



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**DIAGNÓSTICO DE LA UNIFORMIDAD SUPERFICIAL
DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA ILO A
MOQUEGUA, A TRAVÉS DEL IRI
UTILIZANDO EL SISTEMA ROADROID
DESDE UN SMARTPHONE**

PRESENTADA POR:

BACHILLER OMAR CLINTON APAZA ARISACA

ASESOR:

Dr. ALBERTO CRISTOBAL FLORES QUISPE

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA – PERÚ

2023

CONTENIDO

| | Pág. |
|-------------------------------|-------------|
| Página de jurado | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos | iii |
| CONTENIDO | iv |
| CONTENIDO DE TABLAS | viii |
| CONTENIDO DE FIGURAS | ix |
| CONTENIDO DE ECUACIONES | xii |
| CONTENIDO DE APÉNDICES | xiii |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |
| INTRODUCCIÓN | xvi |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1. Descripción de la realidad del problema | 1 |
| 1.2. Definición del problema | 2 |
| 1.2.1. Problema general..... | 2 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 3 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 3 |
| 1.3.1. Objetivo general | 3 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.4. Justificación | 4 |

| | |
|---|---|
| 1.5. Alcances y limitaciones | 4 |
| 1.6. Variables | 6 |
| 1.6.1. Variable independiente: aplicación del sistema Roadroid..... | 6 |
| 1.6.2. Variable dependiente: diagnóstico de la uniformidad superficial del pavimento..... | 6 |
| 1.6.3. Operacionalización de variables..... | 6 |
| 1.7. Hipótesis de la investigación | 7 |
| 1.7.1. Hipótesis general | 7 |
| 1.7.2. Hipótesis específicas | 7 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 8 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 9 |
| 2.1.3. Antecedentes regionales | 11 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 13 |
| 2.2.1. Definición de regularidad superficial del pavimento | 13 |
| 2.2.2. Definición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) | 14 |
| 2.2.3. Descripción de los métodos para el cálculo de la rugosidad de pavimentos | 18 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 2.2.4. Roadroid | 20 |
| 2.3. Definición de términos | 32 |

CAPÍTULO III

MÉTODO

| | |
|--|----|
| 3.1. Tipo de investigación..... | 35 |
| 3.2. Diseño de la investigación | 35 |
| 3.3. Población y muestra..... | 36 |
| 3.3.1. Población | 36 |
| 3.3.2. Muestra..... | 37 |
| 3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos | 37 |
| 3.5. Metodología de muestreo | 38 |
| 3.5.1. Plan de recopilación de datos | 38 |
| 3.5.2. Herramientas para la recopilación de datos..... | 38 |
| 3.5.3. Configuración de la aplicación Roadroid..... | 40 |
| 3.5.4. Muestreo..... | 43 |
| 3.5.5. Carga de datos al sistema Roadroid | 45 |

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1. Presentación de resultados | 47 |
| 4.1.1. Visualización de datos en el mapa virtual | 47 |

| | |
|---|----|
| 4.1.2. Resultados tabulados y gráficos | 51 |
| 4.2. Contrastación de hipótesis | 82 |
| 4.2.1 Contraste de hipótesis: Utilización del sistema Roadroid desde un smartphone para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua..... | 82 |
| 4.2.2. Contraste de hipótesis: Análisis de los datos obtenidos del IRI mediante el sistema Roadroid para diagnosticar el estado de uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua..... | 83 |
| 4.4.3. Contraste de hipótesis: Contraste de los datos obtenidos mediante el sistema Roadroid del estado de la carretera de Ilo a Moquegua con la comodidad percibida al circular por ella..... | 85 |
| 4.3. Discusión de resultados | 86 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|--|--------------------------------------|
| 5.1. Conclusiones..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.2. Recomendaciones | 91 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 92 |
| APÉNDICES..... | 98 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables..... | 7 |
| Tabla 2 Coordenadas de la muestra de estudio | 37 |
| Tabla 3 Resumen de datos – primera muestra – carril derecho | 51 |
| Tabla 4 Resumen de datos – primera muestra – carril izquierdo..... | 57 |
| Tabla 5 Resumen de datos – segunda muestra – carril derecho..... | 62 |
| Tabla 6 Resumen de datos – segunda muestra – carril izquierdo | 67 |
| Tabla 7 Resumen de datos – tercera muestra – carril derecho..... | 72 |
| Tabla 8 Resumen de datos – tercera muestra – carril izquierdo | 77 |
| Tabla 9 Estado del pavimento de la carretera de estudio – primera muestra – carril derecho..... | – 83 |
| Tabla 10 Estado del pavimento de la carretera de estudio – primera muestra – carril izquierdo | – 84 |
| Tabla 11 Estado del pavimento de la carretera de estudio – segunda muestra – carril derecho..... | – 84 |
| Tabla 12 Estado del pavimento de la carretera de estudio – segunda muestra – carril izquierdo | – 84 |
| Tabla 13 Estado del pavimento de la carretera de estudio – tercera muestra – carril derecho..... | – 84 |
| Tabla 14 Estado del pavimento de la carretera de estudio – tercera muestra – carril izquierdo | – 85 |
| Tabla 15 Estado de rugosidad del pavimento de acuerdo con el eIRI | 87 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Ubicación de la ruta de estudio..... | 5 |
| Figura 2. Escala IRI..... | 16 |
| Figura 3. Logo de la aplicación Roadroid..... | 22 |
| Figura 4. Vista de la aplicación Roadroid en ejecución..... | 23 |
| Figura 5. Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (1/3)..... | 24 |
| Figura 6. Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (2/3)..... | 24 |
| Figura 7. Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (3/3)..... | 25 |
| Figura 8. Pantalla principal de la aplicación Roadroid | 27 |
| Figura 9. Cargar datos de la aplicación Roadroid al usuario en línea..... | 29 |
| Figura 10. Ejemplo de un mapa de usuario en Roadroid | 30 |
| Figura 11. Inicio (punto A) del tramo de estudio..... | 36 |
| Figura 12. Final (punto B) del tramo de estudio | 36 |
| Figura 13. Vehículo utilizado en la toma de datos..... | 39 |
| Figura 14. Smartphone y sujetador utilizados en la toma de datos..... | 39 |
| Figura 15. Aplicación Roadroid versión 3.0.4 | 40 |
| Figura 16. Pantalla del Smartphone | 40 |
| Figura 17. Configuración del Roadroid, menú “General” | 41 |
| Figura 18. Configuración del Roadroid, menú “Data, media & sync” | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 19. Configuración del Roadroid, menú “Device & vehicle” | 43 |
| Figura 20. Smartphone colocado en el sujetador del parabrisas | 43 |
| Figura 21. Calibración del smartphone | 44 |
| Figura 22. Inicio del muestreo | 45 |
| Figura 23. Carga de datos de la aplicación al sistema Roadroid..... | 46 |
| Figura 24. Mediciones en la carretera Interoceánica Sur | 47 |
| Figura 25. Mapa virtual del tramo de estudio de la carretera Interoceánica Sur en la página Roadroid | 48 |
| Figura 26. Historial de datos en la página Roadroid..... | 49 |
| Figura 27. Importación de datos en la página Roadroid | 50 |
| Figura 28. Archivo .txt con los datos obtenidos en campo | 50 |
| Figura 29. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, primera muestra – carril derecho | 55 |
| Figura 30. Perfil longitudinal, primera muestra – carril derecho..... | 56 |
| Figura 31. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, primera muestra – carril izquierdo..... | 60 |
| Figura 32 Perfil longitudinal, primera muestra – carril izquierdo | 61 |
| Figura 33. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, segunda muestra – carril derecho | 65 |
| Figura 34. Perfil longitudinal, segunda muestra – carril derecho | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 35. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, segunda muestra – carril izquierdo..... | 70 |
| Figura 36. Perfil longitudinal, segunda muestra – carril izquierdo..... | 71 |
| Figura 37. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, tercera muestra – carril derecho | 75 |
| Figura 38. Perfil longitudinal, tercera muestra – carril derecho | 76 |
| Figura 39. Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, tercera muestra – carril izquierdo..... | 80 |
| Figura 40. Perfil longitudinal, tercera muestra – carril izquierdo | 81 |

CONTENIDO DE ECUACIONES

| | Pág. |
|---|-------------|
| Ecuación 1: errores de repetibilidad..... | 17 |

CONTENIDO DE APÉNDICES

| | Pág. |
|---|-------------|
| Apéndice A: Formato de recolección de datos del sistema Roadroid..... | 98 |
| Apéndice B: Matriz de consistencia..... | 99 |
| Apéndice C: Galería fotográfica | 101 |
| Apéndice D: Resultados del Roadroid | 105 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el principal objetivo de diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua, a través del IRI utilizando el sistema Roadroid desde un smartphone. Para lo cual se realizó una investigación de tipo descriptiva, con un enfoque relacional y correlacional. Tanto la población como la muestra de estudio fueron finitas y estuvieron constituidas por los 76.10 km de distancia de la carretera Interoceánica Sur entre las ciudades de Ilo y Moquegua, tramo que se determinó mediante la técnica de muestreo discrecional o por juicio del investigador. Los resultados obtenidos del IRI calculado y estimado se presentan mediante tablas y gráficos ilustrativos, así como también se presenta el perfil longitudinal de la carretera, visto tanto del carril izquierdo como del derecho de la carretera. Concluyendo principalmente que, el carril derecho se encuentra 72.14% en buen estado, el 23.70% en estado satisfactorio, el 3.20% en estado no satisfactorio y únicamente el 0.96% en estado pobre, mientras que el carril izquierdo se encuentra 48.27% en buen estado, el 40.21% en estado satisfactorio, el 9.77% en estado no satisfactorio y únicamente el 1.75% en estado pobre.

Palabras clave: IRI, Roadroid, Smartphone, Rugosidad, Pavimento.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the main objective of diagnosing the surface uniformity of the pavement of the highway from Ilo to Moquegua, through the IRI using the Roadroid system from a smartphone. For which descriptive research was carried out, with a relational and correlational approach. Both the population and the study sample were finite and consisted of the 76.10 km distance of the South Interoceanic Highway between the cities of Ilo and Moquegua, a section that was determined by the discretionary sampling technique or by the researcher's judgment. The results obtained from the calculated and estimated IRI are presented through illustrative tables and graphs, as well as the longitudinal profile of the road, seen from both the left and right lanes of the road. Mainly concluding that the right lane is 72.14% in good condition, 23.70% in satisfactory condition, 3.20% in unsatisfactory condition and only 0.96% in poor condition, while the left lane is 48.27% in good condition, 40.21% in satisfactory condition, 9.77% in unsatisfactory condition and only 1.75% in poor condition.

Keywords: IRI, Roadroid, Smartphone, Roughness, Pavement.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras de un país son sinónimo de su progreso, puesto que permiten la comunicación de millones de personas entre diferentes lugares, así como el comercio, por lo que, estas deben encontrarse en un adecuado estado de conservación, lo que involucra un adecuado plan de mantenimiento vial por parte de las autoridades encargadas. Sin embargo, existen diversos factores que ocasionan que en el pavimento de una carretera aparezcan desperfectos o fallas, antes de que este haya cumplido el periodo para el cual fue diseñado.

Ante lo cual, una de las medidas que pueden adoptarse, es la planificación de un monitoreo constante, que alimente una base de datos acerca de las condiciones reales de las carreteras. En ese sentido, uno de los países pioneros es Estados Unidos, puesto que su Departamento de Transporte (DOT en inglés), realiza por lo menos una vez al año evaluaciones acerca de las condiciones del pavimento de sus carreteras y, con los resultados plantea tanto mejoras al programa, como acciones de mantenimiento, repavimentación, rehabilitación y reconstrucción en la red vial (Chávez & Peñarreta, 2019).

El nivel de deterioro de un pavimento, que se traduce en el grado de satisfacción de un usuario al circular por aquella carretera, se determina entre otros parámetros, a través de la rugosidad de la superficie de rodadura. De acuerdo con la Norma Peruana CE.010 (2010) esta debe ser medida con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), un valor establecido alrededor de los años 80 por el Banco Mundial, para estandarizar la evaluación de los proyectos viales alrededor del mundo.

Actualmente, el IRI puede obtenerse mediante diversas herramientas, unas más costosas que otras; sin embargo, una de las más modernas e innovadoras es sin duda es el uso de aplicaciones desde smartphones o teléfonos inteligentes, como es el caso de Roadroid. Para el uso de esta aplicación se requiere disponer de un vehículo, ya que, mediante los acelerómetros incorporados en los teléfonos, esta aplicación registra las vibraciones que el automóvil experimenta cuando circula por la vía de interés. Los resultados son procesados y presentados de dos maneras: el IRI calculado (cIRI) y el IRI estimado (eIRI), que permitirán expresar la rugosidad del pavimento en metros por kilómetro (m/km) (Almenara, 2015).

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

Menéndez (2003) afirma que los caminos que componen la red vial de un país son inversiones que requieren la atención permanente del estado a través de trabajos de mantenimiento, que garanticen y faciliten la circulación de los vehículos la mayor parte del año. A pesar, de que durante varias décadas los gobiernos de los países latinoamericanos han considerado que era más importante construir nuevos caminos con el presupuesto del que disponían, que conservar los caminos ya construidos, conforme se han ido atendiendo esas demandas de nuevos caminos, también ha ido creciendo la necesidad de mantener en buen estado los caminos antiguos para garantizar su correcto funcionamiento.

Una carretera con su pavimento en mal estado trae consigo varias consecuencias: aumenta hasta un 34% las emisiones de gases de efecto invernadero lo cual es un riesgo para la salud, genera mayor tráfico, dificulta el acceso a un territorio y por lo tanto a los servicios básicos como sanidad o educación y puede disminuir la vida útil de los vehículos hasta un 25% (Freire, 2014).

El deterioro excesivo en la uniformidad superficial del pavimento de una carretera puede inclusive aumentar la probabilidad de que el conductor pierda el control de su vehículo y sufra un accidente.

Existen muchos factores que pueden afectar el estado de un pavimento; cambios climáticos severos, problemas en el diseño, los materiales, el proceso de construcción, el tránsito vehicular. Los cuales, al combinarse causan un deterioro progresivo del pavimento, problemática que, si no es atendida a tiempo, causará que ese estado se agrave (Rodríguez, 2009).

Con lo anteriormente expuesto, se deja de manifiesto la importancia de mantener protocolos de conservación vial, los cuales deberán partir de una adecuada inspección para el reconocimiento y diagnóstico de la uniformidad superficial de los pavimentos, una problemática poco estudiada por los profesionales en la región de Moquegua, que deriva en la toma de decisiones erróneas en las obras viales, lo que influye directamente en la sensación de comodidad y seguridad del usuario que circula por la carretera.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿La utilización del sistema Roadroid desde un smartphone permitirá diagnosticar la existencia de rugosidad en el pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua a través del IRI?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo se puede utilizar el sistema Roadroid desde un smartphone para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua?
- ¿Cuál es la relación entre el IRI obtenido mediante el sistema Roadroid y el estado de uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua?
- ¿De qué manera el estado de uniformidad del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua influye en la comodidad del usuario?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua, a través del IRI utilizando el sistema Roadroid desde un smartphone.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Utilizar el sistema Roadroid desde un smartphone para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.
- Analizar los datos obtenidos del IRI mediante el sistema Roadroid para diagnosticar el estado de uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.
- Contrastar los datos obtenidos mediante el sistema Roadroid del estado de la carretera de Ilo a Moquegua con la comodidad percibida al circular por ella.

1.4. Justificación

El mal estado de conservación de varios pavimentos en el Perú y especialmente en Moquegua, es motivo de interés y preocupación de los habitantes de la localidad. Debido al paso del tiempo (factores climáticos) y el uso prolongado de las carreteras y avenidas, es normal el desgaste de los pavimentos y la aparición de algunas fallas en su superficie; sin embargo, cuando éstas tienen características considerables en aspecto y número, pueden llegar a afectar la calidad de vida de los usuarios. El estado de un pavimento puede ser mejorado, ya sea mediante un mantenimiento o reposición en los tramos más afectados, pero para llevar a cabo dicho proceso, es imprescindible el determinar previamente el estado real en que se encuentra, para poder tomar decisiones sobre el tratamiento que se le va a dar.

La evolución de la tecnología permite contar con equipos sofisticados que permiten el reconocimiento del grado de daño en una vía específica; sin embargo, por sus elevados costos, estos no son de fácil acceso para los gobiernos locales, por lo tanto, es necesario recurrir a la aplicación de otras técnicas o herramientas de evaluación de la condición de los pavimentos. Una de estas alternativas, es el uso del sistema Roadroid debido a su bajo costo y a que no implica la compra o alquiler de equipos adicionales sofisticados, así como el contar con personal específico, lo que en definitiva representa un ahorro de tiempo y recursos.

1.5. Alcances y limitaciones

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se escogió el pavimento flexible de la Carretera Interoceánica Sur, debido a que constituye el principal modo de acceso entre Ilo y Moquegua y a los sectores más cercanos, así como permite la

conexión de las redes viales peruanas y brasileñas con sus 2400 kilómetros de longitud, siendo transitada por todo tipo de vehículos todo el año, que representan un impacto permanente en el pavimento. Por medio de un teléfono inteligente o smartphone, utilizando el sistema Roadroid se determinará la realidad del pavimento y se sugerirán las medidas que deberían ser adoptadas.

Debido a la importancia y alcance de la Carretera Interoceánica Sur, el estudio se limita a una trayectoria de aproximadamente 76.10 Km de distancia; es decir al tramo comprendido entre la ciudad de Ilo hasta la ciudad de Moquegua, como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1
Ubicación de la ruta de estudio



Nota: Google (2022)

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente: aplicación del sistema Roadroid.

Roadroid es una aplicación para teléfonos inteligentes o smartphones, su nombre se deriva de las palabras en inglés “road” que significa camino y “droid” que hace referencia a Android y fue desarrollada con el objetivo de medir la rugosidad de los pavimentos de una manera precisa, eficaz y sencilla de utilizar (Almenara, 2015).

1.6.2. Variable dependiente: diagnóstico de la uniformidad superficial del pavimento

La uniformidad o regularidad superficial de un pavimento, es una de las principales características que influyen en el confort y seguridad que los usuarios de una carretera perciben cuando transitan sobre esta, es además uno de los parámetros más valorados para los técnicos que se encargan de la administración de carreteras, puesto que de acuerdo al estado en el que se encuentre el pavimento serán mayores o menores los gastos de mantenimiento (Sánchez & De Solminihaç, 1989).

1.6.3. Operacionalización de variables.

El sistema Roadroid mide la rugosidad de un pavimento, utilizando como información las vibraciones medidas por los acelerómetros incorporados en los smartphones. Dichas vibraciones posteriormente son convertidas en unidades IRI (Índice de Rugosidad Internacional), un parámetro que una vez obtenido se revisa en una escala y permite determinar la rugosidad de la superficie de rodadura o carpeta asfáltica del pavimento, dicho indicador se encuentra respaldado por la norma peruana CE.010, como el método óptimo para determinar la calidad de un pavimento (Almenara, 2015).

De acuerdo con lo antes mencionado, en la Tabla 1 se muestra la operacionalización de variables que se desarrollará en esta investigación.

Tabla 1
Matriz de operacionalización de variables

| Tipo de variable | Variable | Dimensión | Indicador | Unidad de medida | Instrumento de medición |
|-------------------------|---|--|---|-------------------------|--------------------------------|
| Independiente | Aplicación del sistema Roadroid | 100 veces por segundo (en 90 km/h una señal cada 25 cm) | Vibraciones de la vía | De razón | Hojas de cálculo |
| Dependiente | Diagnóstico de la uniformidad superficial del pavimento | Cada segundo un valor de IRI se guarda en X, Y y Z según información del GPS | Índice de Rugosidad Internacional (IRI) | De razón | Hojas de cálculo |

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

La utilización del sistema Roadroid desde un smartphone permitirá diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento de la carretera Ilo a Moquegua.

1.7.2. Hipótesis específicas.

- Si se utiliza correctamente el sistema Roadroid desde un smartphone, es posible determinar fácilmente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera Ilo a Moquegua.
- La uniformidad superficial del pavimento de la carretera Ilo a Moquegua se encuentra en un considerable estado de deterioro en algunos tramos.
- El insuficiente mantenimiento de la carretera Ilo a Moquegua no permite que los usuarios se sientan cómodos al circular por ella.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Junaid (2015) en su trabajo de maestría de la Universidad de Osmania, “*Pavement performance measures using android-based smartphone application*”, determina la regularidad del pavimento en la ciudad de Hyderabad en la India, para lo cual recurre a varias aplicaciones de smartphone entre ellas el sistema Roadroid y concluyó que dicha aplicación es una solución de bajo costo para determinar la condición de las carreteras, además de que no se necesita personal especial para la recolección de los datos, con lo que se demostró que es una aplicación que puede ser aplicada en lugares como Hyderabad (en la parte sur de la India), una ciudad que en palabras del autor tiene limitación de recursos y capacidad para realizar evaluaciones del estado de las carreteras en campo.

Arianto et al. (2018) en su investigación titulada “*Pavement Condition Assessment Using IRI from Roadroid and Surface Distress Index Method on National Road in Sumenep Regency*”, realizan una comparación entre la aplicación para smartphone Roadroid y el método visual del Índice de Desgaste Superficial SDI (por sus siglas en inglés, Surface Distress Index) para evaluar la condición del pavimento de la carretera Sudirman-Kalianget al este de la provincia de Java (Indonesia) y así determinar el tratamiento vial requerido por la carretera, algo necesario debido a su condición de carretera estratégica nacional que conecta el centro de regencia de Sumenep con el puerto de Kalianget. Se concluyó que la aplicación Roadroid es una buena alternativa para obtener los valores del IRI de manera eficiente y así en colaboración con los valores del método SDI, poder emitir recomendaciones apropiadas para el mantenimiento oportuno de las carreteras.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Vidal (2016) en su trabajo de titulación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, “*Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante Smartphone y un método tradicional*”, demuestra cómo utilizar la aplicación para celulares inteligentes Roadroid para calcular el IRI y así conocer el estado de las carreteras de la ciudad de Huánuco y sus alrededores. Se determinó que las calzadas de Huánuco tienen un IRI promedio de 5.96, la carretera “la colectora” un IRI de 6.6 y la carretera central tramo Huánuco-Tingo María un IRI de 5.85 y se concluyó que la aplicación arroja valores de IRI parecidos a los obtenidos utilizando mira y nivel (método tradicional) pero con un mayor nivel de precisión.

Hirpahuanca (2016) en su trabajo de titulación de la Universidad Andina del Cusco, “*Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLÍN – 2016*”, muestra las ventajas de usar la aplicación Roadroid con respecto al rugosímetro de MERLÍN, el cual es un instrumento ampliamente conocido y que de acuerdo al Banco Mundial es uno de los equipos más precisos y recomendado para calibrar otros equipos. Sin embargo, los resultados obtenidos por la aplicación presentan una similitud del 89% de los obtenidos por el rugosímetro, por lo que se concluyó que la aplicación Roadroid presenta valores de la regularidad superficial de una carretera de manera eficiente y que permite estudiar tramos más grandes en poco tiempo (ya que no se necesita el tiempo de procesamiento de datos que utiliza el rugosímetro) y utilizando menos recursos.

Ramírez (2017) en su trabajo de titulación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, “*Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte*”, compara los valores del IRI obtenidos mediante un perfilómetro láser, debido a que la concesionaria a cargo de la Red Vial 4 utiliza anualmente este instrumento para conocer el estado de la vía nacional y así tomar decisiones para mantener un buen nivel de serviciabilidad de la misma. Los resultados que se obtuvieron con el sistema Roadroid fueron de 1.2 m/Km y 1.3 m/Km, mientras que con el perfilómetro 1.11 m/Km y 1.16 m/Km, por lo que se comprobó y se concluyó que cuando se toma los datos a un rango de velocidad de 75 a 90 Km/h los valores del IRI estimado (eIRI) y del IRI calculado (cIRI) se asemejan.

Lloclla y Sánchez (2019) en su trabajo de titulación de la Universidad Andina del Cusco, “*Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone Roadroid, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLÍN*”, llevaron a cabo la comparación del IRI del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco; obtenido con el rugosímetro de MERLÍN, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y el sistema Roadroid, tanto para el carril de subida como el de bajada. Se demostró que el pavimento del carril de bajada se encuentra más deteriorado que el de subida, pero que en ambos casos el IRI se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma NTP CE 0.10 PAVIMENTOS URBANOS y se concluyó que los tres sistemas de medición presentaron una variación en promedio del 18.92% entre sus resultados.

2.1.3. Antecedentes regionales.

Zeña (2017) en su trabajo de titulación de la Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, “*Determinación y evaluación de las patologías en la carpeta de rodadura del pavimento flexible empleando el método del PCI (índice de condición del pavimento) en la calle Moquegua entre la intercepción de la calle Tacna - avenida Loreto, distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura - marzo 2017*”, con el objetivo de determinar el estado del pavimento de la calle Moquegua, seleccionó un tramo de estudio de 362 m de longitud, que posteriormente fue dividido en ocho subtramos o unidades de muestra, siete con un área de 230 m² y una con área de 200 m², en dichos tramos se aplicó el método de evaluación conocido como PCI por sus siglas en inglés “Pavement Condition

Index”. Los resultados demostraron, que las patologías más representativas encontradas fueron fisuras longitudinales y transversales, así como baches y parches, además que en dicha calle el valor del PCI fue igual a 55.30. Concluyendo que en el 8% de muestras estudiadas el pavimento se encontraba en buen estado, el 34% en un estado regular y el 8% en un estado malo, concluyendo además que este es un método de fácil aplicación y con resultados confiables.

Muñoz (2018) en su trabajo de suficiencia profesional de la Universidad Privada del Norte, “*Evaluación superficial del pavimento flexible del tramo 3 de la Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil aplicando el método PCI*”, con el objetivo de determinar el estado de conservación de uno de los tramos de la vía Interoceánica Norte que va desde Brasil hasta el Perú conectando entre otros puntos Ilo con Moquegua, dividió los 22 kilómetros de estudio en secciones de 1 km y cada sección a la vez fue subdividida en 40 unidades de muestreo de 25 m. cada una, dando un total de 880 unidades de muestreo que fueron inspeccionadas mediante el método PCI por sus siglas en inglés “Pavement Condition Index”.

Los resultados demostraron que el 27% del pavimento se encontraba en un estado excelente, 22% y 17% en estado muy bueno y bueno respectivamente, 12% en estado regular, mientras que en estado pobre y muy pobre 10% para cada uno y únicamente el 2% del pavimento se clasificó como pavimento fallado. Concluyendo finalmente que, aunque el método del PCI es práctico y eficiente a la hora de determinar qué tan severas son las fallas que tiene el pavimento, no proporciona otros datos de interés como son la resistencia de rodadura, la rugosidad o la capacidad estructural del pavimento, por lo que siempre será necesario aplicar otros

métodos complementarios en el análisis de la condición superficial de los pavimentos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición de regularidad superficial del pavimento.

La regularidad superficial de una carretera es un factor con mucha incidencia en la sensación de comodidad y seguridad de los usuarios que día a día circulan a lo largo de esta, uno de los parámetros que más influye en la regularidad superficial de una carretera o vía es su perfil longitudinal, pero también depende de las características de los vehículos y su velocidad de circulación.

Existen, básicamente dos clases de aparatos para medir la regularidad superficial: perfilómetros y los sistemas de tipo respuesta o RTRRMS.

2.2.1.1. Perfilómetros.

Estos aparatos de medición de la uniformidad o regularidad superficial se basan en la obtención del perfil longitudinal, el cual se forma por la combinación de una serie de sinusoides de diferentes amplitudes y longitudes de onda, dichas longitudes de onda pueden diferenciarse entre sí unos cuantos centímetros o varios metros y son necesarias para el adecuado funcionamiento de la carretera. “Para que un perfilómetro proporcione una buena indicación de la regularidad superficial, éste debe medir irregularidades con longitudes de onda comprendidas entre 0,5 y 50m” (Sánchez & De Solminihac, 1989, p. 2).

La principal ventaja de este tipo de instrumentos es que, al obtener el perfil longitudinal, se puede analizar los datos según se necesite.

2.2.1.2. Sistemas de tipo respuesta RTRRMS.

Los sistemas de respuesta o RTRRMS (por sus siglas en inglés, Response Type Road Roughness Measuring System), están formados por tres componentes: un vehículo desde el cual se realizarán las mediciones, un sensor que permita medir movimientos relativos de la suspensión del vehículo y finalmente un aparato que permita visualizar y guardar las señales emitidas por el sensor conocida como “Monitor”. Al sensor y el monitor en su conjunto se le conoce en inglés como “Road meter”, la señal obtenida por el road meter indica por lo tanto la respuesta del vehículo por una carretera y a una velocidad determinada, lo que depende directamente de la regularidad de la carretera y la comodidad que siente el usuario al momento de circular por ella (Sánchez & De Solminihac, 1989).

2.2.2. Definición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Con la finalidad de unificar los parámetros para determinar la regularidad superficial que se pueden obtener de los perfilómetros y de los RTRRMS (descritos anteriormente), en 1982 en Brasil se llevó a cabo el Experimento Internacional de Rugosidad de Carreteras o IRRE (por sus siglas en inglés International Road Roughness Experiment), el cual reunió a varios investigadores de diferentes países del mundo, con la finalidad de proporcionar un índice de medida de la regularidad superficial que proporcione una escala única de valores, independientemente de si se utiliza perfilómetros o RTRRMS, así como establecer correlaciones entre los índices obtenidos por aquellos sistemas que no proporcionan valores exactos del Índice de Regularidad y aquellos obtenidos mediante métodos más exactos (Sánchez & De Solminihac, 1989).

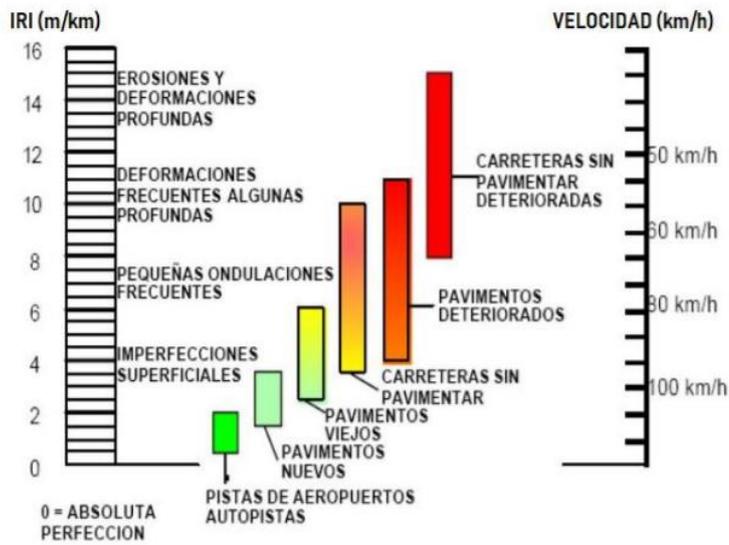
Es así como surge el Índice de Rugosidad Internacional IRI (por sus siglas en inglés, International Roughness Index). El IRI se caracteriza porque además de ser medido por los perfilómetros y por los sistemas de tipo respuesta “también está fuertemente relacionado con las opiniones subjetivas sobre la rudeza del camino que se pueden obtener del público” (Chávez & Peñarreta, 2019, p. 28).

2.2.2.1. Escala y características del IRI.

De acuerdo con la ASTM E 867-06, que es la encargada de la terminología asociada a los vehículos y pavimentos, define al término Roughness como una desviación de la superficie del pavimento con respecto a una superficie plana teórica, por lo que se ven afectadas: la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, así como los perfiles longitudinal y transversal del camino en cuestión. Por esta razón, muchos autores prefieren manejar el término regularidad más no rugosidad cuando se menciona la definición de IRI (Román, 2020).

Una carpeta asfáltica cuya rugosidad se encuentre en perfectas condiciones daría como resultado un IRI de 0, mientras que si esa rugosidad fuera moderada los valores presentados estarían entre 2.5 y 4 m/km o lo que es lo mismo una carpeta asfáltica con moderadas imperfecciones superficiales. Es decir, mientras mayor sea el deterioro del pavimento también será mayor el resultado obtenido del IRI. En la Figura 2 se puede observar los rangos de valores del IRI para diferentes tipos de carreteras.

Figura 2
Escala IRI



Nota: Chávez & Peñarreta (2019)

2.2.2.2. Factores que afectan la precisión.

Existen ciertos parámetros que pueden afectar la precisión al momento de determinar el IRI de un pavimento, estas fuentes de error pueden ser clasificadas en tres grupos principales: errores de repetibilidad, errores de calibración y errores de reproducibilidad (Moyano, 2020).

- *Errores de repetibilidad (e_r):* Se trata de los errores producto de la dispersión característica de los resultados cuando la prueba se repite bajo las mismas condiciones de medición con un determinado equipo, debido a que se presentan factores tales como la precisión del operador, del instrumento o ciertas características singulares del camino. Dentro de este grupo también entran aquellos errores producto de la variación en la posición del instrumento de medición, pues no siempre será la misma, ya que se encuentra en función de la huella de rodadura

que es escogida a criterio del evaluador, así como de la velocidad de operación del vehículo (Moyano, 2020).

Este error puede ser determinado mediante la siguiente ecuación:

$$e_r \cong \frac{1}{\sqrt{l}} \dots\dots\dots [Ecuación 1: errores de repetibilidad]$$

Donde:

l = longitud total cubierta (en m)

Por lo tanto, se podrá disminuir su valor aumentando dicha longitud o repitiendo las mediciones en el mismo sitio cuando el tramo de estudio es muy corto e insuficiente para obtener un promedio (Moyano, 2020).

- *Errores de calibración (e_c):* Es un error específico de los equipos que se utilicen y ocasiona que las mediciones realizadas sean diferentes de uno a otro, o inclusive al utilizar el mismo instrumento en diferentes momentos. Su valor se corrige calibrando adecuadamente el equipo; sin embargo, si el error persiste, puede deberse a que la calibración no cubre todas las variables que afectan la medición (Moyano, 2020).

- *Error de reproducibilidad (e_{re}):* Este error tiene lugar cuando existe una concordancia entre resultados de mediciones bajo diferentes condiciones. “Por lo tanto, aunque las medidas obtenidas con un instrumento (o método) pueden ser altamente repetibles, no se reproducen cuando se obtienen medidas con un instrumento diferente” (Moyano, 2020, p. 7). De modo que este tipo de errores no son como los otros dos tipos que pueden ser corregidos por uno u otro mecanismo,

es decir que siempre estarán presentes cuando el instrumento de medida sea diferente de la referencia.

Adicionalmente a los errores mencionados existen ciertas singularidades que pueden influir en que se incremente el valor del IRI, siendo todas aquellas fallas no constructivas, es decir, cualquier perturbación en el perfil longitudinal y en un área de influencia de 40 metros (Moyano, 2020).

2.2.3. Descripción de los métodos para el cálculo de la rugosidad de pavimentos.

Existen cuatro clases de métodos para determinar la rugosidad de un pavimento, los cuales están en función del nivel de correlación empleado para relacionar sus mediciones con el Índice de Rugosidad Internacional IRI.

2.2.3.1. Métodos clase 1.

Son los más exactos, debido a que consisten en la obtención de un perfil longitudinal con sus abscisas a cada 0.25m y sus cotas a 0.5mm, estas últimas determinadas de manera precisa. El equipo utilizado en esta categoría es el perfilómetro TRRL Beam, con su respectiva mira y nivel de precisión (Napaico, 2019).

2.2.3.2. Métodos clase 2.

A esta categoría pertenecen aquellos métodos basados en la rugosidad y son de alto rendimiento por su velocidad, pero en desventaja son menos precisos. Los instrumentos que se utilizan son perfilómetros de alta velocidad como los APL

Trailer y los GMRTYPE Inertial Profilometer, los resultados obtenidos se expresan en unidades IRI, mediante la utilización de softwares especiales basados en algoritmos matemáticos, de modo que simulan el comportamiento de un vehículo en suspensión cuando circula por un perfil longitudinal arrojando la cantidad de movimiento vertical del automotor por distancia recorrida, es decir, en m/km (Napaico, 2019).

2.2.3.3. Métodos clase 3.

Aquí se agrupan aquellos métodos que se valen de una ecuación de correlación o calibración para determinar el IRI. También se los conoce como métodos “tipo respuesta”, debido a que la ecuación utilizada es obtenida mediante experimentación para cada patrón usado, pues se basan en el movimiento de un vehículo en suspensión al circular sobre un pavimento y cada vehículo tendrá una respuesta diferente en cuanto a movimiento y según el tiempo de la prueba. Los equipos utilizados son, por ejemplo: el Mays Meter, Bump Integrator y el NAASRA Meter (Napaico, 2019).

2.2.3.4. Métodos clase 4.

Finalmente, en esta categoría entran aquellos métodos utilizados cuando se requiere medidas relacionadas a la escala del IRI, por lo que no son precisos y son utilizados en aquellos casos en los que no se dispone de equipos de gran precisión como en las otras categorías. Por lo tanto, la rugosidad puede ser determinada únicamente a través de la observación y la experiencia adquirida al transitar frecuentemente por el camino de interés (Napaico, 2019).

2.2.4. Roadroid.

2.2.4.1. Historia.

Roadroid es una aplicación para teléfonos inteligentes o smartphones, su nombre proviene de los términos “*road*” (camino) y “*droid*” (por Android), fue desarrollada por un grupo de ingenieros suecos liderado por Hans Jones y Lars Forslof, quienes han estado trabajando en torno a lenguajes de programación para dispositivos móviles, información meteorológica de vías y bases de datos de carreteras desde mediados de los años noventa (Chávez & Peñarreta, 2019).

El primer borrador de la app surgió en torno al año 2001; sin embargo, fue hasta los años 2002-2003 que junto con el *Royal Institute of Technology* aparece el primer prototipo, tomando como base la idea de utilizar medidas de vibración para la observación de las carreteras (idea que surgió después de una visita al *Transportation Research Board* en Washington en el 2001).

En ese momento, utilizaron un acelerómetro de alta resolución en el eje trasero de un vehículo, conectado por cable a una computadora portátil a través de un amplificador de señal. Los resultados iniciales fueron prometedores y la *Administración Nacional de Carreteras de Suecia* (SNRA) financió un proyecto para desarrollar y validar aún más el prototipo. El sistema fue desarrollado para una computadora PC con Windows incorporada con capacidades externas de GPS (sistema de posicionamiento global) y GSM (sistema global para comunicaciones

móviles), con una placa especial analógica/digital conectada al acelerómetro. (Chávez & Peñarreta, 2019, p. 33)

Posteriormente, se realizó una homologación entre las inspecciones visuales y las mediciones de los sistemas, en el foro de transporte en Linköping en 2005, se evaluaron de manera individual 35 segmentos de 100 metros de acuerdo con cuatro clases de condiciones de carretera, los resultados mostraron que el sistema estaba en capacidad de clasificar eficazmente hasta un 70% de los segmentos analizados, en comparación a las inspecciones visuales por tratarse de un método subjetivo.

En el año 2010, se descubrió que los teléfonos inteligentes actuales poseían un acelerómetro en su sistema, por lo que propusieron utilizar dicho acelerómetro para registrar las vibraciones que se producen en un vehículo, para determinar la respuesta de este al pasar por una vía deteriorada superficialmente (Chávez & Peñarreta, 2019). En el año 2012 los desarrolladores de la aplicación pidieron a algunas ciudades que la usaran de manera gratuita y para su satisfacción los resultados obtenidos fueron excelentes, lo que les permitió ganar la *European Satellite Navigation Competition*.

En el año 2013 consiguieron en Suecia clientes dispuestos a pagar por la licencia de la aplicación y esta ganó el premio *UN World Summit Award* a la mejor aplicación de administración electrónica móvil. Ese mismo año en Afganistán la UNOPS (Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos) con financiamiento de la ASDI (Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo) llevó a cabo un proyecto vial enfocado en determinar la condición de

los caminos de grava en las provincias de Balkh, Sari Pul, Samangan y Jawzjan (Roadroid, 2014).

En un principio en ese país se utilizó Roadroid sólo a manera de prueba, pero finalmente fue adquirida a finales del mismo año, al siguiente año se brindó una capacitación de 6 días para 15 ingenieros de caminos por parte de un experto en la app. La capacitación trató sobre la recopilación de datos de rugosidad mediante GPS, además de la necesidad de incluir más adelante un sistema de información meteorológico de vías, así como un conteo y gestión del tráfico. La utilización de Roadroid en dicho proyecto representó todo un desafío debido a los daños extremos que presentaban las vías de grava de Afganistán (Roadroid, 2014).

Finalmente, desde el año 2014 Jones y Forslof, empiezan a hacer negocios internacionales con muy buenos resultados y varios clientes satisfechos entre los cuales se puede contar a la ONU, lo que le ha permitido a Roadroid ser una aplicación reconocida y confiable hasta la actualidad. En la Figura 3 se puede apreciar el logo de la aplicación.

Figura 3
Logo de la aplicación Roadroid



Nota: Roadroid (2021)

2.2.4.2. Funcionamiento. La aplicación Roadroid consiste en un sistema, que mediante el acelerómetro que tienen los teléfonos inteligentes actuales recoge las vibraciones que se sienten cuando un vehículo transita por la carretera o vía de la cual se quiere conocer su condición, como se muestra en la Figura 4.

Dichas vibraciones son analizadas a razón de 100 veces por segundo (en 90 Km/h una señal cada 25 cm), sobre estas 100 tomas se calcula y guarda un valor específico de la condición de la vía utilizando las coordenadas que brinda el GPS del smartphone (Roadroid, 2014).

Figura 4
Vista de la aplicación Roadroid en ejecución



Nota: Roadroid (2014)

El resultado de dichos cálculos es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), por lo que cada segundo un valor de IRI es almacenado en X, Y y Z de acuerdo con la información del GPS. Los datos obtenidos son enviados a un servidor en la nube vía Wifi o datos móviles, para el sistema de gestión de mantenimiento de las vías (Roadroid, 2014). Estos datos pueden ser monitoreados en un mapa como el que se muestra en la Figura 5.

Figura 5
Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (1/3)



Nota: Roadroid (2014)

Como se puede observar en la Figura 5, Roadroid asigna a los datos 4 colores de acuerdo con el estado de la vía. Verde significa satisfactorio, amarillo es bien, rojo es para insatisfactorio y negro es malo. Finalmente, todos esos datos son agrupados en tramos de 100m y pueden ser descargados en Excel para ser procesados o graficados según se necesite (Figuras 6 y 7).

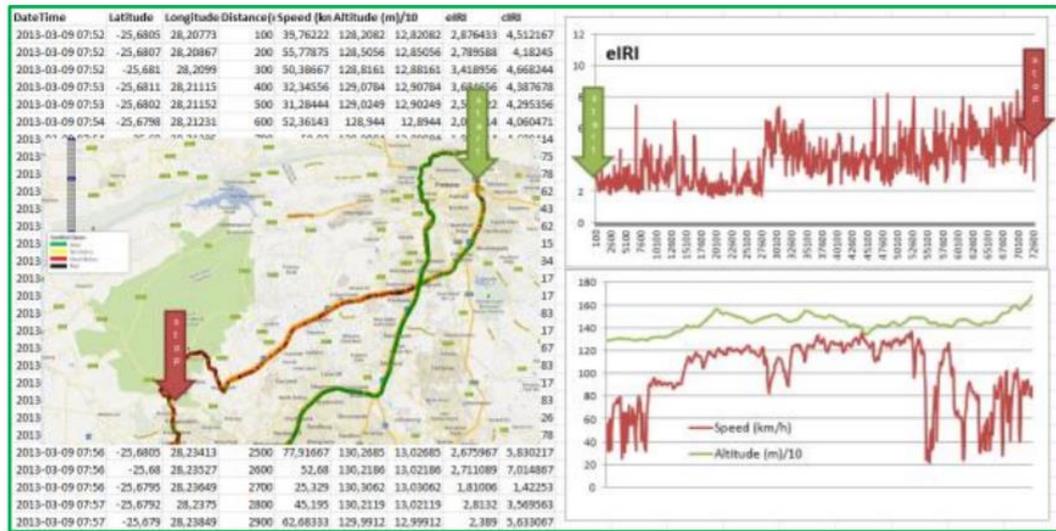
Figura 6
Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (2/3)

The screenshot shows the Roadroid web application interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Map', and 'Information' links. Below that is the 'Import History List' section, which includes a search bar and a table of import records. The table has columns for 'Import date', 'User Name', 'Unit Name', 'File Name', 'Import Status', and 'Measurement Length (m)'. Each row represents an import record with a 'Details' link.

| Import date | User Name | Unit Name | File Name | Import Status | Measurement Length (m) |
|----------------------|---------------|------------------------|------------------------------------|---------------|------------------------|
| 4/29/2014 5:37:45 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417150946.zip | Import OK | 173347 |
| 4/29/2014 5:37:41 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417141739.zip | Import OK | 56331 |
| 4/29/2014 5:37:32 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417131140.zip | Import OK | 88375 |
| 4/29/2014 5:36:59 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417130246.zip | Import OK | 5181 |
| 4/29/2014 5:36:55 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417112143.zip | Import OK | 30583 |
| 4/29/2014 5:36:26 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417101601.zip | Import OK | 25814 |
| 4/29/2014 5:36:02 AM | UPSouthAfrica | UniversityOfPretoria01 | 357503953772044-20140417095129.zip | Import OK | 15209 |

Nota: Roadroid (2014)

Figura 7
Ejemplo de una vía analizada con Roadroid (3/3)



Nota: Roadroid (2014)

2.2.4.3. Procedimiento de diagnóstico de la uniformidad superficial utilizando el sistema Roadroid.

La aplicación Roadroid determina la medición de la rugosidad del pavimento en tres formas, a través del IRI estimado (eIRI), el IRI calculado (cIRI) y el Índice Roadroid (RI). El IRI calculado arroja valores más precisos, por lo que cae en la categoría de los métodos clase 2, debido a que usa el modelo de cuarto de carro y un filtro de saturación, pero para ello necesita que los datos se tomen a una velocidad constante. Mientras que el IRI estimado entra en la categoría de los métodos clase 3, debido a que utiliza una fórmula de conversión lineal y por ser menos preciso sus resultados se ven afectados por asuntos como la textura (Almenara, 2015).

Finalmente, el Índice Roadroid es un índice propio de la compañía desarrolladora de la aplicación, “donde se evalúa en porcentajes la clase de los

segmentos de los caminos en un área delimitada generando un reporte escalado para dicha área” (Almenara, 2015, p. 26).

De acuerdo con Almenara (2015) el procedimiento de diagnóstico consta de los siguientes pasos:

a) *Recopilación de datos*: Una vez se ha adquirido la licencia respectiva e instalado el programa en el teléfono celular, se procede a registrar el número IMEI en el usuario Roadroid. Posteriormente se debe colocar el teléfono en el vehículo de manera correcta, considerando lo siguiente:

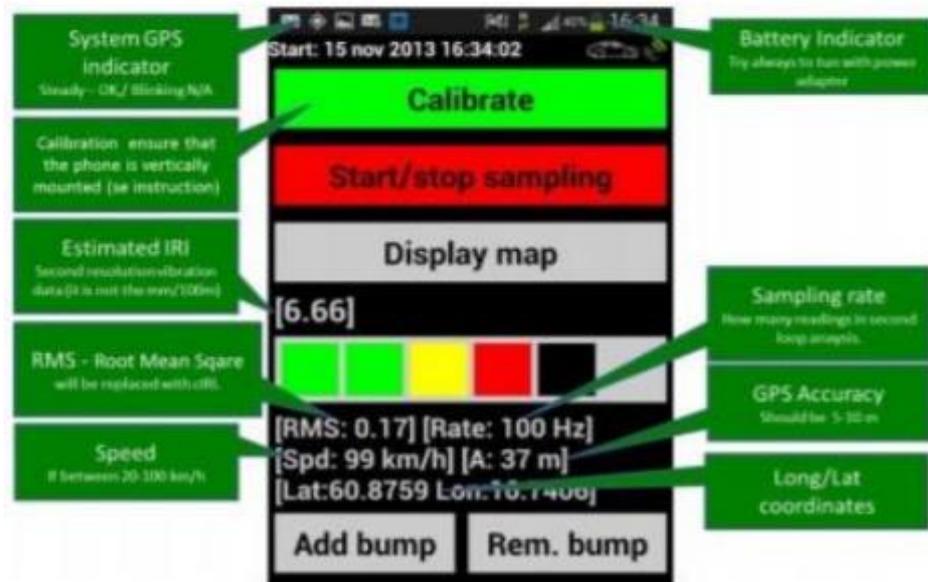
- Instalar el sujetador para el teléfono en la ventana delantera del automóvil de modo que sea fácil de alcanzar.
- La conexión teléfono-sujetador-parabrisas debe ser rígida y segura.
- Colocar el teléfono lo más recto posible, lo ideal sería en una posición horizontal, precisamente para hacer uso de la función foto-GPS.
- Activar la cámara, ello dará una idea de si el teléfono se encuentra en una buena posición.

A continuación, se inicia la aplicación por medio de los siguientes tres pasos:

- Seleccionar el icono de Roadroid que aparece en la pantalla del celular.
- Aceptar los ajustes, seleccionando OK en la ventana que se despliega a continuación y
- Ajustar el teléfono en X, Y y Z, de manera que las tolerancias muestren en color verde que la orientación es la correcta y presionar OK.

En la Figura 8 se muestra la ventana principal, así como las herramientas disponibles de la aplicación.

Figura 8
Pantalla principal de la aplicación Roadroid



Nota: Roadroid (2014)

La señal GPS del teléfono deberá estar disponible y con buena señal para poder acceder al botón *Start/stop sampling*, el cual estará de color gris, pero al momento de presionarlo cambiará a rojo, iniciando con ello la toma de datos, si se vuelve a presionar el mismo botón se detiene el muestreo y los datos se guardarán con un nombre que por defecto hace referencia a la fecha y hora presentadas en el celular al momento de la medición. Se recomienda adoptar velocidades de entre 20 y 80 km/h, para obtener un IRI estimado (eIRI) confiable, pero los datos se vuelven aún más confiables cuando el rango de velocidades se acorta entre 60 y 80 km/h, debido a que los valores de rugosidad pueden aumentar o disminuir en función de la velocidad, como se explica a continuación:

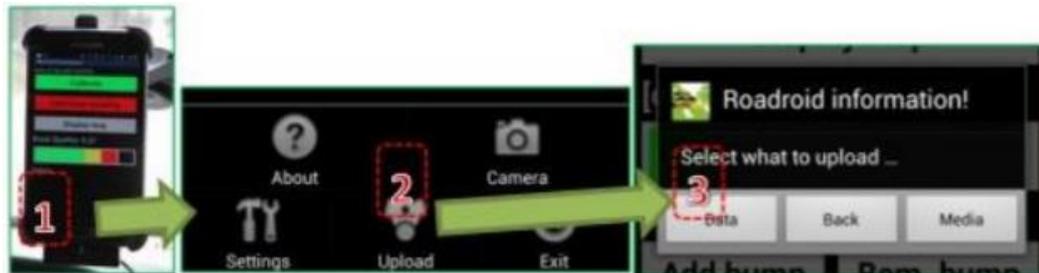
- La disminución de la rugosidad se puede explicar por medio de la segunda ley de Newton, debido a que la masa y aceleración del vehículo generan una fuerza entre el eje de tracción y la superficie de rodadura, la misma que al trasladarse al centro de gravedad del vehículo se divide en dos componentes una horizontal y otra vertical. Esta componente vertical de la fuerza ocasionará un intento de levitación en el vehículo, por lo que se disminuirán las amplitudes de las vibraciones verticales producto de la rugosidad y como resultado los registros del Roadroid se alterarán.
- Por el contrario, el aumento de la rugosidad se dará porque a velocidades muy bajas, vibraciones externas como las de otro vehículo, parlantes o incluso el propio motor serán captadas por la aplicación.

Cabe acotar que el cIRI tiene algunas variables que también influyen sus resultados, como son: el tipo de automóvil, la sensibilidad del vehículo y por supuesto la longitud de los segmentos, por lo tanto, estos parámetros deben ser modificados previamente en la opción *Settings*, conforme a las características propias de cada muestreo.

b) Cargar datos: Una vez tomadas las muestras de rugosidad y/o fotografías en campo, aquellos datos deberán ser cargados al usuario Roadroid al cual se afilió al dispositivo (Figura 9), como se explicó en el inciso anterior, para lo cual el dispositivo deberá estar conectado al internet y a continuación se realizará lo siguiente:

Figura 9

Cargar datos de la aplicación Roadroid al usuario en línea



Nota: Roadroid (2014)

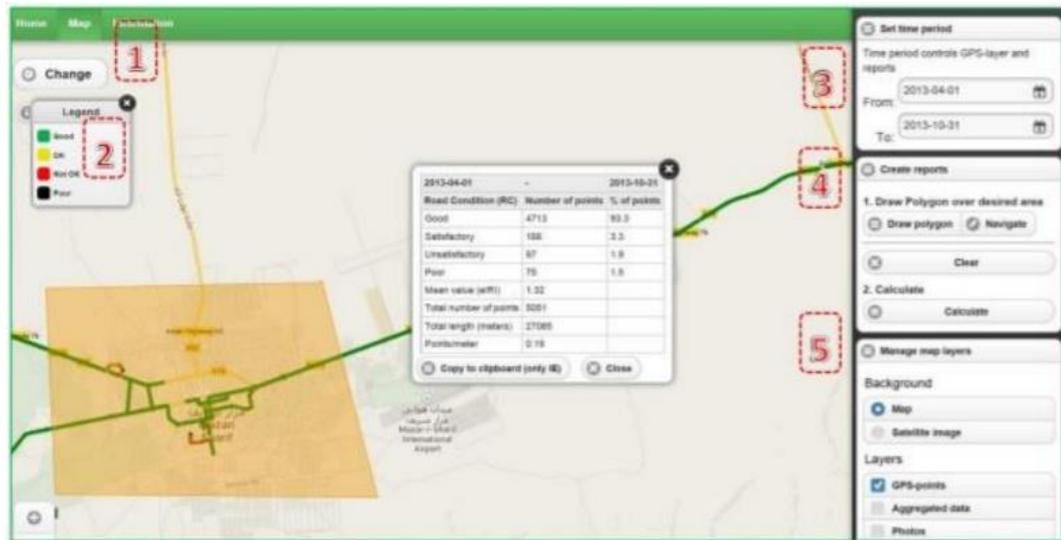
- El primer paso es presionar el menú de opciones de la aplicación,
- A continuación, se presionará el ícono *Upload*,
- Y finalmente, se escogerá la opción *Data* para cargar datos de rugosidad o bien la opción *Media* para cargar imágenes.

Una vez que comienza la carga de datos se desplegará una ventana con el avance de la transferencia de todas las muestras que hasta ese momento aún no hubieran sido transferidas, cuando se haya completado el 100% de la carga aparecerá un mensaje de éxito en la pantalla del celular. Cabe resaltar que los datos también pueden ser cargados desde el correo electrónico si es que no se los tuviera en la memoria interna del teléfono, ya que estos pueden llegar a ocupar un aproximado de 300Kb por archivo o hasta 2Mb por cada imagen.

c) *Visualizar los datos en el mapa de internet:* Al terminar la carga de datos al usuario en línea, en un tiempo máximo de una hora ya podrán ser visualizados con éxito, como se muestra en la Figura 10, a continuación:

Figura 10

Ejemplo de un mapa de usuario en Roadroid



Nota: Roadroid (2014)

La pestaña *Map* (1) muestra gracias a Google Maps algunas opciones de visualización de los datos cargados, las cuales pueden ser modificadas desde *Manage map layers*. En *Background* (fondo) se puede visualizar los caminos conocidos en el mapa (*Map*) o la imagen satelital del sitio (*Satellite image*), adicionalmente con la opción *Layers* (5) es posible modificar las capas que se desea proyectar sobre el mapa; así como la cantidad de puntos GPS (*GPS-points*), las muestras añadidas (*Aggregated data*) y las fotos (*Photos*). El mapa maneja una leyenda de colores (2) en función del estado de cada segmento según su rugosidad.

La opción *Create reports* (4) incluye una herramienta para dibujar polígonos (*Draw polygon*), es decir, permite el control y evaluación de todos los segmentos que se encuentren dentro un área delimitada por una sucesión de vértices, la cual quedará resaltada de color naranja, posterior a lo cual *Calculate* devolverá el cálculo de la rugosidad de aquellos segmentos. La opción “*Set time*

period” (3) es un filtro de tiempo, para cuando se desee mostrar un rango específico de mediciones en función de un tiempo establecido, útil para cuando se desea realizar comparaciones sobre la variación de la rugosidad en el tiempo o si desea depurar datos que se superponen en una misma área.

Si se dispone de información como un registro histórico de velocidades de una vía, es posible crear perfiles de monitoreo, para evaluar la condición del camino, específicamente en función de la capacidad de mantener cierta velocidad, estos registros se mostrarán en colores (verde >70 km/h, amarillo 50-70 km/h, rojo 30-50 km/h y negro <30 km/h).

d) *Descargar los datos en formato de texto:* El teléfono que se utilice para las mediciones llevará un registro de datos por segundo, por lo que el espacio entre dato y dato dependerá de la velocidad del auto. Sin embargo, resulta más beneficioso el trabajar con datos promedio para secciones fijas, por lo que Roadroid trabajará de esa manera. Localizados en la página principal de cada usuario en línea, en la parte superior derecha la opción *Import History* se despliega un listado de todas las muestras que se hayan cargado y que estarán disponibles para ser descargadas en formato .txt, para ser posteriormente procesadas en cualquier software de cálculo. Previo a la descarga será necesario convertir el archivo de interés a formato de texto mediante la opción *Generate aggregate files*, en donde se mostrará también las coordenadas de inicio y final, presionar *Show measurement start and end points in Google Maps*.

e) *Procesar los datos y graficar segmentos en Excel:* Finalmente, una vez se hayan convertido a formato de texto, los archivos podrán ser fácilmente trasladados y modificados en cualquier software de cálculo, aunque se recomienda

por su facilidad la utilización de Excel. Cada archivo presentará columnas con la siguiente información: Fecha y hora, Latitud, Longitud, Distancia (m), Velocidad (km/h), Altura (m), eIRI y cIRI.

2.3. Definición de términos

- *Acelerómetro*: Instrumento que permite medir la aceleración de un cuerpo vibratorio con el que entra en contacto, por lo que debe tener una frecuencia natural por lo menos dos veces mayor que la frecuencia de la vibración que medirá (Manríquez, 2020).
- *GPS*: El Sistema de Posicionamiento Global, es uno de los sistemas de navegación por satélite que proveen información de posición, la cual depende completamente de señales outdoor (Bastidas, Lema, Chávez, Cabrera, & Ñacato, 2021).
- *Imperfecciones superficiales*: El pavimento absorbe la energía del tránsito que circula sobre el, por lo que con el paso del tiempo se desgasta, pierde parte de sus características mecánicas y da paso a la aparición de deformaciones en su superficie, las cuales pueden ser: agrietamiento en bloques, piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, fisuras por deslizamiento, grietas de reflexión, ahuellamientos, hinchamientos, ondulaciones, depresiones, baches, peladuras, exudación (ASTM International, 2004).
- *Modelo del cuarto de carro*: Este modelo utilizado en el algoritmo de cálculo del IRI se llama así porque precisamente implica la cuarta parte de un carro o vehículo. “El modelo incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la

suspensión, un amortiguador y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda” (López, 2018).

- *Nube*: Es el nombre con el que se conoce al servicio de almacenamiento de datos en internet; el cual permite subir, abrir y modificar archivos o programas en línea, sin necesidad de que estos se encuentren almacenados en el dispositivo que se esté utilizando (Eninetworks, 2018).
- *Pavimento*: Estructura diseñada para soportar y distribuir las cargas producto del tránsito vehicular. Está conformada por la superficie de rodadura que puede ser de asfalto si se trata de un pavimento flexible o de concreto si es un pavimento rígido, base, subbase y subrasante (Valdés & Alonso, 2017).
- *Perfil longitudinal*: Es un gráfico que representa la sección vertical de una vía, depende principalmente de: “la topografía, alineamiento horizontal, distancias de visibilidad, velocidad de proyecto, seguridad, costos de construcción, categoría de la vía, valores estéticos y drenaje” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 169).

Está conformado en el eje de las abscisas (eje x) por las distancias y en el de las ordenadas (eje y) las cotas o elevaciones a partir de un plano de referencia horizontal.

- *Perfil transversal*: El perfil transversal de un camino es la intersección de este con un plano vertical normal, en un determinado punto de interés a la superficie vertical que contiene al eje del proyecto. Se lo utiliza para presentar en un corte por un plano transversal la posición que tendrá la obra y con ello determinar cantidades de obra (Calzada, 2021).

- *Rugosidad del pavimento*: Se define como una serie de alteraciones o perturbaciones en el perfil longitudinal de una carretera, mismas que ocasionan vibraciones en los vehículos que circulan sobre esta (López, 2018).
- *Smartphone*: También conocido como teléfono inteligente, es un dispositivo de alta tecnología que permite a los usuarios además de las tradicionales llamadas y mensajes, conectarse a internet de manera fácil y barata, así como registrar fotos y videos y acceder a una serie de novedosas aplicaciones (Cuesta, Cuesta, Martínez, & Niño, 2020).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva.

De acuerdo con Fernández y Baptista (2014) este tipo de investigación sirve fundamentalmente para caracterizar una situación concreta de interés, por lo que no se limita tan solo a recolectar datos, sino que busca identificar qué relación existe entre dos o más variables, por lo que el investigador recoge sus datos tomando como base la hipótesis para posteriormente analizar y mostrar los resultados obtenidos.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque relacional y correlacional.

Según Arias (2006) en la investigación correlacional se estudian las variables de interés y posteriormente mediante la prueba de hipótesis se determina la correlación existente entre estas, aunque en este tipo de investigación no se indica las causas como tal, puede ayudar a establecer ciertos indicios.

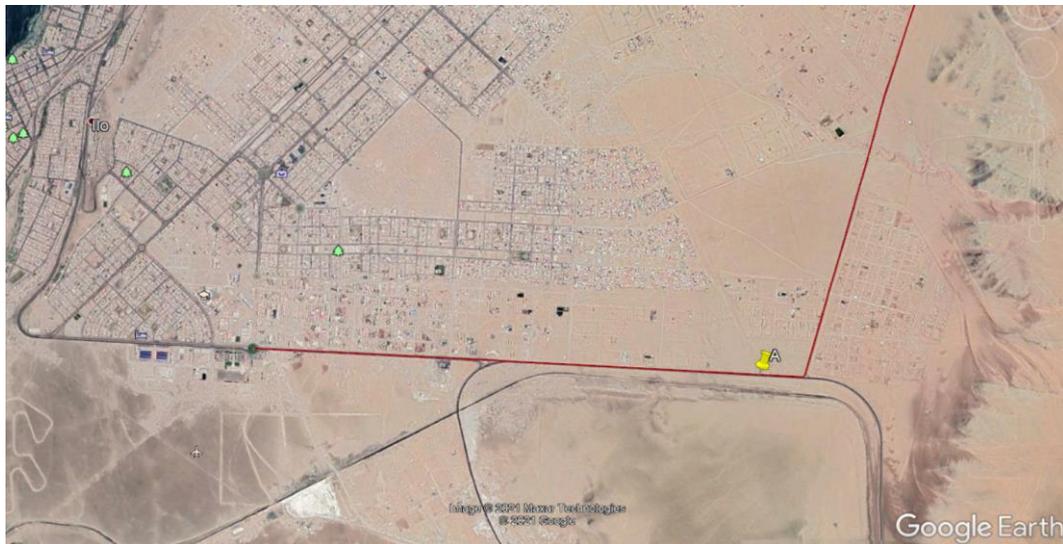
3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

Constituida por los 76.10 Km de distancia de la carretera Interoceánica Sur entre las ciudades de Ilo (punto A) y Moquegua (punto B), como se observa en las Figuras 11 y 12.

Figura 11

Inicio (punto A) del tramo de estudio



Nota: Google (2022)

Figura 12

Final (punto B) del tramo de estudio



Nota: Google (2022)

3.3.2. Muestra.

Para la determinación de la muestra se utilizó la técnica de muestreo discrecional o por juicio, que como su nombre lo indica depende del juicio del investigador. Se escogió el tramo de la carretera entre Ilo y Moquegua que se describe en la Tabla 2, debido a que el pavimento no presenta una uniformidad superficial, lo que representa un potencial peligro para los usuarios.

Tabla 2
Coordenadas de la muestra de estudio

| N.º | Nombre | UTM Inicio | | UTM Final | |
|-----|-----------------------------|------------|--------|-----------|--------|
| | | Sur | Este | Sur | Este |
| 1 | Carretera Interoceánica Sur | 8045695 | 255934 | 8095947 | 290733 |

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario recurrir a los siguientes instrumentos:

- Información bibliográfica: artículos científicos, páginas web, investigaciones previas acordes al tema, mapas de la zona, manuales del sistema Roadroid.
- Equipos de campo: vehículo, teléfono inteligente o smartphone con la aplicación Roadroid y para acceder a sitios como Google Maps o Google Earth, calculadora, hojas, bolígrafos.
- Equipo de cómputo: laptop para el procesamiento de datos mediante Microsoft Office Excel y Microsoft Word.

3.5. Metodología de muestreo

3.5.1. Plan de recopilación de datos.

La información necesaria para llevar a cabo el análisis de la uniformidad superficial del pavimento de la carretera Ilo a Moquegua, se la obtuvo de realizar tres muestreos distribuidos de la siguiente manera:

- Muestreo N°1: llevado a cabo el día 11 de julio de 2021.
- Muestreo N°2: llevado a cabo el día 17 de enero de 2022.
- Muestreo N°3: llevado a cabo el día 23 de enero de 2022.

Todos los muestreos se realizaron a las 9 de la mañana desde la provincia de Ilo a la región de Moquegua, cubriendo una distancia de 76.10 km. Para lo cual, se adoptaron velocidades de entre 40 y 80 km/h, que son valores recomendados para lograr buenos resultados tanto del IRI estimado como del calculado.

3.5.2. Herramientas para la recopilación de datos.

3.5.2.1. Automóvil.

Para llevar a cabo los diferentes muestreos se utilizó un automóvil de la marca Toyota Fielder, que es calificado como un vehículo del tipo pequeño por el Sistema Roadroid como se puede observar en la Figura 13.

Figura 13

Vehículo utilizado en la toma de datos



3.5.2.2. Smartphone.

El teléfono inteligente o smartphone, que se utilizó para instalar la aplicación Roadroid y proceder con los muestreos fue uno de la marca Samsung modelo Galaxy A50 4G, el cual se acopló al automóvil mediante un sujetador de teléfono para el vehículo, estos dispositivos se pueden observar en la Figura 14.

Figura 14

Smartphone y sujetador utilizados en la toma de datos



3.5.2.3. Aplicación Roadroid.

Se utilizó la versión 3.0.4, misma que fue descargada en formato APK para el sistema operativo Android del smartphone desde la página www.roadroid.com/home/app, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15
Aplicación Roadroid versión 3.0.4



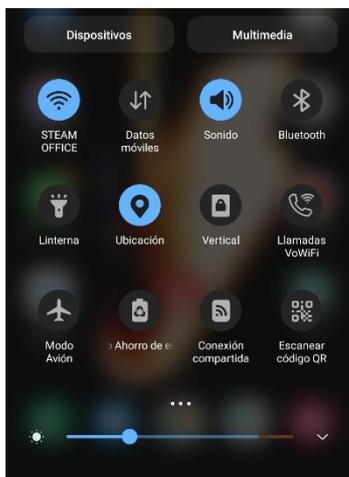
Nota: Roadroid (2021)

3.5.3. Configuración de la aplicación Roadroid.

Una vez que se disponía de las herramientas necesarias, el primer paso consistió en adquirir la licencia pertinente en la página oficial de la aplicación y registrar el smartphone a utilizar mediante su IMEI, para la posterior calibración del programa.

A continuación, se conectó el teléfono a una señal Wifi y se activó el GPS para que la aplicación reconozca la posición georreferenciada del vehículo en tiempo real, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16
Pantalla del Smartphone



En la Figura 17 se aprecia que una vez abierta la aplicación, fue necesario seleccionar el “Menú” y pulsar “Configuración”, para que se despliegue una lista de opciones y así poder realizar los ajustes adecuados. Una vez allí, en la opción “General” lo primero en ingresar fue el correo electrónico; a continuación, en “Data, media & sync” se desactivó la opción “Delete Media After Upload” para que todos los datos recolectados se guardaran en la memoria del teléfono después de cargarlos en el sistema (por motivos de seguridad).

Finalmente, el check " Sólo cargar si Wifi está disponible” se activó para poder cargar los datos recolectados a través de Wifi al sistema, porque no es muy recomendable utilizar los datos móviles (Figura 18) y las demás configuraciones se dejó como venían por defecto.

Figura 17
Configuración del Roadroid, menú “General”

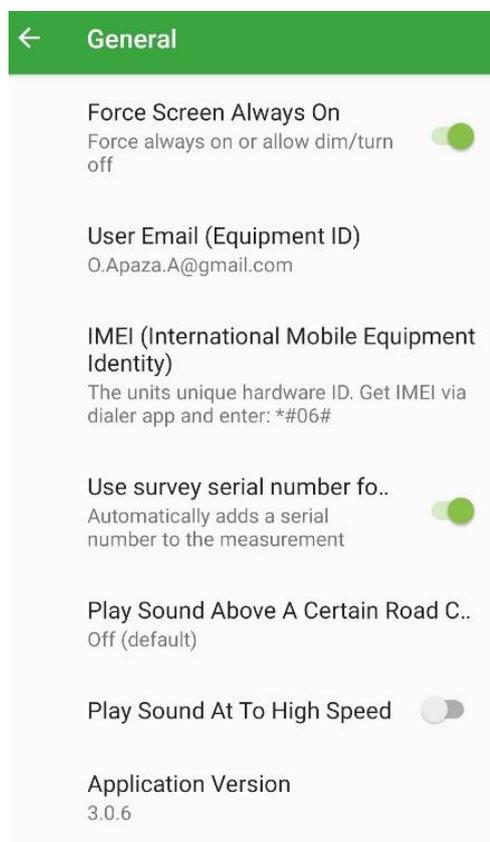
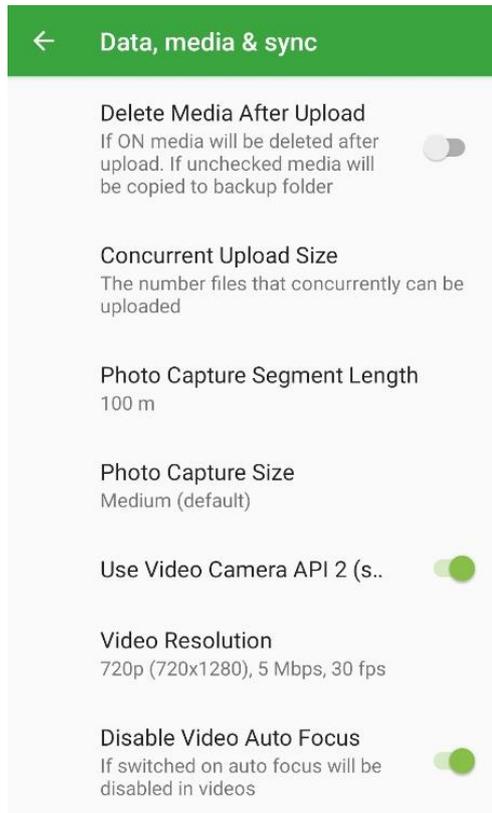


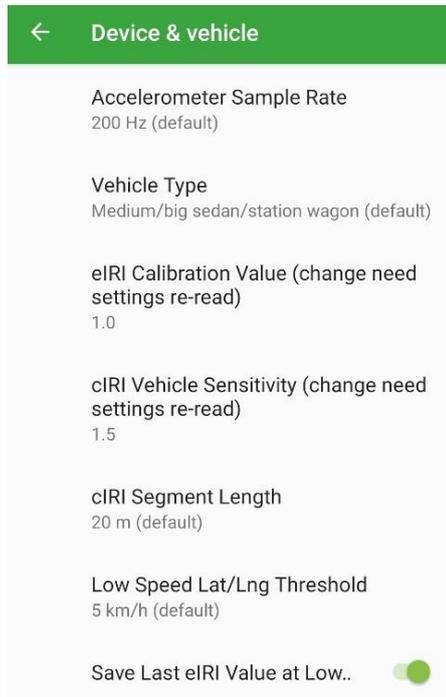
Figura 18

Configuración del Roadroid, menú “Data, media & sync”



A continuación, en el menú “Device & vehicle”, en la opción “Vehicle Type” se configuró que se utilizaría un vehículo de tipo pequeño como ya se explicó anteriormente. Finalmente, las otras opciones se seleccionaron “por defecto” y se modificó de acuerdo con la velocidad, longitud, lugar y características de la carreta en la que se iba a diagnosticar el índice de rugosidad del pavimento, para más detalle se puede visualizar la Figura 19.

Figura 19
Configuración del Roadroid, menú “Device & vehicle”



3.5.4. Muestreo.

El sujetador del teléfono fue colocado en el parabrisas delantero del vehículo, de manera que el teléfono se encontrara fijo, estable y sea fácil alcanzar su pantalla, cuidando que su posición sea lo más horizontal posible para que la cámara fotográfica pueda capturar imágenes sin ninguna obstrucción, como se aprecia en la Figura 20.

Figura 20
Smartphone colocado en el sujetador del parabrisas



Previo a cada muestreo se pulsó el botón amarillo para calibrar el smartphone en las coordenadas X, Y, Z para lograr que los valores sean igual a cero, esto para que únicamente el plano vertical sea tomado como el eje de referencia con respecto al cual se desea medir las vibraciones, esto se puede observar en la Figura 21.

Figura 21
Calibración del smartphone



Una vez realizados los pasos previos, se activó la cámara y se seleccionó empezar. Se recomienda que al llegar a este punto el vehículo ya se encuentre en movimiento y de preferencia a una velocidad de aproximadamente 50 km/h, así como haberle asignado un nombre a la vía a ser diagnosticada, por lo que es preferible iniciar el recorrido unos 100 o 200 metros antes del punto de inicio. En la Figura 22 se puede apreciar el inicio del recorrido.

Figura 22
Inicio del muestreo



3.5.5. Carga de datos al sistema Roadroid.

Para poder cargar los datos obtenidos en campo se necesitó una conexión a internet, en este caso se optó por una conexión vía Wifi (lo más recomendable) pero también pudo ser una de datos móviles 3G - 4G según la configuración inicial que se haya hecho, según la cual todos los datos se han guardado en la memoria interna del smartphone.

Una vez conectado el dispositivo, para subir los datos desde el "Menú" se seleccionó "Manage uploads " para luego elegir las opciones de carga adecuadas, se debe vigilar constantemente la transferencia de los archivos (los cuales están en formato KB) para cerciorarse que estos no fallen o se detengan en el proceso de carga, como se aprecia en la Figura 23.

Figura 23

Carga de datos de la aplicación al sistema Roadroid



CAPÍTULO IV

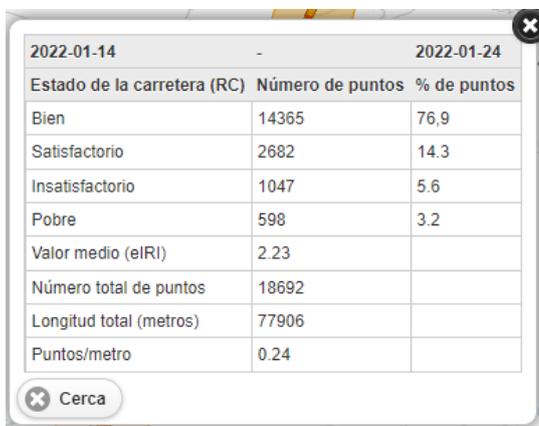
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Visualización de datos en el mapa virtual.

Una vez finalizado el muestreo, es posible ver los datos recopilados en el mapa virtual, para lo cual, se accedió al usuario registrado en el sistema, tal como se ha explicado con anterioridad. Cabe aclarar que los datos no estarán disponibles inmediatamente, sino que se visualizan una vez transcurridos aproximadamente 15 a 20 minutos después de la carga, como se observa en las Figuras 24 y 25.

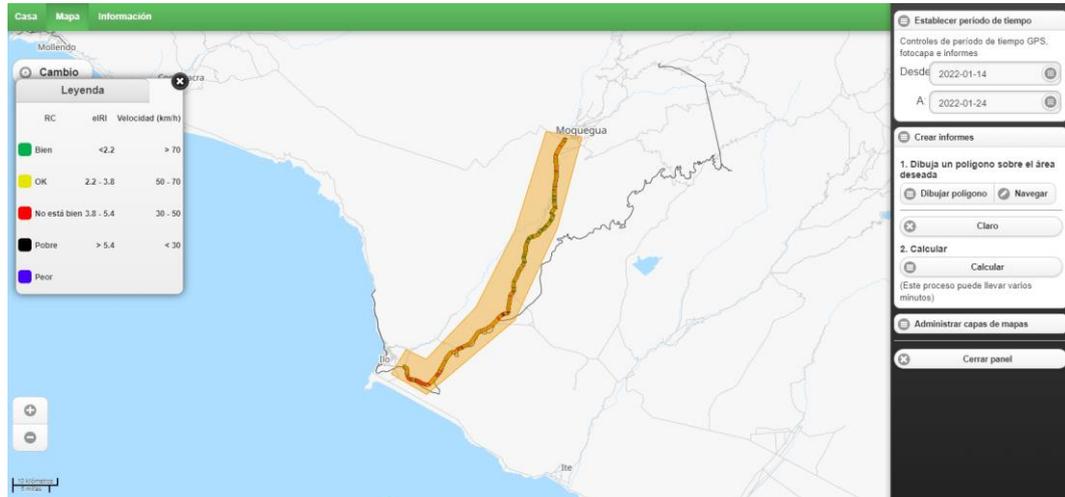
Figura 24
Mediciones en la carretera Interoceánica Sur



| 2022-01-14 | - | 2022-01-24 |
|-----------------------------|------------------|-------------|
| Estado de la carretera (RC) | Número de puntos | % de puntos |
| Bien | 14365 | 76,9 |
| Satisfactorio | 2682 | 14,3 |
| Insatisfactorio | 1047 | 5,6 |
| Pobre | 598 | 3,2 |
| Valor medio (eIRI) | 2.23 | |
| Número total de puntos | 18692 | |
| Longitud total (metros) | 77906 | |
| Puntos/metro | 0.24 | |

Figura 25

Mapa virtual del tramo de estudio de la carretera Interoceánica Sur en la página Roadroid



Al ingresar en la opción " Manage map layers" se debe verificar que esté seleccionado para poder visualizar los puntos obtenidos en la evaluación. Adicionalmente, en la opción "Set time period" es posible visualizar la fecha en la que se hizo el diagnóstico del pavimento. A continuación, "Create reports" permite dibujar un polígono del área seleccionada a calcular, para poder cerrar el polígono se dio doble click en el mismo botón (hasta que el área marcada se haga de color naranja). Finalmente, en "sit", se seleccionó "Calculate" para ver los porcentajes pertenecientes a cada una de las 4 clases de niveles de rugosidad promedio (verde significa satisfactorio, amarillo es bien, rojo es para insatisfactorio y negro es malo), así como el eIRI.

La descarga de los resultados obtenidos se la realizó desde "Import history" >> "Details". En la Figura 26 se puede observar cómo se presenta el historial de datos almacenados en la página de Roadroid.

Figura 26

Historial de datos en la página Roadroid

Fecha de caducidad de la cuenta: 2022-03-01 (Notifiquenos con anticipación para la extensión)
 Información del usuario: noviembre de 2020: cambiar a ver. 3 de la aplicación en el primer trimestre de 2021. Las versiones anteriores de la aplicación no podrán cargar datos, se necesitará una actualización.
 Versión actual del sistema: 2.6.12

Mis Unidades Importar historial Cerrar sesión
 inglés | Svenska | portugués

Casa Condiciones del camino Sensores de tráfico Informe de cambios Información

Lista de historial de importación

Show: 25 entradas Búsqueda: Escribe: Todo

| Fecha de importación | Nombre de usuario | Nombre de la unidad | Estado de importación | eRI promedio | cRI promedio | La velocidad promedio | Identificación de la carretera | Longitud de la encuesta (m) | Escribe | |
|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
| 24/01/2022 12:52:35 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 1,9 | 3,3 | 72,8 | 01_ilo a moquegua (1) | 76235 | Condiciones del camino | Detalles |
| 24/01/2022 12:51:44 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 2,0 | 3,2 | 74,0 | 03: moquegua - ilo | 76091 | Condiciones del camino | Detalles |
| 24/01/2022 12:50:55 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 2,0 | 3,3 | 72,2 | 03: ilo-moquegua | 76128 | Condiciones del camino | Detalles |
| 18/01/2022 10:02:00 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 2,8 | 4,3 | 74,9 | 02_moquegua a ilo | 76118 | Condiciones del camino | Detalles |
| 18/01/2022 10:01:10 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 2,4 | 3,9 | 71,2 | 02_ilo a moquegua | 76160 | Condiciones del camino | Detalles |
| 01/11/2022 22:51:43 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 2,8 | 4,2 | 72,1 | 01_moquegua a ilo | 76158 | Condiciones del camino | Detalles |
| 01/11/2022 22:50:53 | omar1993 | omar1993_Unidad1 | Importar Aceptar | 1,9 | 3,7 | 71,0 | 01_ilo a moquegua | 76122 | Condiciones del camino | Detalles |

Esto a su vez desplegó otra ventana, desde la cual es posible la importación de datos en formato de “archivos de forma” hacia otros softwares de información geográfica tales como Arc / Info, ArcGIS, etc., o si así se desea también en formato Keyhole Markup Language (KML) para su procesamiento con Google Earth. Finalmente, desde la opción “Generar” se descargó los archivos en formato .txt, que luego se utilizaron para ser exportados a una hoja de cálculo de Excel, durante este proceso de descarga es posible configurar en torno a cuantos metros de evaluación se desea conocer los resultados, como se observa en la Figura 27.

Figura 27
Importación de datos en la página Roadroid

Casa
Condiciones del camino
Sensores de tráfico
Informe de cambios
Información

Detalles de la encuesta

[Mostrar el punto de inicio y finalización de la encuesta en Google Maps](#)
(debe permitir las ventanas emergentes en el navegador web)

[Mostrar datos de la encuesta en el mapa](#)
(Use la pestaña "Condición de la carretera" arriba para ver todas las encuestas.)

Generar archivo de forma

Generar archivo KML

Generar archivo agregado Seleccionar longitud de agregación (metros)

| Detalles de la encuesta | Valor |
|-------------------------------------|--|
| Identificación de la medida | 184437 |
| Fecha de importación | 24/01/2022 12:52:35 |
| Nombre de usuario | omar1993 |
| Nombre del archivo | 359000100737839-20220123153452-5dd02f9a-RCP.zip |
| Hora de inicio de la encuesta | 23/01/2022 15:34:52 |
| Hora de finalización de la encuesta | 23/01/2022 16:38:53 |
| Estado de importación | Importar Aceptar |
| ID de carretera | <input type="text" value="01_ilo a moquegua (1)"/> <input type="button" value="Actualizar"/> |

Es así como finalmente se obtuvieron el total de los datos registrados en campo, los cuales se visualizan inicialmente como se muestra en la Figura 28.

Figura 28
Archivo .txt con los datos obtenidos en campo

*359000100737839-20220123153452-5dd02f9a-RCP_aggr.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

cIRI-sensitivity: 1,5 | eIRI-sensitivity 1

| DateTime | Latitude | Longitudo | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | Grade (%) | eIRI | cIRI |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|--------------|-----------|------|------|
| 23/01/2022 15:34:52 | -17,66224 | -71,300745 | 100 | 53,97 | 239,43 | 0 | 1,5 | 2,07 |
| 23/01/2022 15:34:58 | -17,6622813487146 | -71,2998413043289 | 200 | 59,04 | 242,43 | 3 | 1,54 | 2,77 |
| 23/01/2022 15:35:04 | -17,6623300200117 | -71,2989163042324 | 300 | 64,4 | 244,86 | 2,43 | 1,58 | 3,34 |
| 23/01/2022 15:35:10 | -17,6623903283835 | -71,297821148706 | 400 | 67,13 | 247 | 2,14 | 1,69 | 3,37 |
| 23/01/2022 15:35:15 | -17,6624407467766 | -71,2969955961577 | 500 | 69,44 | 248,67 | 1,67 | 1,87 | 3,29 |
| 23/01/2022 15:35:20 | -17,6626268894279 | -71,296146873048 | 600 | 71,44 | 249,67 | 1 | 1,87 | 3,68 |
| 23/01/2022 15:35:25 | -17,6630145644318 | -71,2953301711983 | 700 | 73,54 | 249,83 | 0,17 | 1,65 | 2,98 |
| 23/01/2022 15:35:30 | -17,663610736257 | -71,29459571330775 | 800 | 75,44 | 251,5 | 1,67 | 1,78 | 3,6 |
| 23/01/2022 15:35:35 | -17,6644218463289 | -71,2940203656319 | 900 | 75,97 | 254,17 | 2,67 | 1,97 | 3,99 |
| 23/01/2022 15:35:40 | -17,6653639355019 | -71,2936916899029 | 1000 | 75,24 | 256,5 | 2,33 | 1,85 | 4,03 |
| 23/01/2022 15:35:45 | -17,6663425125297 | -71,293614 | 1100 | 75,72 | 258,2 | 1,7 | 2,2 | 3,63 |
| 23/01/2022 15:35:49 | -17,6669534078668 | -71,293634241521 | 1200 | 77,94 | 259 | 0,8 | 1,9 | 3,79 |
| 23/01/2022 15:35:54 | -17,6679983990769 | -71,2936695428524 | 1300 | 78,9 | 260,33 | 1,33 | 2,07 | 3,7 |
| 23/01/2022 15:35:59 | -17,6690632220076 | -71,2936986865003 | 1400 | 78,15 | 262,8 | 2,47 | 1,82 | 3,7 |
| 23/01/2022 15:36:03 | -17,6697320743473 | -71,2937163575222 | 1500 | 77,36 | 266,5 | 3,7 | 1,84 | 2,95 |
| 23/01/2022 15:36:08 | -17,6707798106699 | -71,2936974120627 | 1600 | 76,44 | 270 | 3,5 | 1,81 | 3,35 |
| 23/01/2022 15:36:12 | -17,6714179739346 | -71,2936707797705 | 1700 | 75,61 | 272,83 | 2,83 | 1,69 | 2,97 |
| 23/01/2022 15:36:17 | -17,67240580999717 | -71,293582307124 | 1800 | 74,5 | 275,83 | 3 | 1,78 | 3,33 |
| 23/01/2022 15:36:22 | -17,6733522723828 | -71,2934160286973 | 1900 | 73,52 | 279 | 3,17 | 1,89 | 3,88 |
| 23/01/2022 15:36:27 | -17,6742643322327 | -71,2932486907902 | 2000 | 72,58 | 282,83 | 3,83 | 1,83 | 3,44 |
| 23/01/2022 15:36:32 | -17,6751766158093 | -71,2930868238561 | 2100 | 71,87 | 286,5 | 3,67 | 1,7 | 2,94 |
| 23/01/2022 15:36:37 | -17,6760635960757 | -71,2929189939639 | 2200 | 70,32 | 289,83 | 3,33 | 1,78 | 2,26 |
| 23/01/2022 15:36:42 | -17,6769201811917 | -71,2927588870015 | 2300 | 68,89 | 293,17 | 3,33 | 1,72 | 2,95 |
| 23/01/2022 15:36:47 | -17,6777429732745 | -71,2926809640176 | 2400 | 67,8 | 297,43 | 4,26 | 1,66 | 2,78 |
| 23/01/2022 15:36:53 | -17,6788444351807 | -71,2923852490978 | 2500 | 67,03 | 302,17 | 4,74 | 2,05 | 3,23 |
| 23/01/2022 15:36:58 | -17,6795698715212 | -71,2920953629063 | 2600 | 66,95 | 305,67 | 3,5 | 2,81 | 3,89 |
| 23/01/2022 15:37:03 | -17,6802998036216 | -71,2917665494023 | 2700 | 66,72 | 311 | 5,33 | 2,07 | 3,83 |
| 23/01/2022 15:37:09 | -17,6813136947378 | -71,291357990301 | 2800 | 66,17 | 315,67 | 4,67 | 2,03 | 4,45 |
| 23/01/2022 15:37:14 | -17,6820282193834 | -71,2910276815758 | 2900 | 63,96 | 321,29 | 5,62 | 2,1 | 3,92 |
| 23/01/2022 15:37:20 | -17,6830113420973 | -71,2907706598267 | 3000 | 62,64 | 327,5 | 6,21 | 1,85 | 3,24 |
| 23/01/2022 15:37:25 | -17,6836373384666 | -71,290511788154 | 3100 | 64,41 | 332,86 | 5,36 | 1,94 | 3,19 |
| 23/01/2022 15:37:31 | -17,6844943762509 | -71,2898896691628 | 3200 | 67,13 | 337,17 | 4,31 | 1,97 | 3,82 |
| 23/01/2022 15:37:36 | -17,6851140166006 | -71,2894074495548 | 3300 | 69,09 | 340,06 | 3,69 | 1,82 | 4,24 |
| 23/01/2022 15:37:42 | -17,6860378584054 | -71,2886792703267 | 3400 | 68,98 | 346,33 | 5,48 | 1,87 | 4,31 |
| 23/01/2022 15:37:47 | -17,6867068744589 | -71,2881627900052 | 3500 | 67,17 | 352,83 | 6,5 | 1,88 | 3,29 |
| 23/01/2022 15:37:52 | -17,6873104178261 | -71,2876746790659 | 3600 | 64,93 | 361,57 | 8,74 | 2,46 | 4,18 |
| 23/01/2022 15:37:58 | -17,6877982419428 | -71,2867308186257 | 3700 | 65,26 | 368,33 | 6,76 | 2,01 | 4,18 |
| 23/01/2022 15:38:03 | -17,687861866051 | -71,285958889183 | 3800 | 69,17 | 373 | 4,67 | 2,1 | 4,47 |
| 23/01/2022 15:38:09 | -17,6878542214543 | -71,2847104595551 | 3900 | 73,84 | 376,6 | 3,6 | 2,43 | 4,21 |
| 23/01/2022 15:38:13 | -17,6878405691238 | -71,2840967793476 | 4000 | 77,18 | 380 | 3,4 | 2,25 | 3,59 |
| 23/01/2022 15:38:18 | -17,6878245782841 | -71,2830102711269 | 4100 | 77,44 | 386,17 | 6,17 | 2,94 | 3,7 |

4.1.2. Resultados tabulados y gráficos

A continuación, en las Tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se recopilan a manera de resumen, los datos más importantes obtenidos con el Roadroid durante el proceso de evaluación de los 76.10 km de la carretera Interoceánica Sur entre Ilo y Moquegua, para lo cual se llevó a cabo tres muestreos tanto de ida como de vuelta. Adicionalmente, esta información se presenta en las Figuras 29 a 40, en las cuales, por un lado, se grafica una comparación entre el eIRI y el cIRI y por el otro se presenta una ilustración del perfil longitudinal, esto para cada carril y por cada muestra. Todos los datos recopilados con el método Roadroid se presentan con mayor detalle en el apéndice D.

Tabla 3

Resumen de datos – primera muestra – carril derecho

| Tramo | Latitudo | Longitudo | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|-------|----------|-----------|-------------|------------------|--------------|------|------|------------|------------|----------------------|
| 1 | -17,6622 | -71,3006 | 100 | 53,97 | 239,43 | 1,50 | 2,07 | 1,73 | 3,31 | Buena |
| 2 | -17,6662 | -71,2936 | 1100 | 75,72 | 258,20 | 2,20 | 3,63 | 1,88 | 3,47 | Buena |
| 3 | -17,6753 | -71,2930 | 2100 | 71,87 | 286,50 | 1,70 | 2,94 | 1,98 | 3,45 | Buena |
| 4 | -17,6839 | -71,2903 | 3100 | 64,41 | 332,86 | 1,94 | 3,19 | 2,07 | 4,02 | Buena |
| 5 | -17,6878 | -71,2828 | 4100 | 77,44 | 386,17 | 2,94 | 3,70 | 2,65 | 4,44 | Satisfactoria |
| 6 | -17,6888 | -71,2737 | 5100 | 66,34 | 451,29 | 2,70 | 4,60 | 2,73 | 4,68 | Satisfactoria |
| 7 | -17,6927 | -71,2653 | 6100 | 71,48 | 503,00 | 3,22 | 4,80 | 3,61 | 5,28 | Satisfactoria |
| 8 | -17,6965 | -71,2566 | 7100 | 60,45 | 567,71 | 2,11 | 4,18 | 2,25 | 3,94 | Satisfactoria |
| 9 | -17,6966 | -71,2476 | 8100 | 57,64 | 631,71 | 2,50 | 3,15 | 2,02 | 3,51 | Buena |
| 10 | -17,6897 | -71,2412 | 9100 | 76,96 | 610,67 | 1,74 | 3,21 | 1,74 | 2,95 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-------------------------|
| 11 | -17,6831 | -71,2351 | 10100 | 69,93 | 611,83 | 1,65 | 2,84 | 1,96 | 3,30 | Buena |
| 12 | -17,6763 | -71,2288 | 11100 | 80,21 | 615,20 | 1,66 | 3,17 | 1,82 | 3,61 | Buena |
| 13 | -17,6684 | -71,2244 | 12100 | 75,94 | 620,67 | 1,91 | 3,22 | 2,20 | 3,13 | Satisfactoria |
| 14 | -17,6601 | -71,2200 | 13100 | 50,77 | 619,50 | 1,75 | 2,91 | 1,75 | 3,08 | Buena |
| 15 | -17,6521 | -71,2158 | 14100 | 73,98 | 641,83 | 1,69 | 2,95 | 1,71 | 3,01 | Buena |
| 16 | -17,6444 | -71,2109 | 15100 | 75,34 | 647,83 | 1,68 | 2,67 | 1,72 | 3,02 | Buena |
| 17 | -17,6372 | -71,2055 | 16100 | 86,51 | 661,80 | 2,37 | 4,09 | 1,83 | 3,20 | Buena |
| 18 | -17,6329 | -71,1984 | 17100 | 73,53 | 635,67 | 1,83 | 3,10 | 2,08 | 3,39 | Buena |
| 19 | -17,6307 | -71,1905 | 18100 | 60,68 | 623,29 | 1,86 | 3,91 | 2,08 | 3,69 | Buena |
| 20 | -17,6250 | -71,1840 | 19100 | 76,67 | 632,17 | 1,90 | 3,42 | 2,32 | 3,64 | Satisfactoria |
| 21 | -17,6212 | -71,1752 | 20100 | 76,32 | 646,67 | 1,57 | 2,34 | 2,29 | 3,75 | Satisfactoria |
| 22 | -17,6175 | -71,1666 | 21100 | 73,26 | 668,33 | 2,63 | 3,98 | 1,98 | 2,99 | Buena |
| 23 | -17,6114 | -71,1600 | 22100 | 79,64 | 699,00 | 2,14 | 3,35 | 1,90 | 3,01 | Buena |
| 24 | -17,6044 | -71,1544 | 23100 | 75,10 | 726,67 | 1,87 | 2,89 | 1,90 | 3,36 | Buena |
| 25 | -17,5970 | -71,1486 | 24100 | 69,49 | 759,17 | 1,67 | 3,25 | 1,83 | 3,57 | Buena |
| 26 | -17,5914 | -71,1417 | 25100 | 70,40 | 801,83 | 1,87 | 3,06 | 1,88 | 3,31 | Buena |
| 27 | -17,5884 | -71,1328 | 26100 | 68,47 | 841,33 | 1,61 | 3,01 | 2,03 | 3,49 | Buena |
| 28 | -17,5838 | -71,1250 | 27100 | 76,34 | 878,20 | 1,77 | 3,02 | 1,78 | 3,05 | Buena |
| 29 | -17,5790 | -71,1170 | 28100 | 78,43 | 923,50 | 1,92 | 4,00 | 1,93 | 3,75 | Buena |
| 30 | -17,5723 | -71,1105 | 29100 | 67,51 | 942,00 | 1,72 | 3,69 | 2,27 | 4,39 | Satisfactoria |
| 31 | -17,5655 | -71,1045 | 30100 | 70,05 | 942,83 | 1,90 | 3,32 | 2,02 | 3,67 | Buena |
| 32 | -17,5592 | -71,0976 | 31100 | 79,09 | 935,17 | 5,57 | 6,93 | 3,94 | 5,43 | No Satisfactoria |
| 33 | -17,5564 | -71,0888 | 32100 | 77,70 | 908,00 | 1,93 | 3,13 | 2,43 | 4,43 | Satisfactoria |
| 34 | -17,5505 | -71,0836 | 33100 | 57,74 | 966,57 | 2,09 | 3,98 | 2,39 | 4,25 | Satisfactoria |
| 35 | -17,5417 | -71,0835 | 34100 | 78,29 | 989,80 | 2,13 | 4,52 | 1,96 | 3,34 | Buena |
| 36 | -17,5328 | -71,0819 | 35100 | 79,78 | 1006,80 | 1,79 | 3,17 | 1,86 | 3,30 | Buena |
| 37 | -17,5239 | -71,0803 | 36100 | 75,14 | 1029,33 | 1,71 | 2,91 | 1,85 | 3,42 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|--------------|
| 38 | -17,5161 | -71,0760 | 37100 | 85,10 | 1050,33 | 3,11 | 4,66 | 2,05 | 3,66 | Buena |
| 39 | -17,5084 | -71,0736 | 38100 | 64,46 | 1089,67 | 1,54 | 2,91 | 1,65 | 3,02 | Buena |
| 40 | -17,4992 | -71,0740 | 39100 | 79,42 | 1124,40 | 1,58 | 2,17 | 1,61 | 2,92 | Buena |
| 41 | -17,4908 | -71,0711 | 40100 | 78,33 | 1150,67 | 1,79 | 4,03 | 1,66 | 3,54 | Buena |
| 42 | -17,4832 | -71,0664 | 41100 | 78,00 | 1171,60 | 1,68 | 3,30 | 1,67 | 3,10 | Buena |
| 43 | -17,4746 | -71,0635 | 42100 | 75,51 | 1181,50 | 1,55 | 2,72 | 1,54 | 2,68 | Buena |
| 44 | -17,4670 | -71,0582 | 43100 | 79,40 | 1193,67 | 1,49 | 2,87 | 1,47 | 2,54 | Buena |
| 45 | -17,4593 | -71,0533 | 44100 | 72,88 | 1156,50 | 1,39 | 2,87 | 1,54 | 2,82 | Buena |
| 46 | -17,4506 | -71,0520 | 45100 | 73,64 | 1115,83 | 1,80 | 4,00 | 1,64 | 3,04 | Buena |
| 47 | -17,4418 | -71,0513 | 46100 | 76,44 | 1069,33 | 1,49 | 2,61 | 1,44 | 2,54 | Buena |
| 48 | -17,4334 | -71,0482 | 47100 | 73,17 | 1103,83 | 1,60 | 2,93 | 1,94 | 3,28 | Buena |
| 49 | -17,4243 | -71,0490 | 48100 | 73,51 | 1077,60 | 1,59 | 2,52 | 1,64 | 2,87 | Buena |
| 50 | -17,4163 | -71,0455 | 49100 | 73,15 | 1116,83 | 1,68 | 3,18 | 1,57 | 2,70 | Buena |
| 51 | -17,4077 | -71,0423 | 50100 | 73,07 | 1150,17 | 1,47 | 2,96 | 1,59 | 2,75 | Buena |
| 52 | -17,4039 | -71,0341 | 51100 | 70,24 | 1186,14 | 1,60 | 3,53 | 1,50 | 2,70 | Buena |
| 53 | -17,4019 | -71,0267 | 52100 | 64,12 | 1234,43 | 1,43 | 2,48 | 1,46 | 2,45 | Buena |
| 54 | -17,3958 | -71,0203 | 53100 | 84,34 | 1228,67 | 1,37 | 2,46 | 1,57 | 2,79 | Buena |
| 55 | -17,3900 | -71,0132 | 54100 | 77,77 | 1188,20 | 1,60 | 2,25 | 1,57 | 2,67 | Buena |
| 56 | -17,3846 | -71,0072 | 55100 | 72,58 | 1158,17 | 1,47 | 2,70 | 1,64 | 3,07 | Buena |
| 57 | -17,3786 | -71,0023 | 56100 | 57,88 | 1135,71 | 1,52 | 2,43 | 1,44 | 2,43 | Buena |
| 58 | -17,3718 | -70,9967 | 57100 | 69,40 | 1141,83 | 1,49 | 2,80 | 1,46 | 2,57 | Buena |
| 59 | -17,3636 | -70,9929 | 58100 | 74,48 | 1122,50 | 1,44 | 2,81 | 1,46 | 2,45 | Buena |
| 60 | -17,3561 | -70,9954 | 59100 | 82,70 | 1124,83 | 1,42 | 2,00 | 1,54 | 2,77 | Buena |
| 61 | -17,3503 | -70,9892 | 60100 | 76,83 | 1077,17 | 1,80 | 2,23 | 1,47 | 2,22 | Buena |
| 62 | -17,3423 | -70,9888 | 61100 | 64,03 | 1083,14 | 1,61 | 1,95 | 1,88 | 3,30 | Buena |
| 63 | -17,3334 | -70,9891 | 62100 | 76,31 | 1066,00 | 1,45 | 2,27 | 1,56 | 3,15 | Buena |
| 64 | -17,3241 | -70,9893 | 63100 | 72,10 | 1040,00 | 1,38 | 2,56 | 1,44 | 2,33 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|----------------------|
| 65 | -17,3153 | -70,9894 | 64100 | 78,31 | 1052,40 | 1,42 | 2,38 | 1,75 | 3,32 | Buena |
| 66 | -17,3062 | -70,9884 | 65100 | 72,65 | 1085,33 | 1,89 | 4,72 | 1,66 | 3,00 | Buena |
| 67 | -17,2974 | -70,9877 | 66100 | 71,53 | 1104,17 | 1,50 | 2,60 | 1,74 | 2,95 | Buena |
| 68 | -17,2894 | -70,9857 | 67100 | 75,05 | 1119,00 | 1,67 | 3,10 | 1,62 | 2,94 | Buena |
| 69 | -17,2803 | -70,9850 | 68100 | 75,94 | 1129,50 | 1,78 | 3,15 | 1,80 | 3,45 | Buena |
| 70 | -17,2713 | -70,9850 | 69100 | 75,86 | 1146,50 | 1,86 | 3,60 | 1,74 | 3,16 | Buena |
| 71 | -17,2623 | -70,9858 | 70100 | 78,31 | 1160,50 | 1,52 | 3,40 | 1,68 | 3,37 | Buena |
| 72 | -17,2533 | -70,9871 | 71100 | 78,50 | 1178,50 | 1,70 | 3,19 | 1,74 | 3,26 | Buena |
| 73 | -17,2444 | -70,9864 | 72100 | 77,14 | 1199,67 | 1,80 | 3,61 | 2,02 | 3,72 | Buena |
| 74 | -17,2360 | -70,9832 | 73100 | 73,60 | 1217,67 | 1,44 | 2,11 | 1,75 | 3,29 | Buena |
| 75 | -17,2282 | -70,9788 | 74100 | 63,07 | 1234,67 | 2,03 | 4,09 | 2,04 | 3,97 | Buena |
| 76 | -17,2210 | -70,9732 | 75100 | 74,88 | 1259,00 | 1,95 | 4,11 | 2,45 | 3,99 | Satisfactoria |

Figura 29
 Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, primera muestra – carril derecho

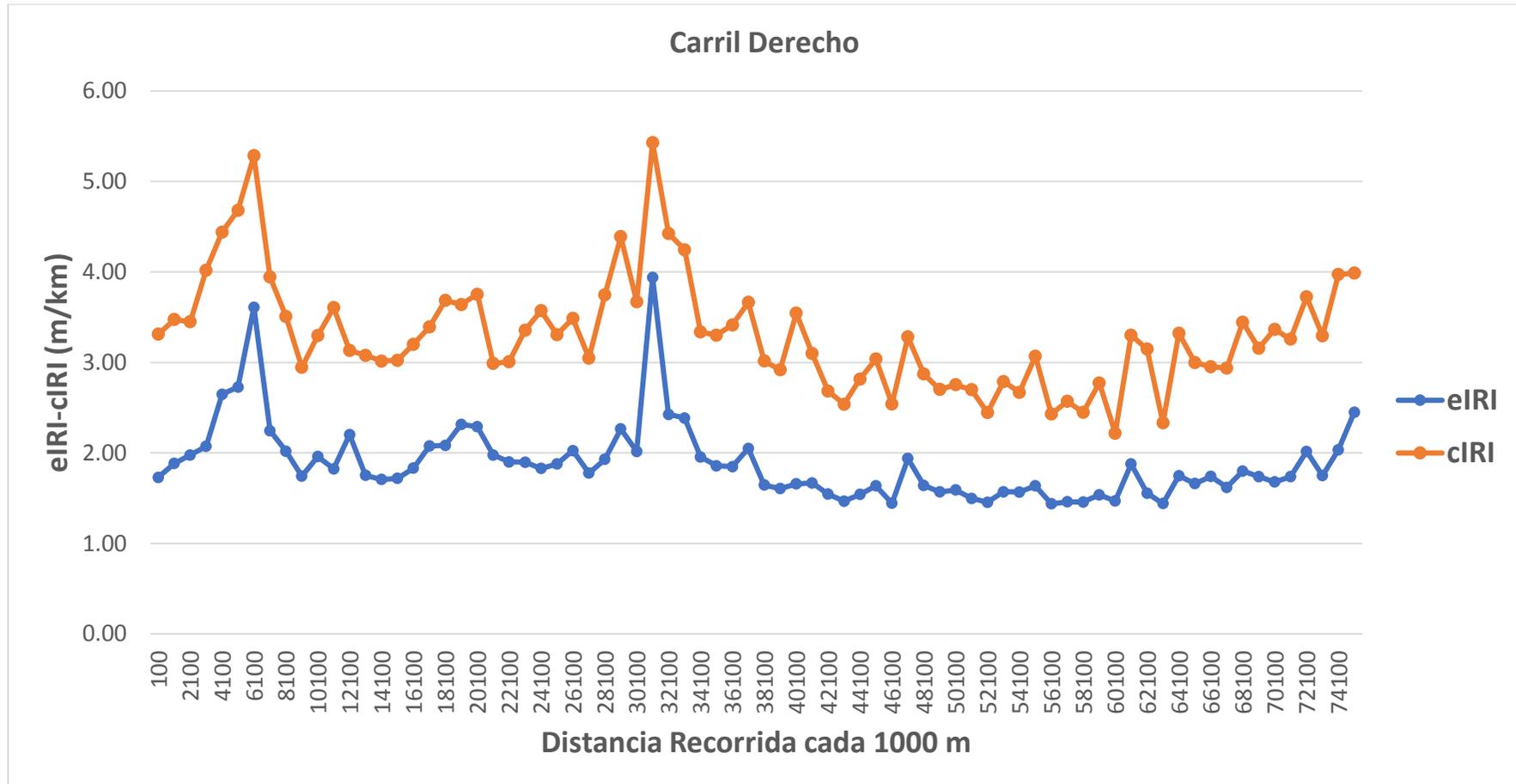


Figura 30

Perfil longitudinal, primera muestra – carril derecho

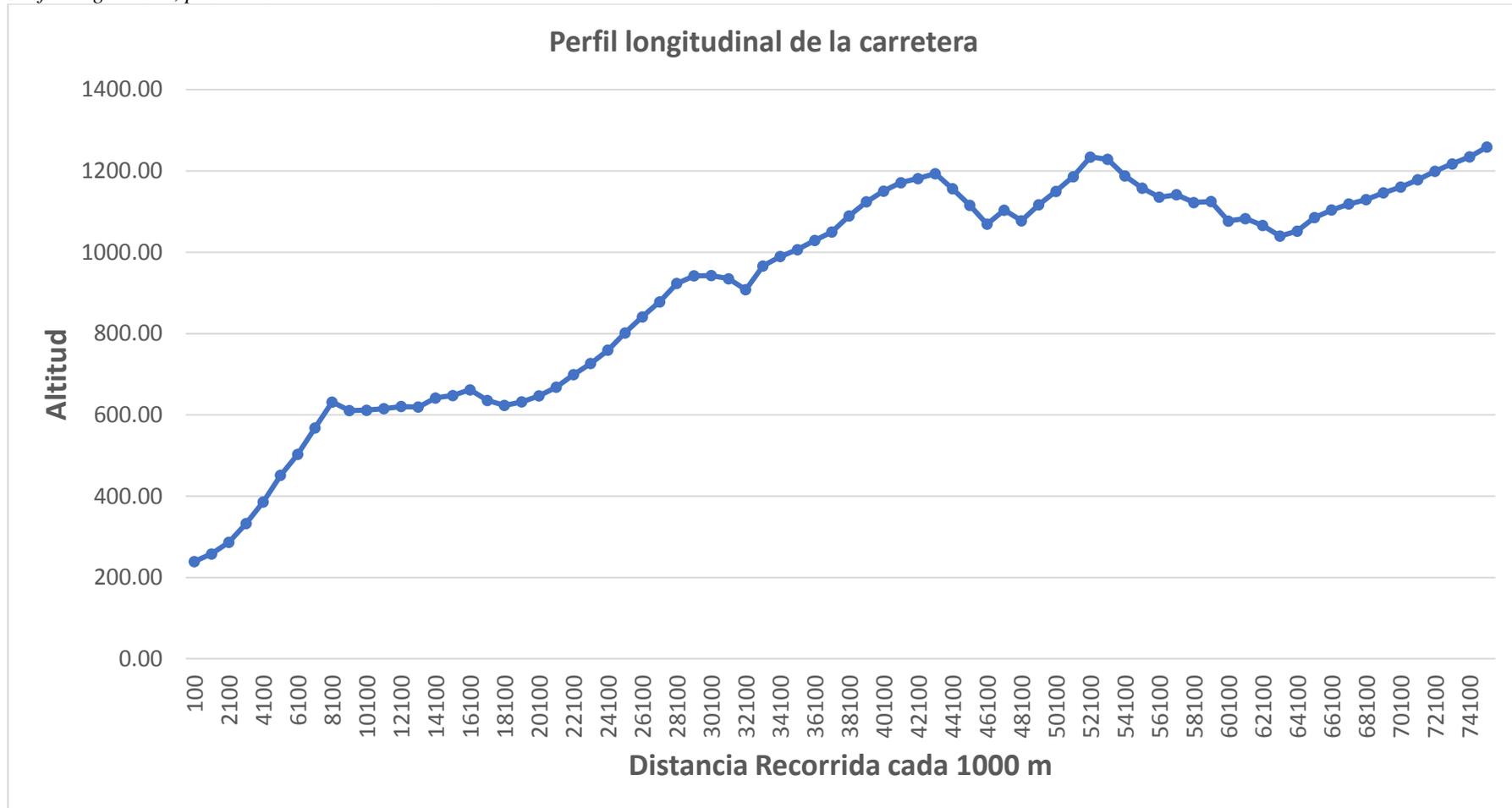


Tabla 4*Resumen de datos – primera muestra – carril izquierdo*

| Tramo | Latitudo | Longitudo | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | -17,2114 | -70,9678 | 100 | 66,29 | 1286,00 | 1,45 | 2,00 | 3,02 | 4,27 | Satisfactoria |
| 2 | -17,2194 | -70,9719 | 1100 | 72,64 | 1260,00 | 2,44 | 4,89 | 3,30 | 4,94 | Satisfactoria |
| 3 | -17,2268 | -70,9777 | 2100 | 78,78 | 1236,20 | 3,12 | 4,71 | 3,10 | 4,73 | Satisfactoria |
| 4 | -17,2344 | -70,9823 | 3100 | 79,48 | 1215,67 | 3,19 | 4,27 | 3,55 | 5,28 | Satisfactoria |
| 5 | -17,2425 | -70,9861 | 4100 | 70,56 | 1199,00 | 2,70 | 4,88 | 2,42 | 4,14 | Satisfactoria |
| 6 | -17,2515 | -70,9872 | 5100 | 77,33 | 1182,17 | 2,52 | 4,43 | 2,82 | 4,73 | Satisfactoria |
| 7 | -17,2604 | -70,9861 | 6100 | 74,13 | 1163,00 | 3,04 | 4,25 | 2,77 | 4,41 | Satisfactoria |
| 8 | -17,2695 | -70,9850 | 7100 | 77,47 | 1147,50 | 3,44 | 5,71 | 3,07 | 4,83 | Satisfactoria |
| 9 | -17,2784 | -70,9851 | 8100 | 74,03 | 1129,83 | 2,19 | 3,47 | 2,53 | 4,30 | Satisfactoria |
| 10 | -17,2876 | -70,9852 | 9100 | 77,90 | 1117,33 | 2,04 | 4,28 | 2,44 | 4,35 | Satisfactoria |
| 11 | -17,2961 | -70,9868 | 10100 | 64,97 | 1104,43 | 2,57 | 4,37 | 2,34 | 3,85 | Satisfactoria |
| 12 | -17,3044 | -70,9884 | 11100 | 65,12 | 1090,00 | 3,88 | 4,59 | 2,67 | 4,20 | Satisfactoria |
| 13 | -17,3133 | -70,9894 | 12100 | 66,55 | 1060,43 | 2,51 | 3,77 | 2,06 | 3,20 | Buena |
| 14 | -17,3225 | -70,9893 | 13100 | 73,62 | 1042,83 | 1,88 | 2,83 | 2,09 | 3,60 | Buena |
| 15 | -17,3314 | -70,9892 | 14100 | 70,85 | 1059,17 | 1,83 | 3,44 | 1,80 | 2,99 | Buena |
| 16 | -17,3404 | -70,9890 | 15100 | 71,74 | 1088,00 | 1,58 | 2,48 | 1,75 | 3,00 | Buena |
| 17 | -17,3495 | -70,9877 | 16100 | 67,18 | 1069,67 | 1,81 | 2,71 | 2,08 | 3,15 | Buena |
| 18 | -17,3546 | -70,9945 | 17100 | 67,95 | 1118,33 | 2,55 | 3,10 | 1,98 | 3,07 | Buena |
| 19 | -17,3621 | -70,9927 | 18100 | 76,81 | 1121,80 | 2,38 | 3,51 | 1,86 | 3,01 | Buena |
| 20 | -17,3705 | -70,9956 | 19100 | 71,26 | 1137,50 | 1,92 | 3,41 | 1,99 | 3,48 | Buena |
| 21 | -17,3778 | -71,0007 | 20100 | 72,79 | 1130,00 | 2,25 | 3,17 | 2,40 | 3,50 | Satisfactoria |
| 22 | -17,3834 | -71,0061 | 21100 | 61,37 | 1151,71 | 1,99 | 3,29 | 2,23 | 3,10 | Satisfactoria |
| 23 | -17,3897 | -71,0114 | 22100 | 49,98 | 1180,56 | 1,98 | 2,94 | 1,93 | 2,88 | Buena |
| 24 | -17,3944 | -71,0192 | 23100 | 52,80 | 1218,00 | 1,95 | 3,53 | 1,80 | 2,17 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-------------------------|
| 25 | -17,4014 | -71,0251 | 24100 | 38,96 | 1242,20 | 1,76 | 2,00 | 1,84 | 2,41 | Buena |
| 26 | -17,4044 | -71,0324 | 25100 | 60,65 | 1190,00 | 1,62 | 2,08 | 1,99 | 3,26 | Buena |
| 27 | -17,4069 | -71,0410 | 26100 | 79,39 | 1150,60 | 1,90 | 3,17 | 1,92 | 3,30 | Buena |
| 28 | -17,4144 | -71,0447 | 27100 | 81,77 | 1120,17 | 1,94 | 3,14 | 2,04 | 3,60 | Buena |
| 29 | -17,4227 | -71,0488 | 28100 | 74,42 | 1086,17 | 2,36 | 4,59 | 2,53 | 4,10 | Satisfactoria |
| 30 | -17,4317 | -71,0480 | 29100 | 74,47 | 1105,67 | 2,81 | 4,45 | 2,27 | 3,60 | Satisfactoria |
| 31 | -17,4401 | -71,0508 | 30100 | 77,64 | 1073,00 | 1,77 | 3,30 | 1,98 | 3,47 | Buena |
| 32 | -17,4490 | -71,0522 | 31100 | 66,31 | 1108,33 | 2,47 | 4,15 | 1,92 | 3,35 | Buena |
| 33 | -17,4579 | -71,0524 | 32100 | 80,60 | 1153,00 | 1,93 | 3,47 | 1,91 | 3,42 | Buena |
| 34 | -17,4656 | -71,0574 | 33100 | 71,31 | 1183,00 | 2,91 | 4,69 | 2,39 | 3,95 | Satisfactoria |
| 35 | -17,4728 | -71,0629 | 34100 | 76,75 | 1186,33 | 2,33 | 4,41 | 2,36 | 4,01 | Satisfactoria |
| 36 | -17,4815 | -71,0658 | 35100 | 83,25 | 1174,00 | 2,26 | 4,29 | 2,60 | 4,53 | Satisfactoria |
| 37 | -17,4894 | -71,0702 | 36100 | 79,23 | 1148,20 | 3,27 | 5,52 | 2,65 | 4,76 | Satisfactoria |
| 38 | -17,4973 | -71,0741 | 37100 | 79,96 | 1127,17 | 2,12 | 3,49 | 2,18 | 3,78 | Buena |
| 39 | -17,5063 | -71,0737 | 38100 | 71,15 | 1096,17 | 2,12 | 3,41 | 2,69 | 4,42 | Satisfactoria |
| 40 | -17,5150 | -71,0746 | 39100 | 74,67 | 1047,33 | 4,76 | 7,19 | 3,14 | 5,26 | Satisfactoria |
| 41 | -17,5218 | -71,0800 | 40100 | 75,38 | 1030,83 | 2,90 | 4,39 | 3,09 | 4,28 | Satisfactoria |
| 42 | -17,5307 | -71,0815 | 41100 | 73,22 | 1007,17 | 2,20 | 3,17 | 3,03 | 4,57 | Satisfactoria |
| 43 | -17,5396 | -71,0831 | 42100 | 75,60 | 988,50 | 3,14 | 4,67 | 3,09 | 4,45 | Satisfactoria |
| 44 | -17,5487 | -71,0844 | 43100 | 71,14 | 975,33 | 2,89 | 6,28 | 4,88 | 6,81 | No Satisfactoria |
| 45 | -17,5561 | -71,0871 | 44100 | 78,57 | 904,40 | 2,69 | 4,86 | 3,90 | 5,23 | No Satisfactoria |
| 46 | -17,5582 | -71,0960 | 45100 | 69,18 | 921,71 | 4,82 | 5,84 | 3,74 | 5,44 | Satisfactoria |
| 47 | -17,5641 | -71,1032 | 46100 | 77,05 | 940,33 | 3,41 | 4,86 | 3,99 | 5,61 | No Satisfactoria |
| 48 | -17,5709 | -71,1091 | 47100 | 75,51 | 935,83 | 2,22 | 3,94 | 2,96 | 4,50 | Satisfactoria |
| 49 | -17,5778 | -71,1157 | 48100 | 73,70 | 920,20 | 3,83 | 4,74 | 2,68 | 4,21 | Satisfactoria |
| 50 | -17,5828 | -71,1232 | 49100 | 87,36 | 881,20 | 4,51 | 5,45 | 2,74 | 4,05 | Satisfactoria |
| 51 | -17,5874 | -71,1312 | 50100 | 78,73 | 841,17 | 2,50 | 4,07 | 2,51 | 4,00 | Satisfactoria |
| 52 | -17,5909 | -71,1398 | 51100 | 76,91 | 802,17 | 3,12 | 5,11 | 3,00 | 4,82 | Satisfactoria |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|--------|------|------|------|------|-------------------------|
| 53 | -17,5955 | -71,1474 | 52100 | 77,58 | 755,00 | 2,45 | 3,63 | 2,76 | 4,39 | Satisfactoria |
| 54 | -17,6029 | -71,1533 | 53100 | 80,91 | 728,00 | 2,70 | 3,60 | 3,16 | 4,51 | Satisfactoria |
| 55 | -17,6102 | -71,1590 | 54100 | 75,61 | 695,40 | 2,99 | 4,04 | 2,50 | 4,10 | Satisfactoria |
| 56 | -17,6169 | -71,1652 | 55100 | 76,89 | 670,40 | 2,46 | 4,14 | 3,96 | 5,25 | No Satisfactoria |
| 57 | -17,6205 | -71,1736 | 56100 | 82,96 | 646,20 | 3,00 | 4,75 | 3,78 | 5,02 | Satisfactoria |
| 58 | -17,6242 | -71,1822 | 57100 | 76,26 | 625,67 | 2,66 | 4,44 | 3,88 | 5,39 | No Satisfactoria |
| 59 | -17,6289 | -71,1898 | 58100 | 75,14 | 628,67 | 2,75 | 3,87 | 3,29 | 4,77 | Satisfactoria |
| 60 | -17,6332 | -71,1965 | 59100 | 63,02 | 622,43 | 1,81 | 3,22 | 2,36 | 3,47 | Satisfactoria |
| 61 | -17,6357 | -71,2044 | 60100 | 71,44 | 652,50 | 2,46 | 3,19 | 2,65 | 4,14 | Satisfactoria |
| 62 | -17,6429 | -71,2098 | 61100 | 74,83 | 643,17 | 1,97 | 3,75 | 2,54 | 4,13 | Satisfactoria |
| 63 | -17,6507 | -71,2151 | 62100 | 78,67 | 639,80 | 2,01 | 3,46 | 2,05 | 3,30 | Buena |
| 64 | -17,6586 | -71,2193 | 63100 | 74,38 | 616,17 | 3,30 | 5,03 | 2,67 | 3,81 | Satisfactoria |
| 65 | -17,6668 | -71,2235 | 64100 | 79,29 | 613,20 | 3,08 | 6,33 | 3,73 | 5,44 | Satisfactoria |
| 66 | -17,6746 | -71,2277 | 65100 | 73,75 | 612,83 | 4,71 | 6,87 | 3,97 | 5,45 | No Satisfactoria |
| 67 | -17,6817 | -71,2339 | 66100 | 73,40 | 609,50 | 2,67 | 3,26 | 3,31 | 4,55 | Satisfactoria |
| 68 | -17,6885 | -71,2401 | 67100 | 76,49 | 598,67 | 4,02 | 4,56 | 3,44 | 4,99 | Satisfactoria |
| 69 | -17,6952 | -71,2462 | 68100 | 72,93 | 633,33 | 3,14 | 4,57 | 3,87 | 5,49 | No Satisfactoria |
| 70 | -17,6967 | -71,2549 | 69100 | 77,29 | 569,00 | 4,13 | 6,81 | 3,78 | 5,35 | Satisfactoria |
| 71 | -17,6935 | -71,2636 | 70100 | 83,74 | 504,20 | 4,64 | 5,19 | 4,23 | 5,92 | No Satisfactoria |
| 72 | -17,6894 | -71,2719 | 71100 | 80,17 | 447,83 | 4,63 | 6,42 | 4,26 | 6,08 | No Satisfactoria |
| 73 | -17,6878 | -71,2809 | 72100 | 81,52 | 384,67 | 5,80 | 5,99 | 4,68 | 6,13 | No Satisfactoria |
| 74 | -17,6854 | -71,2892 | 73100 | 76,07 | 331,33 | 4,70 | 7,24 | 3,88 | 5,71 | No Satisfactoria |
| 75 | -17,6771 | -71,2927 | 74100 | 77,18 | 289,17 | 2,99 | 5,06 | 2,96 | 4,60 | Satisfactoria |
| 76 | -17,6679 | -71,2936 | 75100 | 73,26 | 255,67 | 2,30 | 3,52 | 2,62 | 4,07 | Satisfactoria |

Figura 31

Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, primera muestra – carril izquierdo

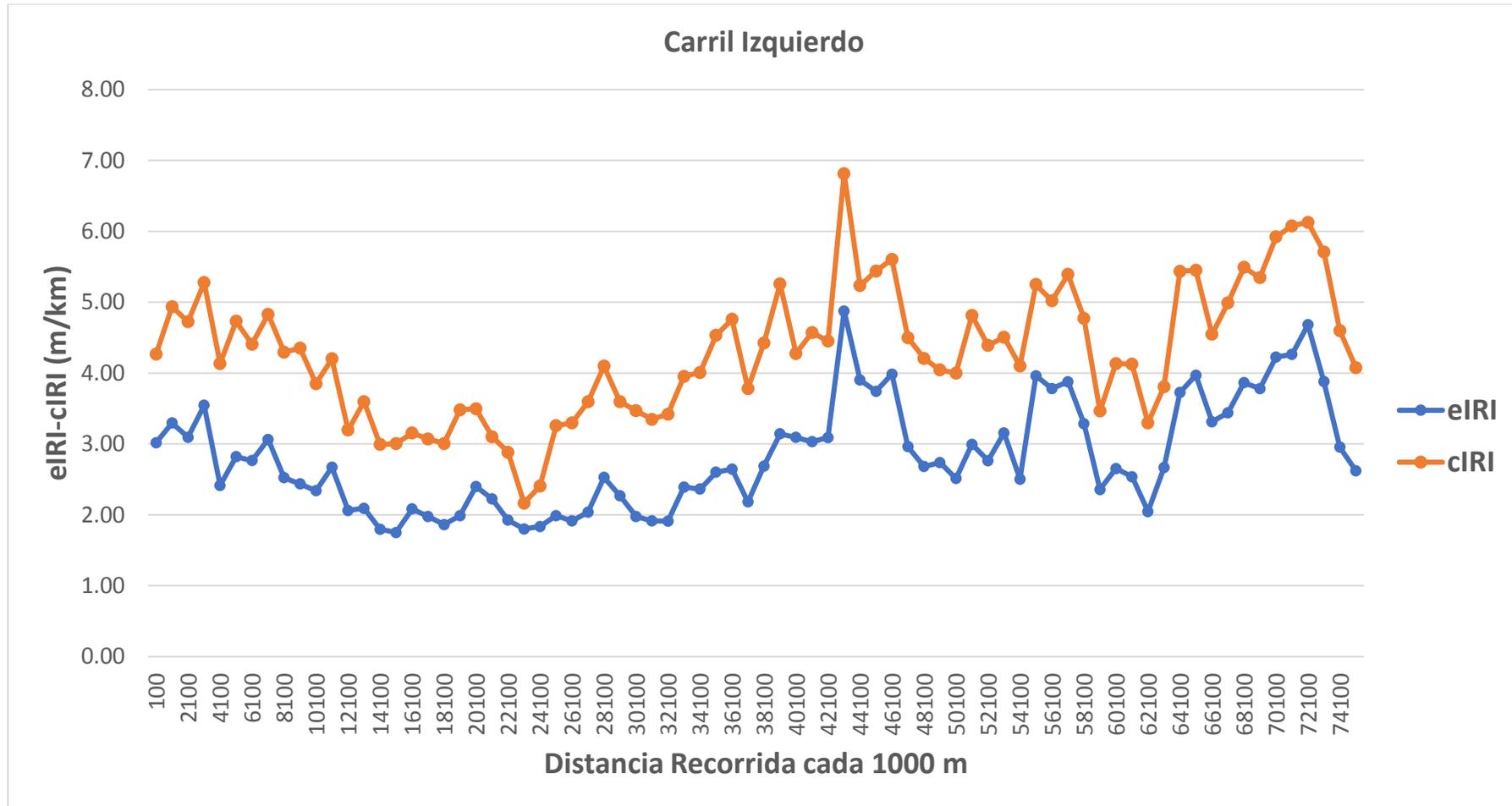


Figura 32

Perfil longitudinal, primera muestra – carril izquierdo

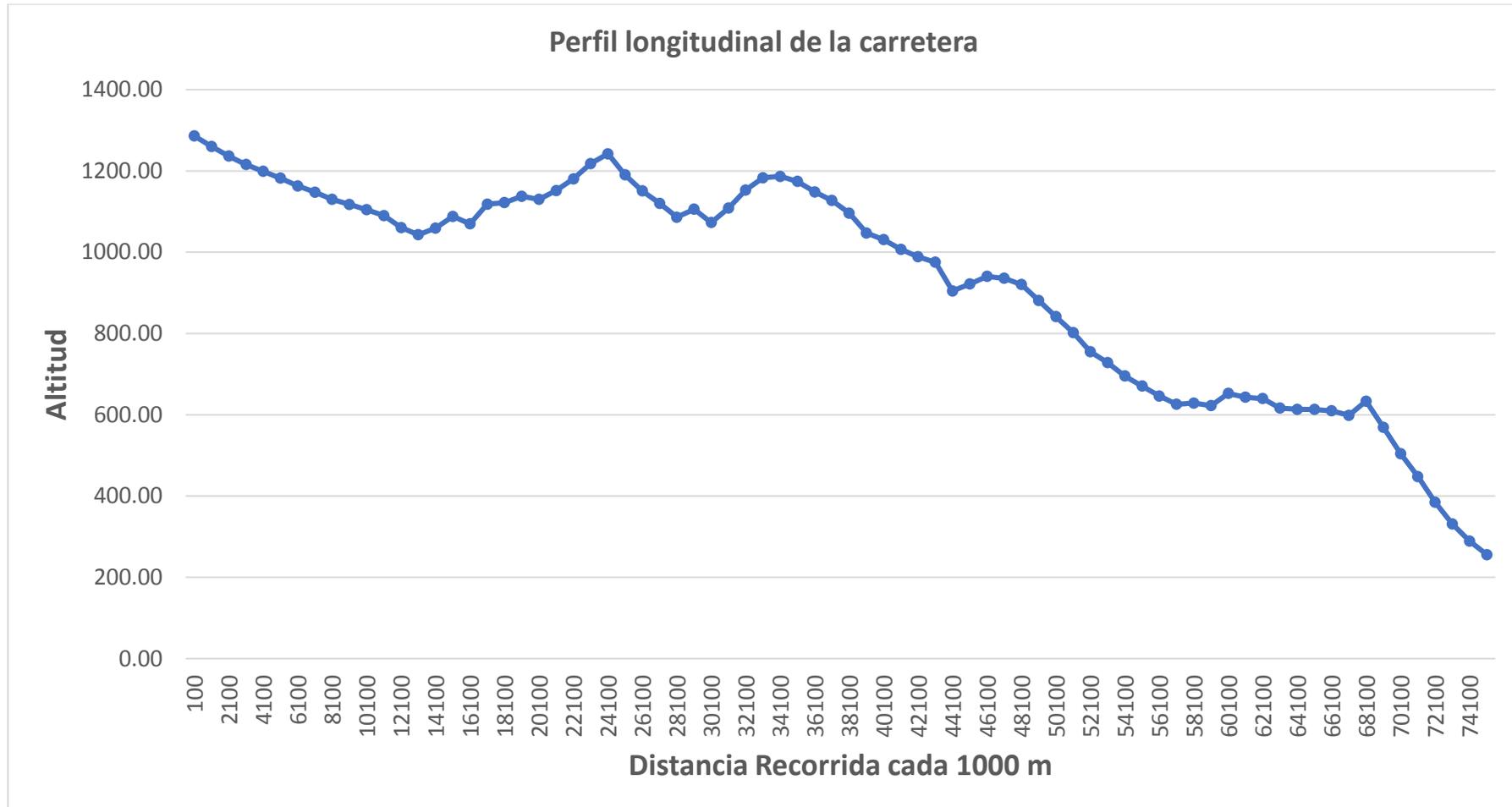


Tabla 5*Resumen de datos – segunda muestra – carril derecho*

| Tramo | Latitudo | Longitudo | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | -17,6622 | -71,3006 | 100 | 69,36 | 235,00 | 1,74 | 2,51 | 2,10 | 3,39 | Buena |
| 2 | -17,6662 | -71,2936 | 1100 | 75,74 | 255,50 | 2,55 | 3,75 | 2,68 | 4,27 | Satisfactoria |
| 3 | -17,6753 | -71,2930 | 2100 | 78,67 | 281,83 | 2,53 | 4,63 | 2,66 | 4,62 | Satisfactoria |
| 4 | -17,6839 | -71,2903 | 3100 | 68,25 | 327,17 | 2,33 | 4,00 | 3,24 | 4,79 | Satisfactoria |
| 5 | -17,6878 | -71,2828 | 4100 | 74,43 | 377,00 | 5,38 | 6,83 | 4,01 | 5,87 | No Satisfactoria |
| 6 | -17,6888 | -71,2737 | 5100 | 68,84 | 440,67 | 4,73 | 5,84 | 4,03 | 5,82 | No Satisfactoria |
| 7 | -17,6927 | -71,2653 | 6100 | 75,17 | 496,83 | 4,80 | 6,64 | 4,86 | 6,38 | No Satisfactoria |
| 8 | -17,6965 | -71,2566 | 7100 | 67,46 | 560,00 | 2,53 | 6,10 | 2,68 | 4,49 | Satisfactoria |
| 9 | -17,6966 | -71,2476 | 8100 | 65,09 | 623,29 | 1,81 | 3,34 | 2,39 | 3,67 | Satisfactoria |
| 10 | -17,6897 | -71,2412 | 9100 | 77,65 | 612,40 | 1,87 | 2,99 | 2,32 | 3,66 | Satisfactoria |
| 11 | -17,6831 | -71,2351 | 10100 | 69,14 | 606,43 | 1,95 | 3,29 | 2,36 | 3,68 | Satisfactoria |
| 12 | -17,6763 | -71,2288 | 11100 | 79,37 | 613,00 | 2,03 | 3,83 | 2,46 | 4,13 | Satisfactoria |
| 13 | -17,6684 | -71,2244 | 12100 | 71,39 | 613,83 | 2,59 | 4,13 | 2,18 | 3,39 | Buena |
| 14 | -17,6601 | -71,2200 | 13100 | 39,69 | 610,11 | 1,76 | 1,90 | 1,89 | 3,25 | Buena |
| 15 | -17,6521 | -71,2158 | 14100 | 73,82 | 632,50 | 1,69 | 3,02 | 1,83 | 3,30 | Buena |
| 16 | -17,6444 | -71,2109 | 15100 | 81,82 | 641,00 | 2,40 | 3,34 | 2,16 | 3,46 | Buena |
| 17 | -17,6372 | -71,2055 | 16100 | 84,56 | 658,40 | 3,99 | 5,03 | 2,42 | 3,85 | Satisfactoria |
| 18 | -17,6329 | -71,1984 | 17100 | 69,26 | 627,50 | 2,06 | 3,01 | 2,57 | 3,66 | Satisfactoria |
| 19 | -17,6307 | -71,1905 | 18100 | 61,34 | 618,17 | 1,88 | 3,38 | 2,79 | 4,77 | Satisfactoria |
| 20 | -17,6250 | -71,1840 | 19100 | 74,59 | 630,40 | 2,30 | 4,17 | 2,89 | 4,22 | Satisfactoria |
| 21 | -17,6212 | -71,1752 | 20100 | 74,03 | 639,83 | 1,87 | 3,82 | 3,34 | 4,97 | Satisfactoria |
| 22 | -17,6175 | -71,1666 | 21100 | 80,16 | 664,60 | 4,73 | 4,75 | 2,70 | 4,04 | Satisfactoria |
| 23 | -17,6114 | -71,1600 | 22100 | 79,88 | 692,40 | 2,58 | 3,92 | 2,58 | 3,91 | Satisfactoria |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-------------------------|
| 24 | -17,6044 | -71,1544 | 23100 | 76,11 | 722,00 | 2,38 | 4,63 | 2,83 | 4,35 | Satisfactoria |
| 25 | -17,5970 | -71,1486 | 24100 | 72,24 | 753,67 | 2,24 | 4,01 | 2,16 | 3,85 | Buena |
| 26 | -17,5914 | -71,1417 | 25100 | 68,45 | 794,00 | 2,17 | 3,99 | 2,48 | 3,96 | Satisfactoria |
| 27 | -17,5884 | -71,1328 | 26100 | 74,68 | 838,17 | 1,99 | 3,36 | 2,96 | 4,19 | Satisfactoria |
| 28 | -17,5838 | -71,1250 | 27100 | 77,53 | 873,60 | 3,13 | 3,57 | 2,25 | 3,69 | Satisfactoria |
| 29 | -17,5790 | -71,1170 | 28100 | 80,69 | 918,20 | 2,26 | 5,28 | 2,72 | 4,47 | Satisfactoria |
| 30 | -17,5723 | -71,1105 | 29100 | 73,99 | 938,33 | 1,95 | 3,57 | 3,35 | 5,14 | Satisfactoria |
| 31 | -17,5655 | -71,1045 | 30100 | 71,89 | 938,50 | 2,72 | 3,41 | 2,62 | 4,16 | Satisfactoria |
| 32 | -17,5592 | -71,0976 | 31100 | 78,90 | 932,50 | 5,76 | 6,28 | 5,08 | 7,06 | No Satisfactoria |
| 33 | -17,5564 | -71,0888 | 32100 | 80,76 | 904,80 | 2,25 | 3,95 | 3,21 | 4,85 | Satisfactoria |
| 34 | -17,5505 | -71,0836 | 33100 | 50,54 | 963,38 | 2,96 | 4,02 | 3,00 | 4,74 | Satisfactoria |
| 35 | -17,5417 | -71,0835 | 34100 | 81,60 | 984,20 | 2,36 | 3,43 | 2,52 | 4,26 | Satisfactoria |
| 36 | -17,5328 | -71,0819 | 35100 | 77,30 | 1000,67 | 2,04 | 3,34 | 2,53 | 3,85 | Satisfactoria |
| 37 | -17,5239 | -71,0803 | 36100 | 79,93 | 1023,60 | 2,85 | 4,22 | 2,58 | 4,43 | Satisfactoria |
| 38 | -17,5161 | -71,0760 | 37100 | 81,32 | 1047,17 | 4,63 | 6,33 | 2,85 | 4,42 | Satisfactoria |
| 39 | -17,5084 | -71,0736 | 38100 | 60,02 | 1086,86 | 1,97 | 3,02 | 1,94 | 3,63 | Buena |
| 40 | -17,4992 | -71,0740 | 39100 | 81,17 | 1121,80 | 1,93 | 3,71 | 1,82 | 3,42 | Buena |
| 41 | -17,4908 | -71,0711 | 40100 | 78,24 | 1152,00 | 1,82 | 4,50 | 2,00 | 3,86 | Buena |
| 42 | -17,4832 | -71,0664 | 41100 | 80,90 | 1169,80 | 1,97 | 3,43 | 2,08 | 3,65 | Buena |
| 43 | -17,4746 | -71,0635 | 42100 | 80,04 | 1183,60 | 2,39 | 3,76 | 1,93 | 2,92 | Buena |
| 44 | -17,4670 | -71,0582 | 43100 | 71,90 | 1196,00 | 1,84 | 3,27 | 1,73 | 2,97 | Buena |
| 45 | -17,4593 | -71,0533 | 44100 | 80,80 | 1156,00 | 1,56 | 2,91 | 1,98 | 3,51 | Buena |
| 46 | -17,4506 | -71,0520 | 45100 | 77,62 | 1117,40 | 1,94 | 4,31 | 1,91 | 3,57 | Buena |
| 47 | -17,4418 | -71,0513 | 46100 | 71,87 | 1071,17 | 2,03 | 4,45 | 1,75 | 2,90 | Buena |
| 48 | -17,4334 | -71,0482 | 47100 | 61,81 | 1103,14 | 1,51 | 1,84 | 2,20 | 3,51 | Satisfactoria |
| 49 | -17,4243 | -71,0490 | 48100 | 75,25 | 1074,50 | 2,27 | 2,98 | 1,97 | 3,36 | Buena |
| 50 | -17,4163 | -71,0455 | 49100 | 71,44 | 1111,83 | 1,90 | 3,06 | 1,85 | 3,22 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|----------------------|
| 51 | -17,4077 | -71,0423 | 50100 | 75,79 | 1145,83 | 1,83 | 3,92 | 1,82 | 3,38 | Buena |
| 52 | -17,4039 | -71,0341 | 51100 | 72,89 | 1178,83 | 2,06 | 3,08 | 1,74 | 2,83 | Buena |
| 53 | -17,4019 | -71,0267 | 52100 | 69,06 | 1231,83 | 1,77 | 3,81 | 1,80 | 3,13 | Buena |
| 54 | -17,3958 | -71,0203 | 53100 | 80,51 | 1226,17 | 1,74 | 3,59 | 1,79 | 3,06 | Buena |
| 55 | -17,3900 | -71,0132 | 54100 | 74,98 | 1186,33 | 1,73 | 2,94 | 1,76 | 2,92 | Buena |
| 56 | -17,3846 | -71,0072 | 55100 | 63,84 | 1155,00 | 2,06 | 2,42 | 2,38 | 3,52 | Satisfactoria |
| 57 | -17,3786 | -71,0023 | 56100 | 61,61 | 1134,43 | 1,94 | 3,26 | 1,73 | 2,93 | Buena |
| 58 | -17,3718 | -70,9967 | 57100 | 69,82 | 1137,17 | 1,97 | 2,45 | 1,79 | 2,90 | Buena |
| 59 | -17,3636 | -70,9929 | 58100 | 81,12 | 1120,00 | 1,99 | 3,88 | 1,78 | 2,81 | Buena |
| 60 | -17,3561 | -70,9954 | 59100 | 78,49 | 1124,20 | 1,80 | 2,99 | 1,91 | 2,83 | Buena |
| 61 | -17,3503 | -70,9892 | 60100 | 75,23 | 1076,17 | 2,20 | 3,20 | 1,86 | 2,99 | Buena |
| 62 | -17,3423 | -70,9888 | 61100 | 60,44 | 1077,71 | 1,64 | 2,34 | 2,46 | 4,09 | Satisfactoria |
| 63 | -17,3334 | -70,9891 | 62100 | 72,11 | 1062,00 | 1,67 | 3,41 | 1,73 | 2,69 | Buena |
| 64 | -17,3241 | -70,9893 | 63100 | 77,35 | 1038,17 | 1,84 | 3,19 | 1,73 | 2,69 | Buena |
| 65 | -17,3153 | -70,9894 | 64100 | 71,53 | 1052,33 | 1,62 | 2,69 | 2,20 | 3,55 | Buena |
| 66 | -17,3062 | -70,9884 | 65100 | 68,77 | 1079,83 | 2,41 | 4,52 | 2,01 | 3,02 | Buena |
| 67 | -17,2974 | -70,9877 | 66100 | 47,69 | 1099,38 | 1,70 | 2,52 | 2,22 | 2,95 | Satisfactoria |
| 68 | -17,2894 | -70,9857 | 67100 | 50,21 | 1113,89 | 2,30 | 3,08 | 2,03 | 3,32 | Buena |
| 69 | -17,2803 | -70,9850 | 68100 | 67,24 | 1123,83 | 1,79 | 3,39 | 2,05 | 3,28 | Buena |
| 70 | -17,2713 | -70,9850 | 69100 | 61,63 | 1142,00 | 1,86 | 2,74 | 2,20 | 3,45 | Buena |
| 71 | -17,2623 | -70,9858 | 70100 | 66,58 | 1156,83 | 1,72 | 2,56 | 2,17 | 3,47 | Buena |
| 72 | -17,2533 | -70,9871 | 71100 | 74,74 | 1172,33 | 1,92 | 3,21 | 2,23 | 4,29 | Satisfactoria |
| 73 | -17,2444 | -70,9864 | 72100 | 80,15 | 1192,50 | 2,55 | 4,07 | 3,08 | 4,49 | Satisfactoria |
| 74 | -17,2360 | -70,9832 | 73100 | 78,26 | 1212,80 | 2,43 | 3,51 | 2,59 | 4,26 | Satisfactoria |
| 75 | -17,2282 | -70,9788 | 74100 | 77,05 | 1232,00 | 2,64 | 5,40 | 2,96 | 5,45 | Satisfactoria |
| 76 | -17,2210 | -70,9732 | 75100 | 60,47 | 1254,33 | 2,56 | 4,54 | 3,08 | 5,02 | Satisfactoria |

Figura 33

Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, segunda muestra – carril derecho

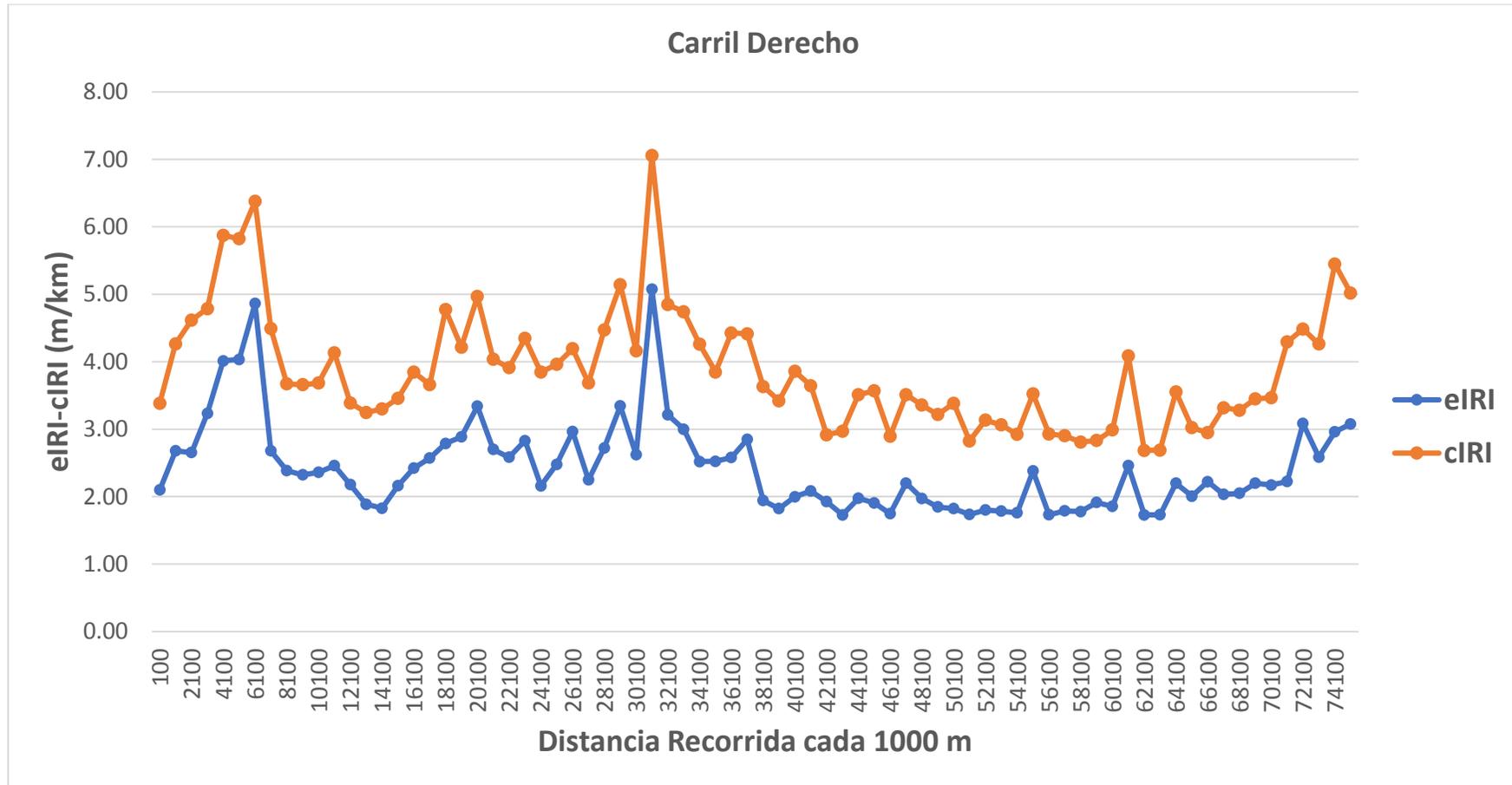


Figura 34

Perfil longitudinal, segunda muestra – carril derecho

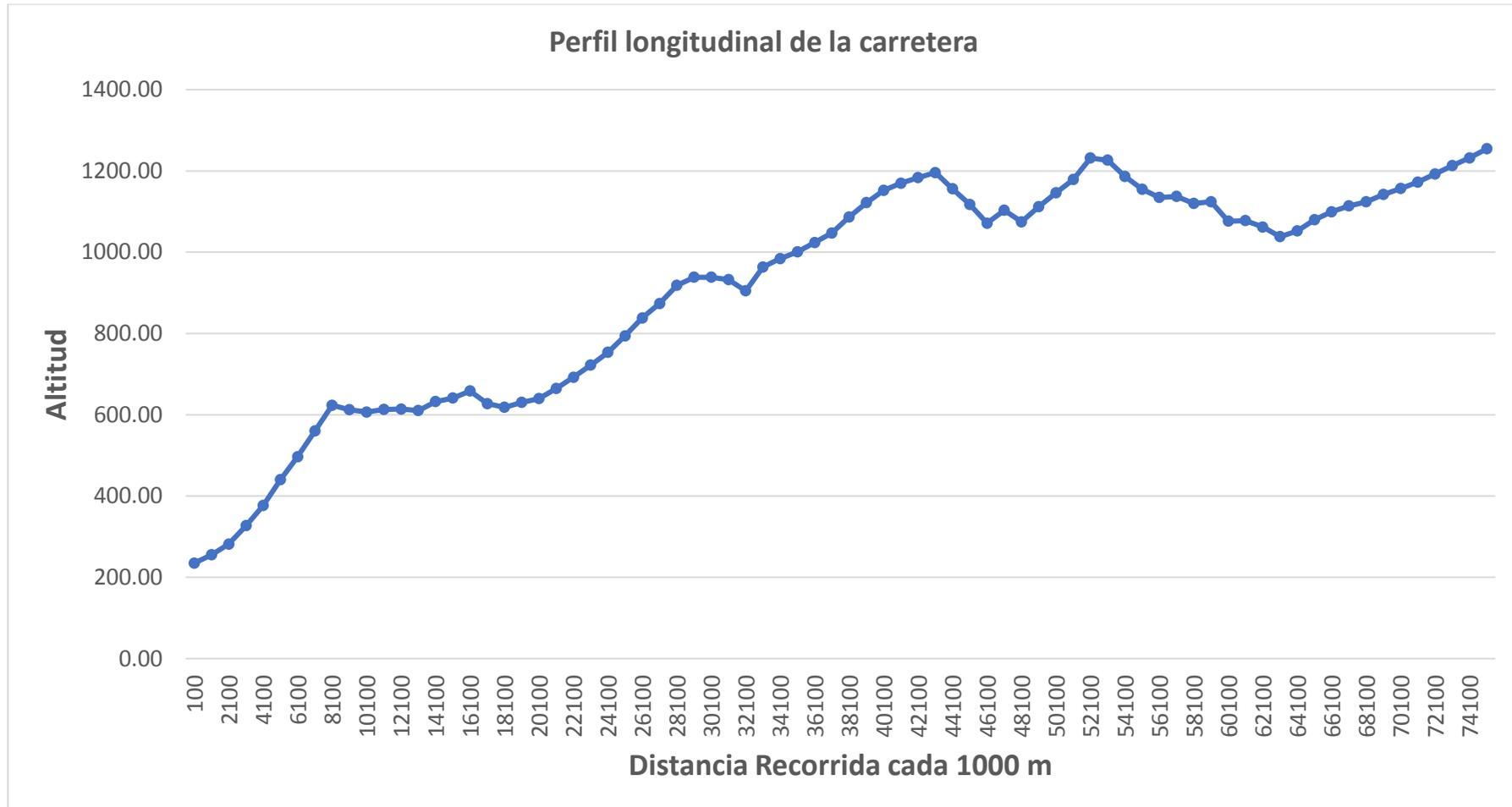


Tabla 6*Resumen de datos – segunda muestra – carril izquierdo*

| Tramo | Latitute | Longitute | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | -17,2114 | -70,9678 | 100 | 71,36 | 1283,50 | 1,91 | 4,29 | 3,89 | 5,12 | No Satisfactoria |
| 2 | -17,2194 | -70,9719 | 1100 | 72,61 | 1258,17 | 2,78 | 5,18 | 2,95 | 4,78 | Satisfactoria |
| 3 | -17,2268 | -70,9777 | 2100 | 71,75 | 1237,50 | 2,69 | 5,29 | 2,31 | 3,95 | Satisfactoria |
| 4 | -17,2344 | -70,9823 | 3100 | 79,35 | 1218,17 | 3,04 | 5,05 | 2,80 | 4,68 | Satisfactoria |
| 5 | -17,2425 | -70,9861 | 4100 | 71,93 | 1199,50 | 2,24 | 4,38 | 2,17 | 3,67 | Buena |
| 6 | -17,2515 | -70,9872 | 5100 | 73,04 | 1183,50 | 2,61 | 4,97 | 2,19 | 4,02 | Buena |
| 7 | -17,2604 | -70,9861 | 6100 | 69,35 | 1163,00 | 1,67 | 2,99 | 2,56 | 4,50 | Satisfactoria |
| 8 | -17,2695 | -70,9850 | 7100 | 70,40 | 1149,33 | 2,64 | 4,30 | 2,78 | 4,45 | Satisfactoria |
| 9 | -17,2784 | -70,9851 | 8100 | 71,20 | 1133,17 | 2,13 | 3,92 | 2,22 | 3,78 | Satisfactoria |
| 10 | -17,2876 | -70,9852 | 9100 | 73,10 | 1117,33 | 1,73 | 2,68 | 2,53 | 4,19 | Satisfactoria |
| 11 | -17,2961 | -70,9868 | 10100 | 67,16 | 1107,29 | 3,41 | 5,27 | 2,50 | 4,01 | Satisfactoria |
| 12 | -17,3044 | -70,9884 | 11100 | 69,82 | 1090,50 | 4,81 | 4,74 | 2,77 | 4,48 | Satisfactoria |
| 13 | -17,3133 | -70,9894 | 12100 | 77,28 | 1058,00 | 2,55 | 4,22 | 1,97 | 3,17 | Buena |
| 14 | -17,3225 | -70,9893 | 13100 | 73,41 | 1042,83 | 1,97 | 3,07 | 1,80 | 2,88 | Buena |
| 15 | -17,3314 | -70,9892 | 14100 | 71,36 | 1064,33 | 1,74 | 2,87 | 1,80 | 2,90 | Buena |
| 16 | -17,3404 | -70,9890 | 15100 | 75,27 | 1088,60 | 2,06 | 3,24 | 2,06 | 3,07 | Buena |
| 17 | -17,3495 | -70,9877 | 16100 | 68,87 | 1071,00 | 2,83 | 3,21 | 2,12 | 2,93 | Buena |
| 18 | -17,3546 | -70,9945 | 17100 | 57,73 | 1119,00 | 2,14 | 3,11 | 2,09 | 3,04 | Buena |
| 19 | -17,3621 | -70,9927 | 18100 | 63,56 | 1118,14 | 1,91 | 3,03 | 2,15 | 3,55 | Buena |
| 20 | -17,3705 | -70,9956 | 19100 | 76,53 | 1139,00 | 1,94 | 3,20 | 2,03 | 3,43 | Buena |
| 21 | -17,3778 | -71,0007 | 20100 | 66,38 | 1132,14 | 1,71 | 2,73 | 2,31 | 3,71 | Satisfactoria |
| 22 | -17,3834 | -71,0061 | 21100 | 60,16 | 1155,75 | 1,69 | 2,62 | 2,02 | 3,17 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-------------------------|
| 23 | -17,3897 | -71,0114 | 22100 | 70,18 | 1185,17 | 1,90 | 3,67 | 2,10 | 3,76 | Buena |
| 24 | -17,3944 | -71,0192 | 23100 | 79,20 | 1222,00 | 2,12 | 4,04 | 2,06 | 3,60 | Buena |
| 25 | -17,4014 | -71,0251 | 24100 | 84,01 | 1242,40 | 1,92 | 3,55 | 2,25 | 3,74 | Satisfactoria |
| 26 | -17,4044 | -71,0324 | 25100 | 87,09 | 1190,00 | 1,86 | 2,72 | 2,00 | 3,32 | Buena |
| 27 | -17,4069 | -71,0410 | 26100 | 74,02 | 1149,67 | 1,59 | 2,68 | 2,04 | 2,96 | Buena |
| 28 | -17,4144 | -71,0447 | 27100 | 78,63 | 1121,50 | 1,70 | 2,28 | 1,93 | 2,95 | Buena |
| 29 | -17,4227 | -71,0488 | 28100 | 67,87 | 1087,33 | 3,11 | 3,82 | 2,36 | 3,25 | Satisfactoria |
| 30 | -17,4317 | -71,0480 | 29100 | 50,72 | 1104,25 | 2,52 | 4,06 | 2,21 | 3,83 | Satisfactoria |
| 31 | -17,4401 | -71,0508 | 30100 | 84,53 | 1075,83 | 1,83 | 3,41 | 1,97 | 3,55 | Buena |
| 32 | -17,4490 | -71,0522 | 31100 | 68,20 | 1112,50 | 2,33 | 4,57 | 2,00 | 3,59 | Buena |
| 33 | -17,4579 | -71,0524 | 32100 | 82,14 | 1157,40 | 2,13 | 3,77 | 2,16 | 3,98 | Buena |
| 34 | -17,4656 | -71,0574 | 33100 | 82,31 | 1188,83 | 2,42 | 4,72 | 2,39 | 4,11 | Satisfactoria |
| 35 | -17,4728 | -71,0629 | 34100 | 87,70 | 1190,60 | 1,85 | 3,19 | 2,18 | 3,53 | Buena |
| 36 | -17,4815 | -71,0658 | 35100 | 81,78 | 1176,00 | 2,07 | 3,69 | 2,40 | 4,29 | Satisfactoria |
| 37 | -17,4894 | -71,0702 | 36100 | 75,92 | 1153,20 | 3,18 | 5,93 | 2,39 | 4,17 | Satisfactoria |
| 38 | -17,4973 | -71,0741 | 37100 | 83,26 | 1130,00 | 2,02 | 3,54 | 2,23 | 3,90 | Satisfactoria |
| 39 | -17,5063 | -71,0737 | 38100 | 82,81 | 1097,50 | 2,35 | 3,71 | 2,85 | 4,28 | Satisfactoria |
| 40 | -17,5150 | -71,0746 | 39100 | 74,06 | 1049,50 | 4,91 | 6,25 | 4,05 | 5,59 | No Satisfactoria |
| 41 | -17,5218 | -71,0800 | 40100 | 78,33 | 1031,60 | 2,79 | 5,59 | 3,10 | 4,54 | Satisfactoria |
| 42 | -17,5307 | -71,0815 | 41100 | 76,97 | 1006,50 | 2,92 | 4,03 | 3,78 | 5,36 | Satisfactoria |
| 43 | -17,5396 | -71,0831 | 42100 | 76,48 | 989,33 | 2,75 | 4,42 | 3,09 | 4,48 | Satisfactoria |
| 44 | -17,5487 | -71,0844 | 43100 | 69,53 | 977,00 | 2,18 | 4,53 | 4,74 | 6,62 | No Satisfactoria |
| 45 | -17,5561 | -71,0871 | 44100 | 75,44 | 907,50 | 3,16 | 4,73 | 3,62 | 5,55 | Satisfactoria |
| 46 | -17,5582 | -71,0960 | 45100 | 75,33 | 928,40 | 5,41 | 5,91 | 3,65 | 5,30 | Satisfactoria |
| 47 | -17,5641 | -71,1032 | 46100 | 79,90 | 945,00 | 3,60 | 4,81 | 4,00 | 5,69 | No Satisfactoria |
| 48 | -17,5709 | -71,1091 | 47100 | 81,93 | 940,20 | 2,66 | 4,74 | 2,96 | 4,43 | Satisfactoria |
| 49 | -17,5778 | -71,1157 | 48100 | 77,50 | 923,67 | 3,38 | 4,94 | 2,88 | 4,31 | Satisfactoria |
| 50 | -17,5828 | -71,1232 | 49100 | 81,98 | 883,83 | 2,84 | 3,80 | 2,79 | 4,10 | Satisfactoria |
| 51 | -17,5874 | -71,1312 | 50100 | 78,05 | 848,00 | 2,39 | 3,40 | 2,93 | 3,94 | Satisfactoria |
| 52 | -17,5909 | -71,1398 | 51100 | 84,11 | 807,67 | 3,39 | 4,42 | 2,94 | 4,32 | Satisfactoria |
| 53 | -17,5955 | -71,1474 | 52100 | 75,80 | 761,00 | 2,61 | 4,67 | 2,60 | 4,24 | Satisfactoria |
| 54 | -17,6029 | -71,1533 | 53100 | 76,37 | 729,33 | 2,35 | 3,53 | 2,72 | 4,22 | Satisfactoria |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|--------|------|------|------|------|-------------------------|
| 55 | -17,6102 | -71,1590 | 54100 | 71,69 | 698,33 | 1,95 | 3,78 | 2,60 | 4,42 | Satisfactoria |
| 56 | -17,6169 | -71,1652 | 55100 | 75,77 | 673,20 | 3,04 | 4,15 | 3,57 | 5,10 | Satisfactoria |
| 57 | -17,6205 | -71,1736 | 56100 | 73,08 | 652,83 | 1,77 | 3,33 | 3,53 | 4,79 | Satisfactoria |
| 58 | -17,6242 | -71,1822 | 57100 | 75,02 | 632,50 | 3,02 | 3,97 | 3,99 | 5,38 | No Satisfactoria |
| 59 | -17,6289 | -71,1898 | 58100 | 84,64 | 629,60 | 4,61 | 5,80 | 2,94 | 4,38 | Satisfactoria |
| 60 | -17,6332 | -71,1965 | 59100 | 78,28 | 628,00 | 3,09 | 4,14 | 3,02 | 4,66 | Satisfactoria |
| 61 | -17,6357 | -71,2044 | 60100 | 82,20 | 654,80 | 3,67 | 4,96 | 2,81 | 4,53 | Satisfactoria |
| 62 | -17,6429 | -71,2098 | 61100 | 79,91 | 643,17 | 2,64 | 4,12 | 2,45 | 3,98 | Satisfactoria |
| 63 | -17,6507 | -71,2151 | 62100 | 80,69 | 637,60 | 2,12 | 3,18 | 2,35 | 3,92 | Satisfactoria |
| 64 | -17,6586 | -71,2193 | 63100 | 67,40 | 618,00 | 1,79 | 3,72 | 3,03 | 3,98 | Satisfactoria |
| 65 | -17,6668 | -71,2235 | 64100 | 72,96 | 616,67 | 3,35 | 5,38 | 3,97 | 5,82 | No Satisfactoria |
| 66 | -17,6746 | -71,2277 | 65100 | 71,90 | 614,50 | 4,80 | 8,66 | 3,84 | 6,13 | No Satisfactoria |
| 67 | -17,6817 | -71,2339 | 66100 | 73,73 | 611,83 | 2,61 | 3,50 | 2,98 | 4,30 | Satisfactoria |
| 68 | -17,6885 | -71,2401 | 67100 | 72,22 | 602,67 | 3,20 | 5,09 | 3,30 | 5,01 | Satisfactoria |
| 69 | -17,6952 | -71,2462 | 68100 | 85,74 | 633,60 | 4,34 | 6,17 | 3,94 | 5,20 | No Satisfactoria |
| 70 | -17,6967 | -71,2549 | 69100 | 80,61 | 569,67 | 5,01 | 6,28 | 4,19 | 5,57 | No Satisfactoria |
| 71 | -17,6935 | -71,2636 | 70100 | 81,68 | 505,20 | 5,50 | 5,91 | 3,99 | 5,40 | No Satisfactoria |
| 72 | -17,6894 | -71,2719 | 71100 | 81,54 | 451,20 | 4,93 | 6,56 | 4,56 | 6,15 | No Satisfactoria |
| 73 | -17,6878 | -71,2809 | 72100 | 73,74 | 386,00 | 4,96 | 6,74 | 4,81 | 6,32 | No Satisfactoria |
| 74 | -17,6854 | -71,2892 | 73100 | 78,84 | 331,00 | 5,79 | 6,61 | 4,04 | 5,48 | No Satisfactoria |
| 75 | -17,6771 | -71,2927 | 74100 | 81,81 | 287,50 | 2,81 | 3,39 | 2,88 | 4,32 | Satisfactoria |
| 76 | -17,6679 | -71,2936 | 75100 | 71,60 | 254,50 | 2,65 | 4,70 | 2,78 | 4,01 | Satisfactoria |

Figura 35
 Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, segunda muestra – carril izquierdo

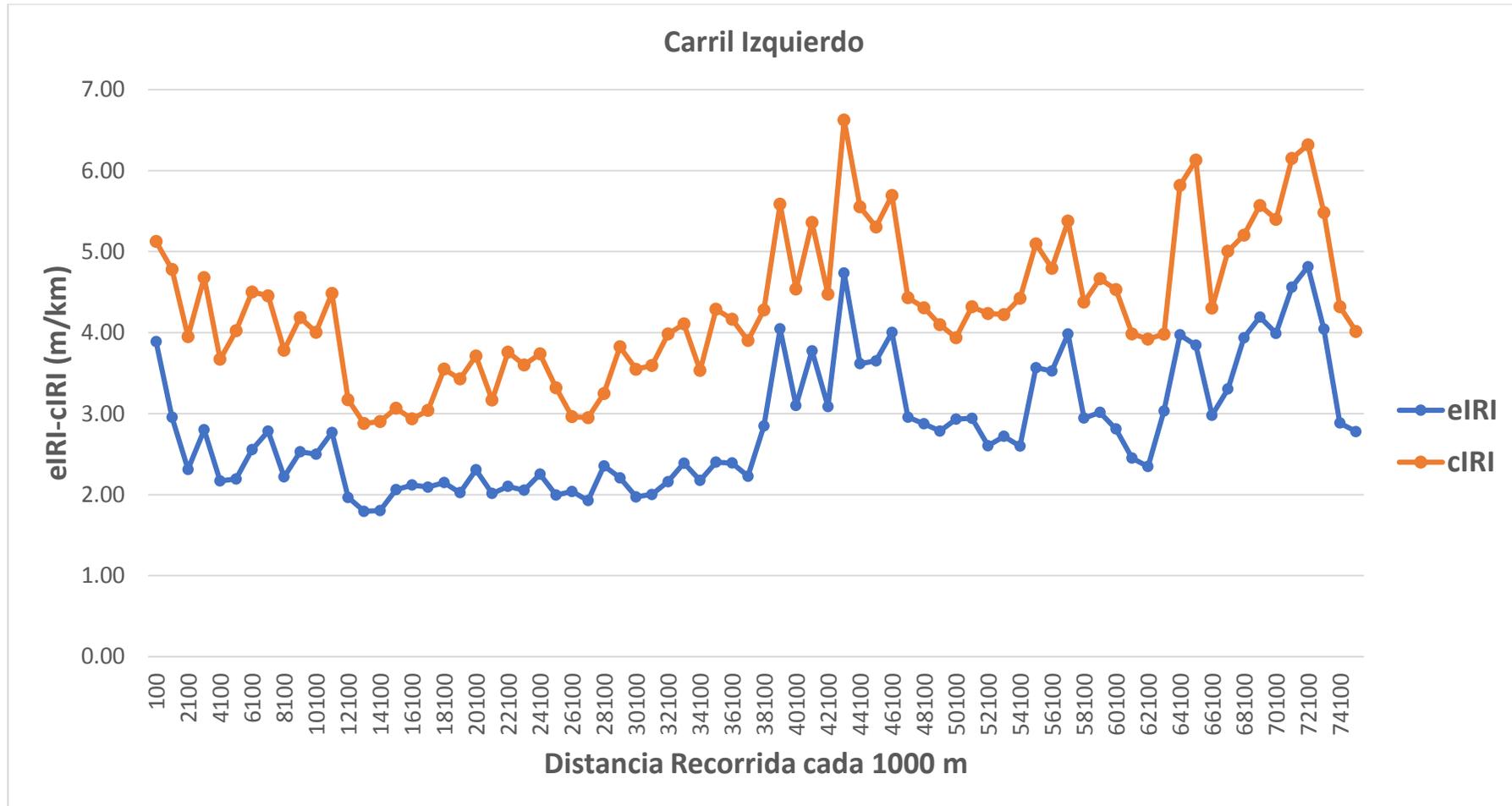


Figura 36

Perfil longitudinal, segunda muestra – carril izquierdo

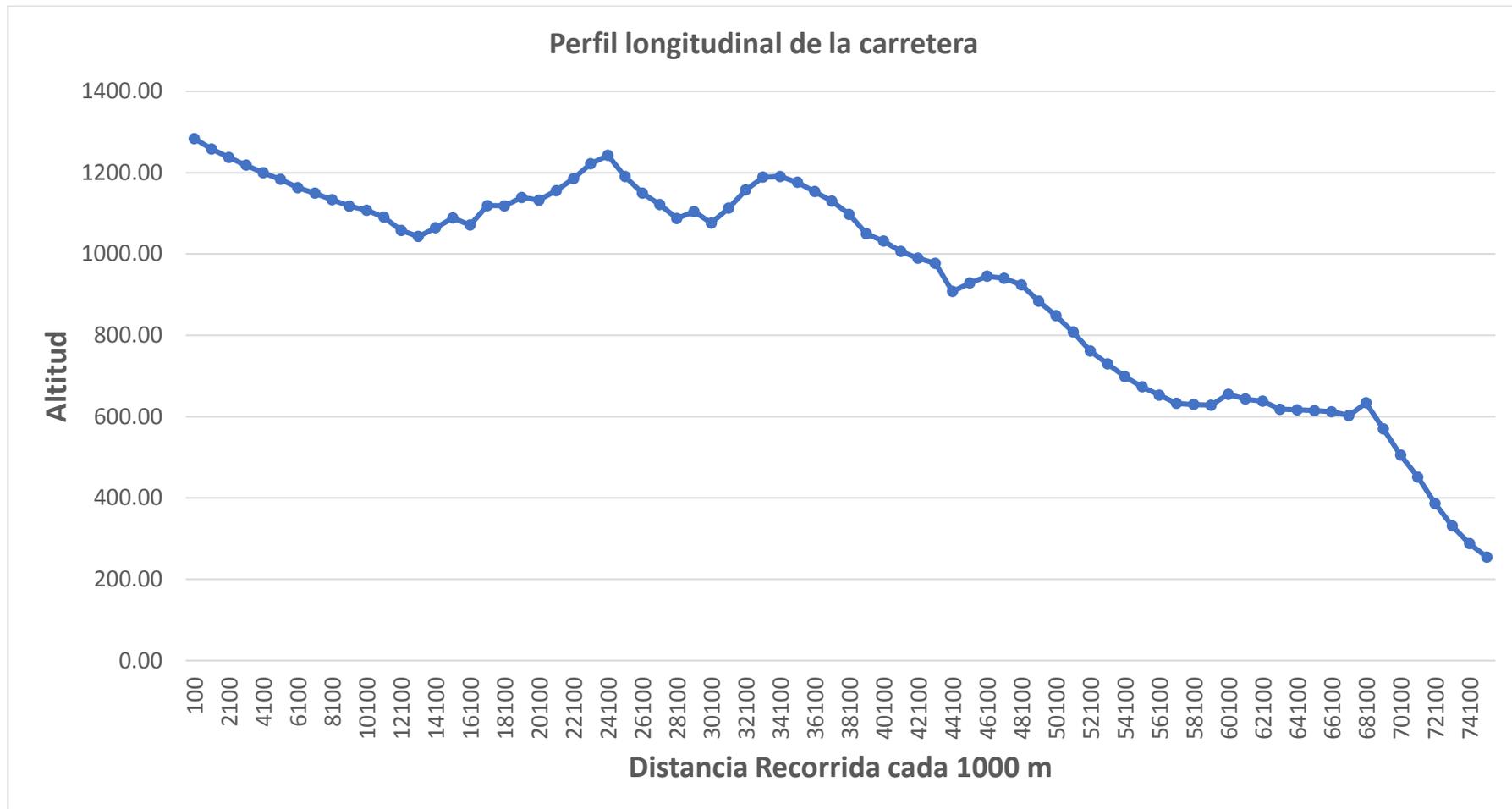


Tabla 7*Resumen de datos – tercera muestra – carril derecho*

| Tramo | Latitute | Longitute | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | -17,2114 | -70,9678 | 100 | 53,89 | 232,43 | 1,64 | 2,12 | 1,89 | 2,62 | Buena |
| 2 | -17,2194 | -70,9719 | 1100 | 74,49 | 254,50 | 1,95 | 3,35 | 1,98 | 3,04 | Buena |
| 3 | -17,2268 | -70,9777 | 2100 | 77,19 | 285,00 | 1,79 | 2,06 | 2,31 | 3,15 | Satisfactoria |
| 4 | -17,2344 | -70,9823 | 3100 | 60,82 | 329,29 | 2,10 | 3,67 | 2,47 | 3,88 | Satisfactoria |
| 5 | -17,2425 | -70,9861 | 4100 | 64,45 | 378,71 | 2,70 | 3,60 | 3,47 | 4,48 | Satisfactoria |
| 6 | -17,2515 | -70,9872 | 5100 | 58,64 | 446,62 | 4,69 | 4,69 | 3,42 | 4,27 | Satisfactoria |
| 7 | -17,2604 | -70,9861 | 6100 | 70,87 | 504,17 | 3,09 | 4,47 | 3,80 | 4,87 | Satisfactoria |
| 8 | -17,2695 | -70,9850 | 7100 | 63,98 | 566,50 | 3,20 | 4,71 | 2,63 | 3,72 | Satisfactoria |
| 9 | -17,2784 | -70,9851 | 8100 | 63,26 | 629,71 | 2,10 | 3,09 | 2,24 | 3,25 | Satisfactoria |
| 10 | -17,2876 | -70,9852 | 9100 | 80,56 | 607,20 | 2,01 | 3,23 | 2,02 | 3,26 | Buena |
| 11 | -17,2961 | -70,9868 | 10100 | 71,44 | 606,83 | 1,76 | 2,87 | 2,08 | 3,33 | Buena |
| 12 | -17,3044 | -70,9884 | 11100 | 77,26 | 610,00 | 1,98 | 3,95 | 2,12 | 3,49 | Buena |
| 13 | -17,3133 | -70,9894 | 12100 | 72,07 | 612,50 | 2,00 | 3,85 | 2,09 | 3,18 | Buena |
| 14 | -17,3225 | -70,9893 | 13100 | 52,72 | 613,71 | 1,80 | 2,75 | 1,91 | 2,86 | Buena |
| 15 | -17,3314 | -70,9892 | 14100 | 83,80 | 635,40 | 1,81 | 3,14 | 1,91 | 3,18 | Buena |
| 16 | -17,3404 | -70,9890 | 15100 | 73,34 | 641,00 | 1,75 | 2,56 | 1,80 | 3,04 | Buena |
| 17 | -17,3495 | -70,9877 | 16100 | 84,80 | 654,20 | 2,08 | 3,79 | 1,84 | 2,94 | Buena |
| 18 | -17,3546 | -70,9945 | 17100 | 72,05 | 628,67 | 1,82 | 3,03 | 2,21 | 3,32 | Satisfactoria |
| 19 | -17,3621 | -70,9927 | 18100 | 59,65 | 620,71 | 1,91 | 3,71 | 2,12 | 3,51 | Buena |
| 20 | -17,3705 | -70,9956 | 19100 | 84,12 | 632,17 | 2,34 | 3,80 | 2,61 | 3,49 | Satisfactoria |
| 21 | -17,3778 | -71,0007 | 20100 | 69,98 | 644,33 | 1,67 | 2,70 | 2,32 | 3,62 | Satisfactoria |
| 22 | -17,3834 | -71,0061 | 21100 | 75,83 | 669,50 | 2,49 | 3,38 | 2,18 | 3,07 | Buena |
| 23 | -17,3897 | -71,0114 | 22100 | 81,91 | 696,00 | 2,46 | 3,46 | 2,00 | 2,97 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|-------------------------|
| 24 | -17,3944 | -71,0192 | 23100 | 73,72 | 722,17 | 1,87 | 2,93 | 2,03 | 3,20 | Buena |
| 25 | -17,4014 | -71,0251 | 24100 | 80,24 | 755,17 | 2,01 | 3,96 | 1,99 | 3,52 | Buena |
| 26 | -17,4044 | -71,0324 | 25100 | 65,91 | 798,50 | 1,86 | 3,08 | 2,02 | 3,70 | Buena |
| 27 | -17,4069 | -71,0410 | 26100 | 80,55 | 839,00 | 1,92 | 4,03 | 2,17 | 3,51 | Buena |
| 28 | -17,4144 | -71,0447 | 27100 | 80,97 | 875,40 | 2,15 | 4,06 | 1,91 | 3,15 | Buena |
| 29 | -17,4227 | -71,0488 | 28100 | 79,89 | 922,00 | 2,61 | 4,11 | 2,27 | 3,81 | Satisfactoria |
| 30 | -17,4317 | -71,0480 | 29100 | 73,90 | 936,00 | 1,77 | 2,97 | 2,34 | 3,85 | Satisfactoria |
| 31 | -17,4401 | -71,0508 | 30100 | 74,50 | 937,50 | 1,85 | 2,86 | 2,12 | 3,30 | Buena |
| 32 | -17,4490 | -71,0522 | 31100 | 80,38 | 932,17 | 4,67 | 5,34 | 3,90 | 4,90 | No Satisfactoria |
| 33 | -17,4579 | -71,0524 | 32100 | 79,42 | 904,33 | 1,97 | 3,81 | 2,89 | 4,44 | Satisfactoria |
| 34 | -17,4656 | -71,0574 | 33100 | 53,44 | 961,71 | 2,27 | 4,17 | 2,20 | 3,76 | Satisfactoria |
| 35 | -17,4728 | -71,0629 | 34100 | 73,28 | 980,67 | 1,86 | 3,22 | 2,10 | 3,30 | Buena |
| 36 | -17,4815 | -71,0658 | 35100 | 80,04 | 997,20 | 1,83 | 3,07 | 2,02 | 3,28 | Buena |
| 37 | -17,4894 | -71,0702 | 36100 | 79,82 | 1020,50 | 2,09 | 3,19 | 1,93 | 3,35 | Buena |
| 38 | -17,4973 | -71,0741 | 37100 | 77,00 | 1044,33 | 3,01 | 4,28 | 2,09 | 3,39 | Buena |
| 39 | -17,5063 | -71,0737 | 38100 | 66,63 | 1084,14 | 1,74 | 2,76 | 1,82 | 3,55 | Buena |
| 40 | -17,5150 | -71,0746 | 39100 | 97,03 | 1117,60 | 1,84 | 3,75 | 1,81 | 3,56 | Buena |
| 41 | -17,5218 | -71,0800 | 40100 | 76,86 | 1148,00 | 1,80 | 3,30 | 1,77 | 3,12 | Buena |
| 42 | -17,5307 | -71,0815 | 41100 | 80,11 | 1166,80 | 1,83 | 2,77 | 1,70 | 2,69 | Buena |
| 43 | -17,5396 | -71,0831 | 42100 | 78,88 | 1181,20 | 1,75 | 2,53 | 1,68 | 2,95 | Buena |
| 44 | -17,5487 | -71,0844 | 43100 | 78,17 | 1190,00 | 1,77 | 3,55 | 1,71 | 3,07 | Buena |
| 45 | -17,5561 | -71,0871 | 44100 | 75,03 | 1153,00 | 1,77 | 3,94 | 1,67 | 3,19 | Buena |
| 46 | -17,5582 | -71,0960 | 45100 | 82,73 | 1115,00 | 1,58 | 2,63 | 1,71 | 3,26 | Buena |
| 47 | -17,5641 | -71,1032 | 46100 | 74,95 | 1071,40 | 1,72 | 3,57 | 1,62 | 2,69 | Buena |
| 48 | -17,5709 | -71,1091 | 47100 | 69,62 | 1105,33 | 1,60 | 2,21 | 2,00 | 3,54 | Buena |
| 49 | -17,5778 | -71,1157 | 48100 | 71,08 | 1078,50 | 1,66 | 3,16 | 1,82 | 3,32 | Buena |
| 50 | -17,5828 | -71,1232 | 49100 | 74,82 | 1115,83 | 1,74 | 2,97 | 1,66 | 2,84 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|----------------------|
| 51 | -17,5874 | -71,1312 | 50100 | 71,07 | 1144,50 | 1,60 | 3,29 | 1,57 | 2,59 | Buena |
| 52 | -17,5909 | -71,1398 | 51100 | 50,17 | 1183,62 | 1,53 | 2,41 | 1,60 | 2,48 | Buena |
| 53 | -17,5955 | -71,1474 | 52100 | 53,36 | 1235,88 | 1,78 | 2,58 | 1,58 | 2,56 | Buena |
| 54 | -17,6029 | -71,1533 | 53100 | 67,21 | 1223,17 | 1,45 | 2,26 | 1,63 | 2,68 | Buena |
| 55 | -17,6102 | -71,1590 | 54100 | 79,07 | 1183,80 | 1,68 | 3,69 | 1,71 | 3,05 | Buena |
| 56 | -17,6169 | -71,1652 | 55100 | 67,73 | 1156,00 | 1,60 | 2,89 | 1,81 | 3,00 | Buena |
| 57 | -17,6205 | -71,1736 | 56100 | 64,84 | 1132,17 | 1,55 | 2,82 | 1,58 | 2,56 | Buena |
| 58 | -17,6242 | -71,1822 | 57100 | 74,51 | 1137,50 | 1,60 | 2,34 | 1,60 | 2,68 | Buena |
| 59 | -17,6289 | -71,1898 | 58100 | 76,98 | 1118,50 | 1,55 | 2,61 | 1,56 | 2,48 | Buena |
| 60 | -17,6332 | -71,1965 | 59100 | 84,82 | 1125,40 | 1,74 | 2,88 | 1,67 | 2,95 | Buena |
| 61 | -17,6357 | -71,2044 | 60100 | 74,63 | 1072,17 | 1,82 | 2,87 | 1,60 | 2,80 | Buena |
| 62 | -17,6429 | -71,2098 | 61100 | 67,46 | 1084,50 | 1,53 | 2,18 | 1,79 | 3,30 | Buena |
| 63 | -17,6507 | -71,2151 | 62100 | 76,55 | 1063,17 | 1,85 | 3,93 | 1,73 | 3,72 | Buena |
| 64 | -17,6586 | -71,2193 | 63100 | 77,93 | 1038,20 | 1,47 | 2,18 | 1,67 | 3,17 | Buena |
| 65 | -17,6668 | -71,2235 | 64100 | 70,57 | 1052,00 | 1,45 | 1,97 | 1,69 | 2,59 | Buena |
| 66 | -17,6746 | -71,2277 | 65100 | 61,67 | 1078,00 | 1,58 | 2,22 | 1,75 | 2,99 | Buena |
| 67 | -17,6817 | -71,2339 | 66100 | 74,23 | 1099,50 | 1,66 | 2,74 | 1,88 | 3,12 | Buena |
| 68 | -17,6885 | -71,2401 | 67100 | 69,64 | 1111,86 | 1,91 | 3,04 | 1,83 | 3,16 | Buena |
| 69 | -17,6952 | -71,2462 | 68100 | 81,58 | 1125,60 | 2,18 | 2,77 | 1,96 | 3,51 | Buena |
| 70 | -17,6967 | -71,2549 | 69100 | 77,81 | 1145,00 | 1,84 | 3,53 | 1,77 | 3,10 | Buena |
| 71 | -17,6935 | -71,2636 | 70100 | 75,85 | 1158,17 | 1,85 | 3,82 | 1,82 | 3,29 | Buena |
| 72 | -17,6894 | -71,2719 | 71100 | 78,75 | 1177,40 | 1,80 | 3,25 | 1,80 | 3,24 | Buena |
| 73 | -17,6878 | -71,2809 | 72100 | 73,63 | 1193,60 | 1,71 | 2,91 | 2,06 | 3,15 | Buena |
| 74 | -17,6854 | -71,2892 | 73100 | 76,17 | 1215,50 | 1,53 | 2,08 | 1,83 | 3,13 | Buena |
| 75 | -17,6771 | -71,2927 | 74100 | 76,18 | 1233,17 | 1,93 | 3,50 | 2,09 | 3,54 | Buena |
| 76 | -17,6679 | -71,2936 | 75100 | 77,01 | 1253,67 | 1,80 | 3,61 | 2,44 | 3,76 | Satisfactoria |

Figura 37
Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, tercera muestra – carril derecho

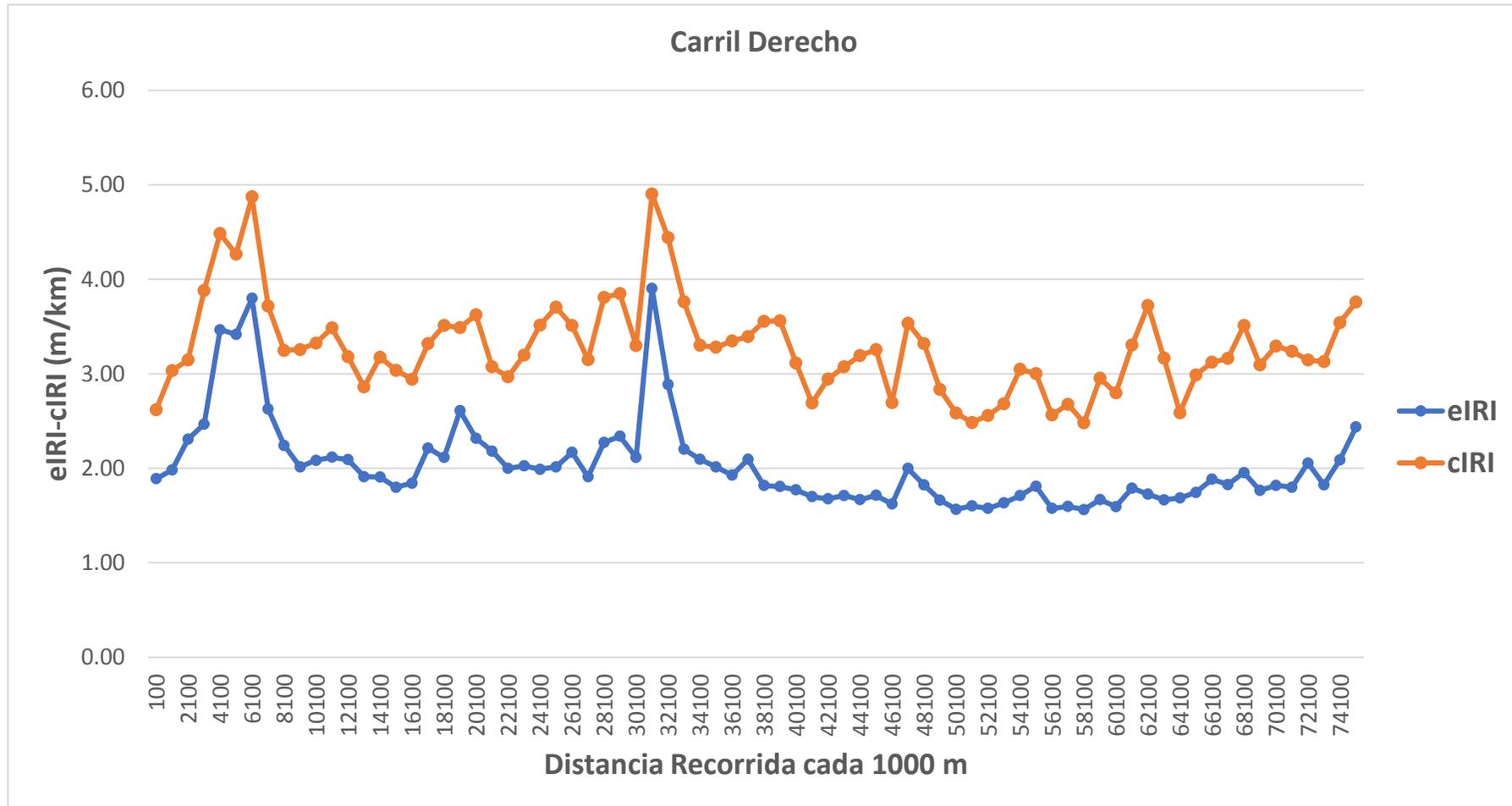


Figura 38

Perfil longitudinal, tercera muestra – carril derecho

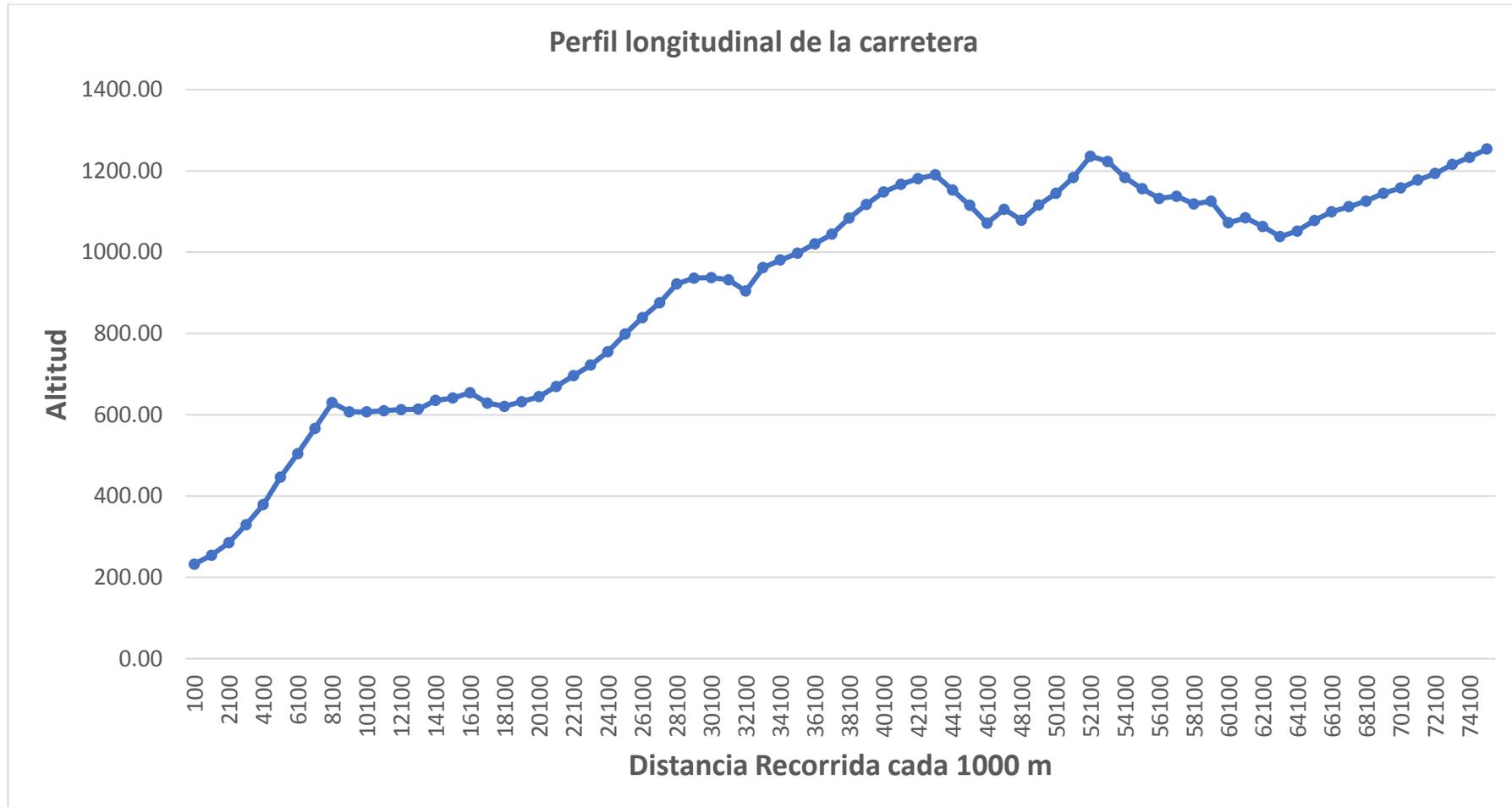


Tabla 8*Resumen de datos – tercera muestra – carril izquierdo*

| Tramo | Latitute | Longitute | Distance(m) | Velocidad (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | eIRI Prom. | cIRI Prom. | Condición de la Vía |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | -17,2114 | -70,9678 | 100 | 67,25 | 1284,00 | 1,59 | 2,96 | 2,03 | 3,36 | Buena |
| 2 | -17,2194 | -70,9719 | 1100 | 69,46 | 1260,83 | 1,97 | 3,16 | 2,17 | 3,65 | Buena |
| 3 | -17,2268 | -70,9777 | 2100 | 85,08 | 1234,40 | 2,02 | 3,41 | 1,86 | 3,01 | Buena |
| 4 | -17,2344 | -70,9823 | 3100 | 82,99 | 1217,80 | 2,43 | 2,51 | 1,99 | 3,17 | Buena |
| 5 | -17,2425 | -70,9861 | 4100 | 78,80 | 1200,20 | 1,90 | 3,29 | 1,80 | 3,16 | Buena |
| 6 | -17,2515 | -70,9872 | 5100 | 78,49 | 1183,33 | 1,79 | 2,92 | 1,87 | 3,12 | Buena |
| 7 | -17,2604 | -70,9861 | 6100 | 79,36 | 1162,17 | 2,00 | 3,38 | 2,00 | 3,25 | Buena |
| 8 | -17,2695 | -70,9850 | 7100 | 77,08 | 1147,60 | 2,08 | 3,41 | 1,87 | 2,96 | Buena |
| 9 | -17,2784 | -70,9851 | 8100 | 81,39 | 1130,50 | 1,82 | 3,41 | 1,85 | 3,10 | Buena |
| 10 | -17,2876 | -70,9852 | 9100 | 79,96 | 1116,40 | 1,70 | 2,86 | 1,94 | 3,33 | Buena |
| 11 | -17,2961 | -70,9868 | 10100 | 73,30 | 1103,50 | 1,76 | 2,95 | 2,05 | 3,30 | Buena |
| 12 | -17,3044 | -70,9884 | 11100 | 78,09 | 1088,00 | 2,07 | 3,61 | 1,96 | 3,43 | Buena |
| 13 | -17,3133 | -70,9894 | 12100 | 81,45 | 1053,80 | 1,92 | 3,66 | 1,80 | 3,26 | Buena |
| 14 | -17,3225 | -70,9893 | 13100 | 79,80 | 1040,00 | 1,68 | 2,65 | 1,71 | 2,95 | Buena |
| 15 | -17,3314 | -70,9892 | 14100 | 73,48 | 1060,00 | 1,76 | 3,94 | 1,67 | 3,01 | Buena |
| 16 | -17,3404 | -70,9890 | 15100 | 78,00 | 1086,40 | 1,71 | 3,09 | 1,65 | 2,76 | Buena |
| 17 | -17,3495 | -70,9877 | 16100 | 74,96 | 1069,50 | 2,07 | 3,02 | 1,73 | 2,88 | Buena |
| 18 | -17,3546 | -70,9945 | 17100 | 50,26 | 1118,00 | 2,00 | 2,65 | 1,80 | 2,30 | Buena |
| 19 | -17,3621 | -70,9927 | 18100 | 62,78 | 1118,57 | 1,63 | 2,41 | 1,67 | 3,01 | Buena |
| 20 | -17,3705 | -70,9956 | 19100 | 59,84 | 1138,57 | 1,65 | 2,66 | 1,72 | 2,87 | Buena |
| 21 | -17,3778 | -71,0007 | 20100 | 59,97 | 1132,71 | 1,50 | 2,13 | 1,99 | 2,72 | Buena |
| 22 | -17,3834 | -71,0061 | 21100 | 40,67 | 1155,00 | 1,60 | 2,36 | 1,68 | 2,35 | Buena |
| 23 | -17,3897 | -71,0114 | 22100 | 41,28 | 1183,33 | 1,63 | 1,98 | 1,81 | 2,85 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|---------|------|------|------|------|----------------------|
| 24 | -17,3944 | -71,0192 | 23100 | 81,55 | 1220,67 | 1,73 | 2,93 | 1,70 | 2,93 | Buena |
| 25 | -17,4014 | -71,0251 | 24100 | 87,49 | 1233,60 | 1,59 | 2,89 | 1,75 | 2,87 | Buena |
| 26 | -17,4044 | -71,0324 | 25100 | 79,22 | 1182,33 | 1,73 | 3,34 | 1,67 | 2,77 | Buena |
| 27 | -17,4069 | -71,0410 | 26100 | 76,68 | 1147,83 | 1,72 | 3,25 | 1,73 | 2,75 | Buena |
| 28 | -17,4144 | -71,0447 | 27100 | 83,07 | 1119,83 | 1,53 | 2,79 | 1,70 | 2,63 | Buena |
| 29 | -17,4227 | -71,0488 | 28100 | 83,51 | 1085,00 | 3,13 | 3,86 | 1,82 | 2,85 | Buena |
| 30 | -17,4317 | -71,0480 | 29100 | 69,65 | 1103,00 | 1,73 | 2,83 | 1,74 | 2,49 | Buena |
| 31 | -17,4401 | -71,0508 | 30100 | 76,24 | 1074,50 | 1,64 | 3,20 | 1,69 | 2,69 | Buena |
| 32 | -17,4490 | -71,0522 | 31100 | 65,65 | 1110,86 | 2,12 | 3,08 | 1,74 | 2,84 | Buena |
| 33 | -17,4579 | -71,0524 | 32100 | 79,73 | 1154,00 | 1,48 | 2,48 | 1,61 | 2,47 | Buena |
| 34 | -17,4656 | -71,0574 | 33100 | 78,34 | 1185,20 | 1,79 | 2,60 | 1,73 | 2,76 | Buena |
| 35 | -17,4728 | -71,0629 | 34100 | 83,81 | 1186,00 | 1,57 | 3,18 | 1,66 | 2,80 | Buena |
| 36 | -17,4815 | -71,0658 | 35100 | 87,25 | 1172,33 | 1,82 | 3,07 | 1,78 | 3,14 | Buena |
| 37 | -17,4894 | -71,0702 | 36100 | 75,96 | 1149,00 | 1,68 | 3,08 | 1,84 | 3,13 | Buena |
| 38 | -17,4973 | -71,0741 | 37100 | 85,39 | 1127,20 | 1,66 | 2,50 | 1,75 | 2,87 | Buena |
| 39 | -17,5063 | -71,0737 | 38100 | 78,61 | 1094,67 | 1,83 | 3,52 | 2,16 | 3,47 | Buena |
| 40 | -17,5150 | -71,0746 | 39100 | 71,19 | 1047,17 | 2,67 | 3,71 | 2,15 | 3,65 | Buena |
| 41 | -17,5218 | -71,0800 | 40100 | 76,59 | 1028,83 | 2,33 | 3,63 | 2,09 | 3,26 | Buena |
| 42 | -17,5307 | -71,0815 | 41100 | 79,01 | 1005,40 | 1,85 | 3,16 | 1,98 | 3,12 | Buena |
| 43 | -17,5396 | -71,0831 | 42100 | 79,39 | 988,00 | 1,97 | 3,76 | 1,96 | 3,36 | Buena |
| 44 | -17,5487 | -71,0844 | 43100 | 74,41 | 972,00 | 1,94 | 2,92 | 3,13 | 4,25 | Satisfactoria |
| 45 | -17,5561 | -71,0871 | 44100 | 76,38 | 905,17 | 2,25 | 3,21 | 2,61 | 3,87 | Satisfactoria |
| 46 | -17,5582 | -71,0960 | 45100 | 69,09 | 924,83 | 4,31 | 6,11 | 2,46 | 3,86 | Satisfactoria |
| 47 | -17,5641 | -71,1032 | 46100 | 75,28 | 940,00 | 3,44 | 3,75 | 2,39 | 3,82 | Satisfactoria |
| 48 | -17,5709 | -71,1091 | 47100 | 77,20 | 938,80 | 2,15 | 3,60 | 2,10 | 3,40 | Buena |
| 49 | -17,5778 | -71,1157 | 48100 | 78,35 | 921,67 | 2,80 | 3,85 | 2,05 | 3,28 | Buena |
| 50 | -17,5828 | -71,1232 | 49100 | 82,76 | 880,50 | 2,11 | 2,71 | 1,94 | 2,89 | Buena |

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|-------|--------|------|------|------|------|----------------------|
| 51 | -17,5874 | -71,1312 | 50100 | 81,46 | 842,83 | 2,01 | 3,56 | 2,01 | 3,49 | Buena |
| 52 | -17,5909 | -71,1398 | 51100 | 82,18 | 802,17 | 1,82 | 3,23 | 1,98 | 3,36 | Buena |
| 53 | -17,5955 | -71,1474 | 52100 | 75,82 | 758,00 | 1,78 | 3,21 | 1,95 | 3,37 | Buena |
| 54 | -17,6029 | -71,1533 | 53100 | 82,05 | 726,17 | 1,86 | 3,34 | 2,12 | 3,65 | Buena |
| 55 | -17,6102 | -71,1590 | 54100 | 77,15 | 697,33 | 2,30 | 4,57 | 2,24 | 4,06 | Satisfactoria |
| 56 | -17,6169 | -71,1652 | 55100 | 77,21 | 671,67 | 1,82 | 3,00 | 2,54 | 3,45 | Satisfactoria |
| 57 | -17,6205 | -71,1736 | 56100 | 75,77 | 648,40 | 1,92 | 3,45 | 2,67 | 3,53 | Satisfactoria |
| 58 | -17,6242 | -71,1822 | 57100 | 76,16 | 630,33 | 2,39 | 3,59 | 2,57 | 3,95 | Satisfactoria |
| 59 | -17,6289 | -71,1898 | 58100 | 79,22 | 626,67 | 2,02 | 4,22 | 2,09 | 3,71 | Buena |
| 60 | -17,6332 | -71,1965 | 59100 | 71,27 | 627,50 | 2,02 | 2,59 | 2,02 | 3,48 | Buena |
| 61 | -17,6357 | -71,2044 | 60100 | 81,32 | 652,00 | 1,88 | 3,33 | 1,88 | 3,22 | Buena |
| 62 | -17,6429 | -71,2098 | 61100 | 71,06 | 644,00 | 1,69 | 2,83 | 1,93 | 3,24 | Buena |
| 63 | -17,6507 | -71,2151 | 62100 | 77,33 | 639,83 | 1,80 | 2,47 | 1,80 | 2,77 | Buena |
| 64 | -17,6586 | -71,2193 | 63100 | 72,88 | 618,67 | 1,80 | 2,81 | 2,01 | 3,11 | Buena |
| 65 | -17,6668 | -71,2235 | 64100 | 74,86 | 616,33 | 1,98 | 2,94 | 2,32 | 3,95 | Satisfactoria |
| 66 | -17,6746 | -71,2277 | 65100 | 81,77 | 614,17 | 2,55 | 4,46 | 2,45 | 3,79 | Satisfactoria |
| 67 | -17,6817 | -71,2339 | 66100 | 79,15 | 613,50 | 2,04 | 2,64 | 2,15 | 3,17 | Buena |
| 68 | -17,6885 | -71,2401 | 67100 | 73,46 | 607,50 | 2,61 | 4,49 | 2,31 | 3,65 | Satisfactoria |
| 69 | -17,6952 | -71,2462 | 68100 | 77,33 | 633,60 | 2,32 | 3,73 | 2,56 | 3,78 | Satisfactoria |
| 70 | -17,6967 | -71,2549 | 69100 | 85,43 | 570,40 | 3,05 | 5,46 | 2,48 | 3,92 | Satisfactoria |
| 71 | -17,6935 | -71,2636 | 70100 | 84,79 | 505,00 | 1,99 | 3,48 | 2,69 | 3,89 | Satisfactoria |
| 72 | -17,6894 | -71,2719 | 71100 | 86,19 | 448,83 | 2,54 | 4,00 | 2,76 | 4,18 | Satisfactoria |
| 73 | -17,6878 | -71,2809 | 72100 | 81,90 | 386,20 | 3,07 | 4,44 | 2,96 | 4,51 | Satisfactoria |
| 74 | -17,6854 | -71,2892 | 73100 | 83,74 | 337,00 | 3,01 | 4,49 | 2,46 | 3,91 | Satisfactoria |
| 75 | -17,6771 | -71,2927 | 74100 | 81,85 | 290,60 | 1,84 | 3,36 | 1,99 | 3,69 | Buena |
| 76 | -17,6679 | -71,2936 | 75100 | 77,41 | 259,33 | 1,84 | 3,93 | 2,15 | 3,75 | Buena |

Figura 39
 Representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos, tercera muestra – carril izquierdo

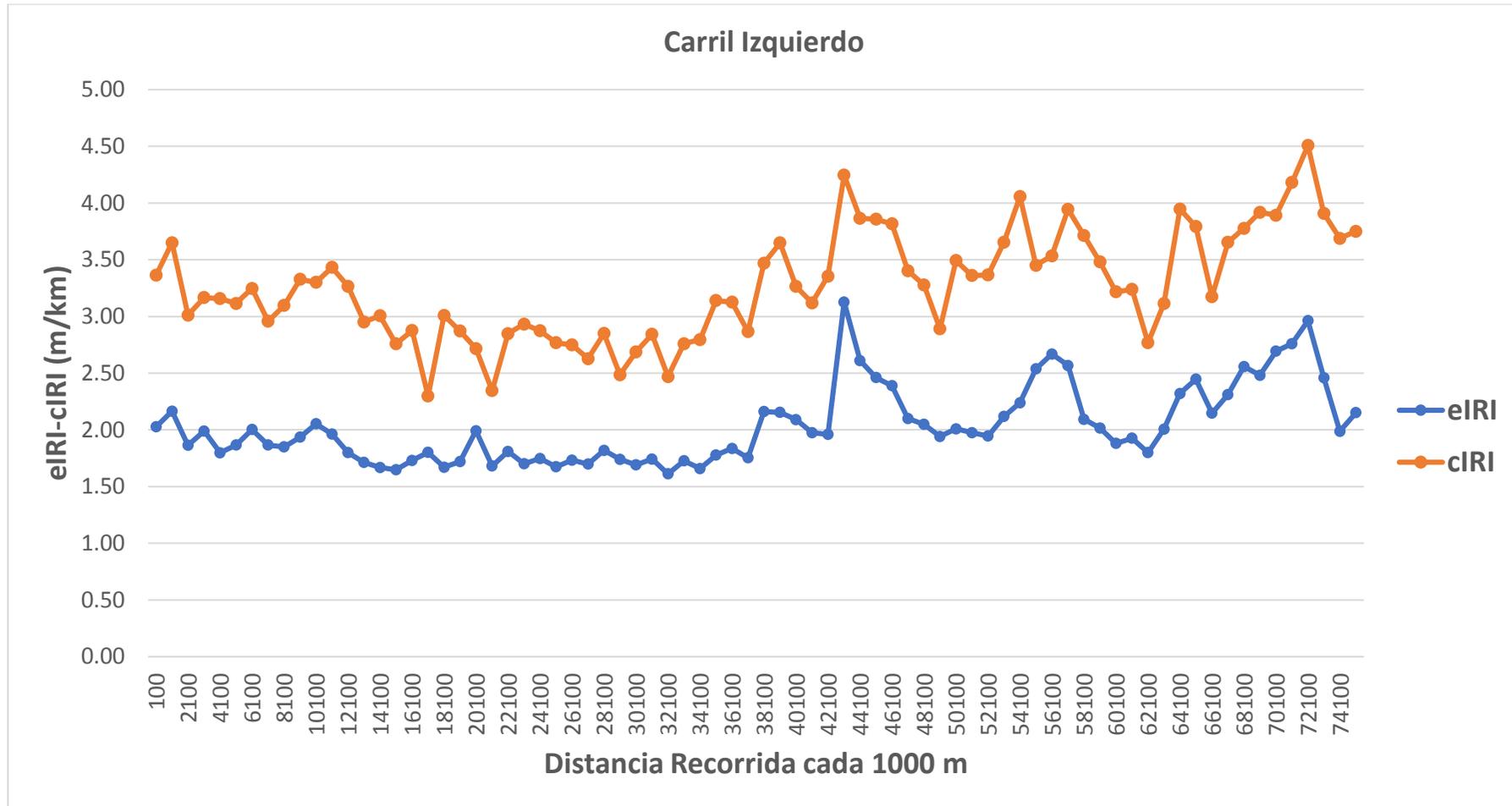
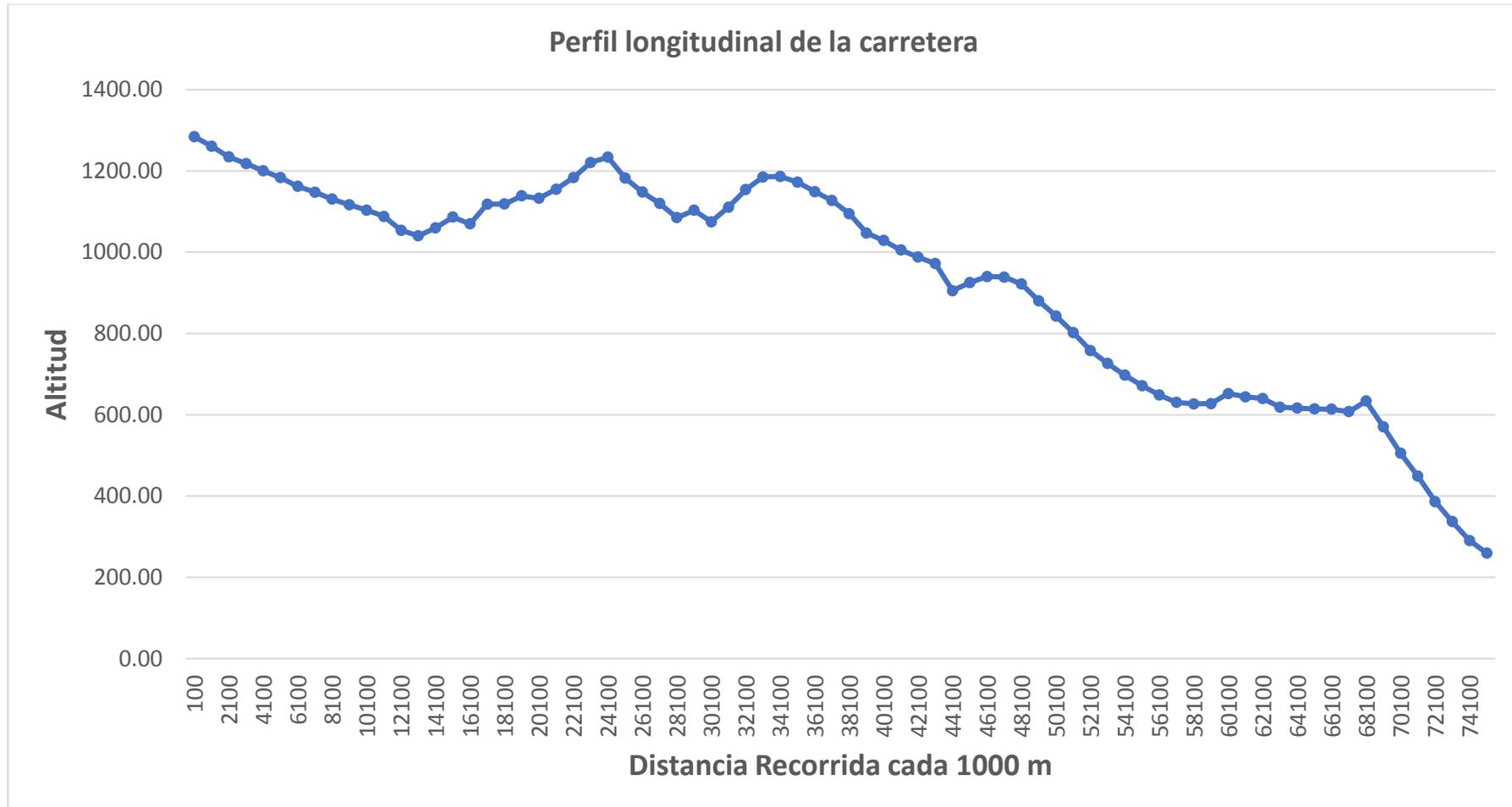


Figura 40

Perfil longitudinal, tercera muestra – carril izquierdo



4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contraste de hipótesis: Utilización del sistema Roadroid desde un smartphone para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Mediante el sistema Roadroid desde un smartphone, no es posible determinar fácilmente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.

Ha: Si se utiliza correctamente el sistema Roadroid desde un smartphone, es posible determinar fácilmente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.

Varios estudios realizados por el equipo de Roadroid han demostrado que el cIRI, cuando está completamente calibrado, proporciona resultados fiables para medir la rugosidad del pavimento. El cIRI se basa en el modelo de un 1/4 de vehículo sugerido por el Banco Mundial, de acuerdo con el cual recomienda mantener una velocidad constante de 60 a 80 km/h durante la recopilación de datos del IRI. En esta prueba, se considera que el valor de IRI estimado coincide mejor con el IRI real del pavimento que se está evaluando, ya que la velocidad recomendada para lograr el IRI calculado no es constante. A partir de los datos recopilados, se generó una nube de puntos IRI estimada en relación con la distancia (Carita, 2022).

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha), demostrando que, si se utiliza correctamente el sistema Roadroid desde un smartphone, es posible determinar fácilmente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.

4.2.2. Contraste de hipótesis: Análisis de los datos obtenidos del IRI mediante el sistema Roadroid para diagnosticar el estado de uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua.

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua no se encuentra en un considerable estado de deterioro en algunos tramos.

Ha: La uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua se encuentra en un considerable estado de deterioro en algunos tramos.

En las Tablas 9 a 14, para cada carril y por cada uno de los muestreos, se recopila la condición del camino estudiado por porcentaje de ocurrencia, cada una de las cuales se identifica por un color distintivo.

De la primera muestra:

Tabla 9

Estado del pavimento de la carretera de estudio – primera muestra – carril derecho

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Derecho | Buena | 642 | 84,36 |
| | Satisfactoria | 105 | 13,80 |
| | No Satisfactoria | 9 | 1,18 |
| | Pobre | 5 | 0,66 |
| Total | | 761 | 100 |

Tabla 10*Estado del pavimento de la carretera de estudio – primera muestra – carril izquierdo*

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Izquierdo | Buena | 274 | 36,01 |
| | Satisfactoria | 366 | 48,09 |
| | No Satisfactoria | 100 | 13,14 |
| | Pobre | 21 | 2,76 |
| Total | | 761 | 100 |

De la segunda muestra:

Tabla 11*Estado del pavimento de la carretera de estudio – segunda muestra – carril derecho*

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Derecho | Buena | 408 | 53,61 |
| | Satisfactoria | 292 | 38,37 |
| | No Satisfactoria | 46 | 6,04 |
| | Pobre | 15 | 1,97 |
| Total | | 761 | 100 |

Tabla 12*Estado del pavimento de la carretera de estudio – segunda muestra – carril izquierdo*

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Izquierdo | Buena | 253 | 33,25 |
| | Satisfactoria | 378 | 49,67 |
| | No Satisfactoria | 112 | 14,72 |
| | Pobre | 18 | 2,37 |
| Total | | 761 | 100 |

De la tercera muestra:

Tabla 13*Estado del pavimento de la carretera de estudio – tercera muestra – carril derecho*

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Derecho | Buena | 597 | 78,45 |
| | Satisfactoria | 144 | 18,92 |
| | No Satisfactoria | 18 | 2,37 |
| | Pobre | 2 | 0,26 |
| Total | | 761 | 100 |

Tabla 14*Estado del pavimento de la carretera de estudio – tercera muestra – carril izquierdo*

| Carril | Condición del camino | N.º de Puntos | % |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------|
| Izquierdo | Buena | 575 | 75,56 |
| | Satisfactoria | 174 | 22,86 |
| | No Satisfactoria | 11 | 1,45 |
| | Pobre | 1 | 0,13 |
| | Total | 761 | 100 |

De manera general; el carril derecho de la carretera de Ilo a Moquegua se encuentra un 72.14% en buen estado, mientras que, el carril izquierdo se encuentra un 48.27% en buen estado y 40.21% en estado satisfactorio.

Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), demostrando que, la uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua no se encuentra en un considerable estado de deterioro en algunos tramos.

4.4.3. Contraste de hipótesis: Contraste de los datos obtenidos mediante el sistema Roadroid del estado de la carretera de Ilo a Moquegua con la comodidad percibida al circular por ella.

Para la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : El insuficiente mantenimiento de la carretera de Ilo a Moquegua no permite que los usuarios se sientan cómodos al circular por ella

H_a : El estado de mantenimiento de la carretera de Ilo a Moquegua permite que los usuarios se sientan cómodos al circular por ella

La circulación por la carretera de Ilo a Moquegua se realizó sin ningún problema, lo cual es corroborado por los resultados del estado del pavimento presentados en las Tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14. Pues en el carril derecho de la carretera, únicamente el 4.16% del pavimento presenta un estado entre no satisfactorio y pobre; mientras que, el carril izquierdo presenta solamente un 11.52% con pavimento entre los mismos estados.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), demostrando que, el estado de mantenimiento de la carretera de Ilo a Moquegua permite que los usuarios se sientan cómodos al circular por ella.

4.3. Discusión de resultados

Una vez realizado el análisis de la condición del pavimento de los 76.10 Km de la carretera Interoceánica Sur entre Ilo y Moquegua, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tanto para el carril derecho como para el izquierdo se analizaron un total de 761 puntos separados 100m entre sí, obtenidos mediante un total de 3 muestreos en cada uno de los sentidos. Estos se llevaron a cabo con varios días de diferencia, así: muestra 1 (11/07/2021), muestra 2 (17/01/2022) y muestra 3 (23/01/2022), todas a las 9 de la mañana. De la primera muestra se obtuvo que el 84.36% del carril derecho se encuentra en buen estado y el 48.09% del carril izquierdo se encuentra en estado satisfactorio, seguido por el 36.01% en buen estado. De la segunda muestra se obtuvo que el 53.61% del carril derecho se encuentra en buen estado y el 49.67% del carril izquierdo se encuentra en estado satisfactorio, seguido por el 33.25% en buen estado. Finalmente, de la tercera muestra se obtuvo que el 78.45%

del carril derecho se encuentra en buen estado y el 75.56% del carril izquierdo se encuentra de la misma manera.

- En cuanto a la velocidad promedio registrada una vez llevado a cabo el análisis, se tiene lo siguiente. En la primera muestra en el carril derecho se alcanzó los 73.79 km/h, mientras que en el carril izquierdo se alcanzó los 73.59 km/h. En la segunda muestra en el carril derecho se alcanzó los 72.65 km/h, mientras que en el carril izquierdo se alcanzó los 75.85 km/h. Finalmente, en la tercera muestra en el carril derecho se alcanzó los 73.60 km/h, mientras que en el carril izquierdo se alcanzó los 76.26 km/h.

- Con respecto al IRI estimado (eIRI) promedio se obtuvo lo siguiente. En la primera muestra en el carril derecho se registró 1.89 m/km, mientras que en el carril izquierdo se registró 2.82 m/km. En la segunda muestra en el carril derecho se registró 2.43 m/km, mientras que en el carril izquierdo se registró 2.83 m/km. Finalmente, en la tercera muestra tanto para el carril derecho como para el izquierdo se registró 2.03 m/km. De acuerdo con la aplicación Roadroid, mientras menor sea el valor obtenido del eIRI es mejor el estado de rugosidad del pavimento analizado y a su vez será mayor la velocidad de circulación que se puede alcanzar, tal como se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15
Estado de rugosidad del pavimento de acuerdo con el eIRI

| Leyenda del eIRI | eIRI (m/km) | velocidad (km/h) |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| BIEN | <2.2 | >70 |
| SATISFACTORIA | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 |
| NO SATISFACTORIA | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 |
| POBRE | >5.4 | <30 |

Lo cual corroboraría que la mayor parte de la carretera entre Ilo y Moquegua se encuentra en un estado entre bueno y satisfactorio.

- Finalmente, con respecto al IRI calculado (cIRI) promedio se obtuvo lo siguiente. En la primera muestra en el carril derecho se registró 3.31 m/km, mientras que en el carril izquierdo se registró 4.29 m/km. En la segunda muestra en el carril derecho se registró 3.88 m/km, mientras que en el carril izquierdo se registró 4.31 m/km. En la tercera muestra para el carril derecho se registró 3.28 m/km, mientras que para el izquierdo se registró 3.27 m/km. Tales resultados significarían que, la carretera estudiada únicamente presenta menores irregularidades superficiales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Primera. Se utilizó el sistema Roadroid desde un smartphone para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index) del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua. De acuerdo con lo cual se concluye que, esta aplicación es de fácil utilización además de que está muy bien diseñada, puesto que, si se la configura adecuadamente en un inicio, es posible incluir en la medición, factores de corrección para los ruidos que pudieran alterar los resultados obtenidos del cIRI. Sin embargo, con el eIRI hay que ser un poco más cuidadosos, puesto que es un parámetro con mayor sensibilidad en sus mediciones. En este trabajo, se consideró que el valor del eIRI coincide mejor con el IRI real del pavimento que se está evaluando, ya que la velocidad recomendada para lograr el IRI calculado no es constante.

Segunda. Del análisis de los datos obtenidos del IRI mediante el sistema Roadroid para diagnosticar el estado de uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua, se obtuvo que, en los 76.10 km analizados; el carril derecho se encuentra 72.14% en buen estado, el 23.70% en estado satisfactorio, el 3.20% en estado no satisfactorio y únicamente el 0.96% en estado pobre. Mientras que, el carril izquierdo se encuentra 48.27% en buen estado, el 40.21% en estado satisfactorio, el 9.77% en estado no satisfactorio y únicamente el 1.75% en estado pobre. Adicionalmente, para el carril derecho el eIRI promedio fue igual a 2.12 y el cIRI promedio fue igual a 3.49, mientras que para el carril izquierdo el eIRI promedio fue igual a 2.56 y el cIRI promedio fue igual a 3.96. Por lo que, de acuerdo con la Tabla 15, se concluye que el carril derecho se encuentra en buen estado y el carril izquierdo en un estado satisfactorio.

Tercera. Se contrastaron los datos obtenidos mediante el sistema Roadroid del estado de la carretera de Ilo a Moquegua, con la comodidad percibida al circular por ella y se concluye que, esta se encuentra en un buen estado de conservación, ya que, en el carril derecho la velocidad promedio alcanzada fue de 73.35 km/h, mientras que en el carril izquierdo fue de 75.23 km/h.

Cuarta. Finalmente, se concluye que, el objetivo general de este trabajo de investigación se ha llevado con éxito. Puesto que, ha sido factible el diagnóstico de la uniformidad superficial del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua, a través del IRI utilizando el sistema Roadroid desde un smartphone.

4.4. Recomendaciones

Primera. A pesar de que en el análisis del estado de rugosidad del pavimento de la carretera de Ilo a Moquegua se logró registrar velocidades de circulación superiores a los 70 km/h, esto pudo haber sido mejor. Por lo cual, se considera que, aunque sean menores y superficiales las irregularidades presentes en el pavimento, no está por demás darle un adecuado mantenimiento, a fin de que estas condiciones de circulación sean aún mejores para los usuarios.

Segunda. Se recomienda que se fomente la utilización de la aplicación Roadroid para el estudio de las condiciones de otras vías a nivel nacional, puesto que esta plataforma es una alternativa muy favorable dentro de la gestión vial. Ya que, es posible llevar un control de como varía la rugosidad superficial en el tiempo en un sitio de interés y aquello podría facilitar a las autoridades competentes la toma de decisiones oportunas, en cuanto al mantenimiento vial.

Tercera. Debido a que uno de los parámetros a ser indicados en las configuraciones previas a la toma de datos, es el tipo de vehículo, se recomienda cuidar que se esté seleccionando el adecuado. Puesto que, aunque se trate de la misma vía de estudio, al cambiar el tipo de vehículo sus características cambiarán y por ende los resultados obtenidos. Esto podría llevar al usuario a caer en respuestas erróneas, a pesar de haber realizado todos los pasos posteriores de manera adecuada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almenara, C. (2015). *Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú], Lima, Perú.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/6087>
- Arianto, T., Suprpto, M., & Syafi'i. (2018). Pavement Condition Assessment Using IRI from Roadroid and Surface Distress Index Method on National Road in Sumenep Regency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (333). doi:10.1088/1757-899X/333/1/012091
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (7.^a edición). Caracas: Editorial Alegría.
https://drive.google.com/file/d/1hPC-6tjdJtkHnZNhGNCAsttmD3cv7ywh/view?fbclid=IwAR2zTbvWQ1SeR5-72ZuevtLyrffcNzpGd_2bWH7ybVouonIbZ5fzaEVIios
- ASTM International. (2004). *ASTM D5340-04, Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. doi:<https://doi.org/10.1520/D5340-04>
- Bastidas, C., Lema, M., Chávez, F., Cabrera, F., & Ñacato, D. (2021). Evaluación del rendimiento del sistema de posicionamiento global (GPS) e INS/GPS sobre una trayectoria establecida. *Revista Perspectivas*, 3(1), 10-17.
doi:<https://doi.org/10.47187/perspectivas.vol3iss1.pp10-17.2021>
- Calzada, E. (8 de Marzo de 2021). *PDFCOFFEE*: <https://pdfcoffee.com/perfil-longitudinal-7-pdf-free.html#Edith+Calzada>

- Carita, J. (2022). *“Evaluación de Superficie de Rodadura en Pavimento Flexible para Determinar Uniformidad Aplicando el Sistema Roadroid con Smartphone Juliaca Puno 2022.* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo], Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/93438/Carita_CJJ-SD.pdf?sequence=4
- Chávez, A., & Peñarreta, L. (2019). *Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento.* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca], Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32499>
- Cuesta, U., Cuesta, V., Martínez, L., & Niño, J. (2020). Smartphone: en comunicación, algo más que una adicción. *Revista Latina de Comunicación Social*, (75), 367-381. doi:<http://www.doi.org/10.4185/RLCS-2020-1431>
- Eninetworks. (5 de Noviembre de 2018). *¿Qué es la nube y cómo se usa?* <https://www.eninetworks.com/blog-que-es-la-nube-y-como-se-usa/>
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.^a edición.). México: Editorial Mc Graw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Freire, J. (30 de junio de 2014). *Un pavimento en mal estado puede disminuir la vida útil de los vehículos hasta en un 25%.* <https://bit.ly/3sW3lCt>
- Hirpahuanca, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLÍN - 2016.* [Tesis de pregrado,

Universidad Andina del Cusco], Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/711>

Junaid, M. (2015). *Pavement performance measures using android-based smartphone application*. [Thesis of master, Osmania University], Darussalam, India. <https://bit.ly/3cUJCh8>

Lloclla, A., & Sánchez, K. (2019). *Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone Roadroid, rugosímetro electrónico Bump Integrator BI-100A y rugosímetro de MERLÍN*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco], Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3155>

López, C. (2018). *Influencia del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el comportamiento funcional y toma de decisiones de gestión vial en el tramo comprendido entre Silvania (PR 78+600) y Fusagasuga (PR 64+000) de la doble calzada Bogotá-Girardot*. [Paper de especialización en Ingeniería de Pavimentos, Universidad Militar Nueva Granada], RI UMNG. <http://hdl.handle.net/10654/17025>

Manríquez, E. (2020). *Acelerómetros y vibrómetros*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62849278/Acelerometros_y_vibrometros_-_Manriquez_Herrejon_Edgar20200406-54813-o62exd-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643245836&Signature=TmO~w7WA7udebzKzPYs400

MkUQuLBCCqDqchg5JeKtKpZ8Ed2snoYdZh~eAGqJgmvaSCPGoaMQ
ZKAK7Y

Menéndez, J. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: Manual Técnico*. Lima, Perú: Organización Internacional del Trabajo.
https://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/mcr_mantec.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Moyano, M. (2020). *Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], Repositorio Institucional PIRHUA.
<https://hdl.handle.net/11042/4781>

Muñoz, L. (2018). *Evaluación superficial del pavimento flexible del tramo 3 de la Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil aplicando el método PCI*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte], Repositorio Institucional UPN. <http://hdl.handle.net/11537/14407>

Napaico, K. (2019). *Aplicación del Índice de Rugosidad Internacional "IRI" en la gestión de conservación vial urbana*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes], Repositorio Institucional UPLA.
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/1299>

- Ramírez, B. (2017). *Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú], Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9714>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf
- Roadroid. (2014). *Referencia de proyectos Roadroid*. <https://www.roadroid.com/common/References/Roadroid%20Referencia%20de%20proyectos.pdf>
- Roadroid. (2021). *Roadroid*. <http://roadroid.com/>
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/1350>
- Román, F. (2020). *Metodología para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimentos flexibles en Guatemala*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala], Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Sánchez, I., & De Solminihac, H. (1989). El IRI: un indicador de la regularidad superficial. *Revista de Ingeniería de Construcción*, (6), 1-16.

- Valdés, L., & Alonso, A. (2017). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11(2), 1-11.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193954081002>
- Vidal, D. (2016). *Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante smartphone y un método tradicional*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú], Repositorio PUCP.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/6623>
- Zeña, C. (2017). *Determinación y evaluación de las patologías en la carpeta de rodadura del pavimento flexible empleando el método del PCI (índice de condición del pavimento) en la calle Moquegua entre la intercepción de la calle Tacna - avenida Loreto, distrito de Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote].