67.873	
248.5		1.615	67.847	1.591	67.871	
248.75		1.618	67.844	1.594	67.868	
249		1.617	67.845	1.593	67.869	
249.25		1.619	67.843	1.594	67.868	
249.5		1.618	67.844	1.594	67.868	
249.75		1.62	67.842	1.595	67.867	
250	1.322	1.62	67.842	1.596	67.866	
250.25		1.323	67.841	1.297	67.867	
250.5		1.323	67.841	1.296	67.867	
250.75		1.322	67.842	1.296	67.868	
251		1.321	67.843	1.297	67.867	
251.25		1.32	67.844	1.296	67.868	
251.5		1.32	67.844	1.296	67.868	
251.75		1.319	67.845	1.295	67.869	
252		1.32	67.844	1.296	67.868	
252.25		1.321	67.843	1.298	67.866	
252.5		1.321	67.843	1.297	67.867	
252.75		1.322	67.842	1.299	67.865	
253		1.323	67.841	1.299	67.865	
253.25		1.324	67.84	1.3	67.864	
253.5		1.324	67.84	1.3	67.864	
253.75		1.325	67.839	1.301	67.863	
254		1.325	67.839	1.301	67.863	
254.25		1.326	67.838	1.302	67.862	
254.5		1.326	67.838	1.302	67.862	
254.75		1.327	67.837	1.303	67.861	
255		1.326	67.838	1.302	67.862	
255.25		1.325	67.839	1.303	67.861	
255.5		1.325	67.839	1.303	67.861	
255.75		1.324	67.84	1.304	67.86	
256		1.324	67.84	1.303	67.861	
256.25		1.322	67.842	1.304	67.86	
256.5		1.323	67.841	1.304	67.86	
256.75		1.321	67.843	1.305	67.859	
257		1.321	67.843	1.304	67.86	

257.25		1.322	67.842	1.305	67.859	
257.5		1.322	67.842	1.305	67.859	
257.75		1.323	67.841	1.306	67.858	
258		1.323	67.841	1.306	67.858	
258.25		1.326	67.838	1.307	67.857	
258.5		1.328	67.836	1.307	67.857	
258.75		1.331	67.833	1.308	67.856	
259		1.33	67.834	1.309	67.855	
259.25		1.333	67.831	1.311	67.853	
259.5		1.335	67.829	1.312	67.852	
259.75		1.338	67.826	1.314	67.85	
260		1.339	67.825	1.315	67.849	
260.25		1.341	67.823	1.317	67.847	
260.5		1.343	67.821	1.318	67.846	
260.75		1.345	67.819	1.32	67.844	
261		1.345	67.819	1.32	67.844	
261.25		1.347	67.817	1.322	67.842	
261.5		1.346	67.818	1.321	67.843	
261.75		1.348	67.816	1.323	67.841	
262		1.349	67.815	1.324	67.84	
262.25		1.35	67.814	1.325	67.839	
262.5		1.35	67.814	1.325	67.839	
262.75		1.351	67.813	1.326	67.838	
263		1.351	67.813	1.327	67.837	
263.25		1.354	67.81	1.329	67.835	
263.5		1.356	67.808	1.331	67.833	
263.75		1.359	67.805	1.333	67.831	
264		1.359	67.805	1.333	67.831	
264.25		1.361	67.803	1.335	67.829	
264.5		1.36	67.804	1.334	67.83	
264.75		1.362	67.802	1.336	67.828	
265		1.362	67.802	1.337	67.827	
265.25		1.364	67.8	1.339	67.825	
265.5		1.365	67.799	1.34	67.824	
265.75		1.367	67.797	1.342	67.822	
266		1.367	67.797	1.342	67.822	
266.25		1.37	67.794	1.345	67.819	
266.5		1.372	67.792	1.347	67.817	
266.75		1.375	67.789	1.35	67.814	
267		1.375	67.789	1.35	67.814	
267.25		1.377	67.787	1.353	67.811	
267.5		1.379	67.785	1.355	67.809	
267.75		1.381	67.783	1.358	67.806	
268		1.381	67.783	1.356	67.808	
268.25		1.383	67.781	1.358	67.806	

268.5		1.382	67.782	1.357	67.807	
268.75		1.384	67.78	1.359	67.805	
269		1.385	67.779	1.36	67.804	
269.25		1.387	67.777	1.362	67.802	
269.5		1.388	67.776	1.363	67.801	
269.75		1.39	67.774	1.365	67.799	
270		1.39	67.774	1.365	67.799	
270.25		1.389	67.775	1.364	67.8	
270.5		1.389	67.775	1.364	67.8	
270.75		1.388	67.776	1.363	67.801	
271		1.389	67.775	1.364	67.8	
271.25		1.391	67.773	1.366	67.798	
271.5		1.39	67.774	1.365	67.799	
271.75		1.392	67.772	1.367	67.797	
272		1.393	67.771	1.368	67.796	
272.25		1.395	67.769	1.371	67.793	
272.5		1.397	67.767	1.373	67.791	
272.75		1.399	67.765	1.376	67.788	
273		1.399	67.765	1.374	67.79	
273.25		1.401	67.763	1.376	67.788	
273.5		1.4	67.764	1.375	67.789	
273.75		1.402	67.762	1.377	67.787	
274		1.403	67.761	1.378	67.786	
274.25		1.404	67.76	1.379	67.785	
274.5		1.404	67.76	1.379	67.785	
274.75		1.405	67.759	1.38	67.784	
275		1.406	67.758	1.381	67.783	
275.25		1.408	67.756	1.384	67.78	
275.5		1.41	67.754	1.386	67.778	
275.75		1.412	67.752	1.389	67.775	
276		1.412	67.752	1.387	67.777	
276.25		1.414	67.75	1.39	67.774	
276.5		1.416	67.748	1.392	67.772	
276.75		1.418	67.746	1.395	67.769	
277		1.418	67.746	1.393	67.771	
277.25		1.42	67.744	1.394	67.77	
277.5		1.419	67.745	1.394	67.77	
277.75		1.421	67.743	1.395	67.769	
278		1.421	67.743	1.395	67.769	
278.25		1.423	67.741	1.397	67.767	
278.5		1.424	67.74	1.398	67.766	
278.75		1.426	67.738	1.4	67.764	
279		1.426	67.738	1.4	67.764	
279.25		1.428	67.736	1.402	67.762	
279.5		1.427	67.737	1.401	67.763	

279.75		1.429	67.735	1.403	67.761	
280		1.43	67.734	1.404	67.76	
280.25		1.432	67.732	1.406	67.758	
280.5		1.434	67.73	1.407	67.757	
280.75		1.436	67.728	1.409	67.755	
281		1.436	67.728	1.41	67.754	
281.25		1.435	67.729	1.409	67.755	
281.5		1.435	67.729	1.409	67.755	
281.75		1.434	67.73	1.408	67.756	
282		1.434	67.73	1.408	67.756	
282.25		1.436	67.728	1.41	67.754	
282.5		1.437	67.727	1.411	67.753	
282.75		1.439	67.725	1.413	67.751	
283		1.439	67.725	1.413	67.751	
283.25		1.44	67.724	1.414	67.75	
283.5		1.44	67.724	1.414	67.75	
283.75		1.441	67.723	1.415	67.749	
284		1.44	67.724	1.414	67.75	
284.25		1.439	67.725	1.413	67.751	
284.5		1.439	67.725	1.413	67.751	
284.75		1.438	67.726	1.412	67.752	
285		1.439	67.725	1.413	67.751	
285.25		1.44	67.724	1.415	67.749	
285.5		1.44	67.724	1.414	67.75	
285.75		1.441	67.723	1.416	67.748	
286		1.442	67.722	1.416	67.748	
286.25		1.444	67.72	1.419	67.745	
286.5		1.446	67.718	1.421	67.743	
286.75		1.448	67.716	1.424	67.74	
287		1.448	67.716	1.422	67.742	
287.25		1.45	67.714	1.423	67.741	
287.5		1.449	67.715	1.423	67.741	
287.75		1.451	67.713	1.424	67.74	
288		1.451	67.713	1.425	67.739	
288.25		1.452	67.712	1.426	67.738	
288.5		1.452	67.712	1.426	67.738	
288.75		1.453	67.711	1.427	67.737	
289		1.453	67.711	1.427	67.737	
289.25		1.456	67.708	1.431	67.733	
289.5		1.458	67.706	1.434	67.73	
289.75		1.461	67.703	1.438	67.726	
290		1.462	67.702	1.436	67.728	
290.25		1.462	67.702	1.436	67.728	
290.5		1.462	67.702	1.436	67.728	
290.75		1.462	67.702	1.436	67.728	

291		1.462	67.702	1.436	67.728	
291.25		1.466	67.698	1.44	67.724	
291.5		1.469	67.695	1.443	67.721	
291.75		1.473	67.691	1.447	67.717	
292		1.472	67.692	1.446	67.718	
292.25		1.477	67.687	1.451	67.713	
292.5		1.481	67.683	1.455	67.709	
292.75		1.486	67.678	1.46	67.704	
293		1.485	67.679	1.459	67.705	
293.25		1.486	67.678	1.46	67.704	
293.5		1.486	67.678	1.46	67.704	
293.75		1.487	67.677	1.461	67.703	
294		1.486	67.678	1.46	67.704	
294.25		1.489	67.675	1.463	67.701	
294.5		1.491	67.673	1.465	67.699	
294.75		1.494	67.67	1.468	67.696	
295		1.493	67.671	1.467	67.697	
295.25		1.496	67.668	1.47	67.694	
295.5		1.498	67.666	1.472	67.692	
295.75		1.501	67.663	1.475	67.689	
296		1.501	67.663	1.475	67.689	
296.25		1.502	67.662	1.476	67.688	
296.5		1.502	67.662	1.476	67.688	
296.75		1.503	67.661	1.477	67.687	
297		1.502	67.662	1.476	67.688	
297.25		1.503	67.661	1.478	67.686	
297.5		1.503	67.661	1.477	67.687	
297.75		1.504	67.66	1.479	67.685	
298		1.505	67.659	1.479	67.685	
298.25		1.507	67.657	1.481	67.683	
298.5		1.508	67.656	1.482	67.682	
298.75		1.51	67.654	1.484	67.68	
299		1.51	67.654	1.484	67.68	
299.25		1.512	67.652	1.486	67.678	
299.5		1.511	67.653	1.485	67.679	
299.75		1.513	67.651	1.487	67.677	
300		1.514	67.65	1.488	67.676	
300.25		1.516	67.648	1.49	67.674	
300.5		1.515	67.649	1.489	67.675	
300.75		1.517	67.647	1.491	67.673	
301		1.518	67.646	1.492	67.672	
301.25		1.521	67.643	1.495	67.669	
301.5		1.523	67.641	1.497	67.667	
301.75		1.526	67.638	1.5	67.664	
302		1.526	67.638	1.5	67.664	

302.25		1.527	67.637	1.501	67.663	
302.5		1.527	67.637	1.501	67.663	
302.75		1.528	67.636	1.502	67.662	
303		1.528	67.636	1.502	67.662	
303.25		1.53	67.634	1.504	67.66	
303.5		1.531	67.633	1.505	67.659	
303.75		1.533	67.631	1.507	67.657	
304		1.533	67.631	1.507	67.657	
304.25		1.536	67.628	1.51	67.654	
304.5		1.538	67.626	1.512	67.652	
304.75		1.541	67.623	1.515	67.649	
305		1.541	67.623	1.514	67.65	
305.25		1.544	67.62	1.517	67.647	
305.5		1.546	67.618	1.519	67.645	
305.75		1.549	67.615	1.522	67.642	
306		1.549	67.615	1.522	67.642	
306.25		1.551	67.613	1.524	67.64	
306.5		1.55	67.614	1.523	67.641	
306.75		1.552	67.612	1.525	67.639	
307		1.553	67.611	1.526	67.638	
307.25		1.558	67.606	1.531	67.633	
307.5		1.562	67.602	1.535	67.629	
307.75		1.567	67.597	1.54	67.624	
308		1.566	67.598	1.539	67.625	
308.25		1.568	67.596	1.541	67.623	
308.5		1.567	67.597	1.54	67.624	
308.75		1.569	67.595	1.542	67.622	
309		1.57	67.594	1.543	67.621	
309.25		1.571	67.593	1.544	67.62	
309.5		1.571	67.593	1.544	67.62	
309.75		1.572	67.592	1.545	67.619	
310		1.572	67.592	1.545	67.619	
310.25		1.57	67.594	1.543	67.621	
310.5		1.571	67.593	1.544	67.62	
310.75		1.57	67.594	1.543	67.621	
311		1.571	67.593	1.544	67.62	
311.25		1.571	67.593	1.544	67.62	
311.5		1.58	67.584	1.553	67.611	
311.75		1.579	67.585	1.552	67.612	
312		1.571	67.593	1.544	67.62	
312.25		1.572	67.592	1.545	67.619	
312.5		1.572	67.592	1.545	67.619	
312.75		1.573	67.591	1.546	67.618	
313		1.573	67.591	1.546	67.618	
313.25		1.574	67.59	1.547	67.617	

313.5		1.574	67.59	1.547	67.617	
313.75		1.575	67.589	1.548	67.616	
314		1.574	67.59	1.547	67.617	
314.25		1.576	67.588	1.55	67.614	
314.5		1.578	67.586	1.552	67.612	
314.75		1.58	67.584	1.555	67.609	
315		1.58	67.584	1.553	67.611	
315.25		1.582	67.582	1.555	67.609	
315.5		1.581	67.583	1.554	67.61	
315.75		1.583	67.581	1.556	67.608	
316		1.584	67.58	1.557	67.607	
316.25		1.584	67.58	1.557	67.607	
316.5		1.584	67.58	1.557	67.607	
316.75		1.584	67.58	1.557	67.607	
317		1.584	67.58	1.557	67.607	
317.25		1.585	67.579	1.558	67.606	
317.5		1.585	67.579	1.558	67.606	
317.75		1.586	67.578	1.559	67.605	
318		1.586	67.578	1.559	67.605	
318.25		1.587	67.577	1.561	67.603	
318.5		1.587	67.577	1.56	67.604	
318.75		1.588	67.576	1.562	67.602	
319		1.589	67.575	1.562	67.602	
319.25		1.591	67.573	1.564	67.6	
319.5		1.592	67.572	1.565	67.599	
319.75		1.594	67.57	1.567	67.597	
320		1.594	67.57	1.567	67.597	

ANEXO 43: Conformidad asesor**CONFORMIDAD DE ASESOR****SEMINARIO DE TESIS II**

Chiclayo, 19 de mayo del 2025.

Señores

DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**DOCENTE COORDINADOR DE TESIS****Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT**Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **Evaluación comparativa del índice de rugosidad internacional (IRI) de pavimento flexible usando rugosímetro merlín, método topográfico y aplicativo TotalPave**

presentado por el estudiante **Dante Alexander Fonseca Carranza**

de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



RUBEN ELI ESTRADA CHUNGA
INGENIERO CIVIL
REG CIP 254291

Ing. Rubén Eli Estrada Chunga
Docente Asesor