



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Evaluación del estado de Serviciabilidad de pavimento rígido
para mantenimiento vial utilizando aplicación roadroid con
Smartphone -Avenida Andahuaylas -Andahuaylas - Apurímac
2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Bach. Espinoza Leon Patricia Almendra (ORCID: 0000-0002-9173-6085)

Bach. Pocco Ramirez Betsy Marietha (ORCID: 0000-0002-6772-0761)

ASESOR:

Ms. Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola (ORCID: 000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Infraestructura Vial

CALLAO — PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, a nuestros padres por el apoyo y confianza brindada hacia nosotras para realizarnos profesionalmente, a nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por su apoyo moral. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

A Dios nuestro creador, por ser quien guía nuestros pasos, por bendecirnos y ayudarnos con las dificultades de día a día. A nuestros padres por su paciencia, comprensión, consejos y apoyo incondicional para ser personas de bien y poder lograr una profesión exitosa, a nuestro asesor asignado por brindarnos sus conocimientos durante el desarrollo de la investigación. Al equipo Roadroid por facilitarnos el uso del sistema para la elaboración de la tesis.

Índice de Contenido

| | |
|---|----|
| Dedicatoria | 1 |
| Agradecimiento | 2 |
| Índice de Contenido..... | 3 |
| Índice de tablas | 4 |
| Índice de Gráficos y figuras | 6 |
| Resumen..... | 8 |
| Abstract | 9 |
| I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| II. MARCO TEÓRICO. | 13 |
| III. METODOLOGÍA | 35 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 35 |
| 3.2. Variables y operacionalización: | 35 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 36 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: | 37 |
| 3.5. Procedimientos: | 37 |
| 3.6. Método de análisis de datos: | 52 |
| 3.7. Aspectos éticos:..... | 52 |
| IV. RESULTADOS..... | 53 |
| V. DISCUSIÓN | 74 |
| VI. CONCLUSIONES | 81 |
| VII. RECOMENDACIONES | 83 |
| REFERENCIAS | 85 |
| ANEXOS..... | 90 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Parámetros del IRI característico de pavimento rígido, según el tipo de vía | 25 |
| Tabla 2: Valores de PSI y Calificación de Serviciabilidad | 27 |
| Tabla 3: Condición vial según la rugosidad..... | 28 |
| Tabla 4: Valores de serviciabilidad y calificación de la vía..... | 28 |
| Tabla 5: Condición de la carretera de acuerdo a la rugosidad..... | 32 |
| Tabla 6: Formato de datos obtenidos con el Roadroid | 51 |
| Tabla 7: Coordenadas de la Av. Andahuaylas | 53 |
| Tabla 8: Datos recolectados con el Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril derecho | 54 |
| Tabla 9: Resultados de los datos adquiridos con la app Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril derecho..... | 58 |
| Tabla 10: Datos recolectados con la aplicación Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril izquierdo | 59 |
| Tabla 11: Resultados de los datos adquiridos con el aplicativo Roadroid de la Av. Andahuaylas – carril izquierdo | 63 |
| Tabla 12: Serviciabilidad y estado del pavimento | 65 |
| Tabla 13: Parámetro de control de Rugosidad del pavimento | 67 |
| Tabla 14: Parámetros de Rugosidad característica | 67 |
| Tabla 15: Valores alcanzados con la app Roadroid de acuerdo a los parámetros | 68 |
| Tabla 16: Propuesta de conservación vial - Pavimento rígido de la Av. | 70 |
| Tabla 17: Características perfilómetro láser vs Roadroid | 72 |
| Tabla 18: Matriz de operacionalización de variables | 90 |
| Tabla 19: Matriz de Consistencia..... | 92 |
| Tabla 20: Formato de datos recolectados por la aplicación Roadroid | 93 |
| Tabla 21: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho | 94 |
| Tabla 22: Resultados obtenidos con la aplicación Roadroid Av. Ejercito carril derecho | 100 |
| Tabla 23: Datos obtenidos con la aplicación roadroid | 101 |

Tabla 24: Resultados obtenidos con la aplicación Roadroid Av. Ejercito carril izquierdo.....106

Tabla 25: Resultado final obtenido con la aplicación Roadroid Av. Ejercito.....107

Índice de Gráficos y figuras

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1: eIRI, cIRI según Distancia recorrida – Av. Andahuaylas carril derecho | 57 |
| Gráfico 2: eIRI, cIRI según distancia recorrida - Av. Andahuaylas carril izquierdo | 62 |
| Gráfico 3: eIRI, cIRI según distancia recorrida Av. Ejercito – carril derecho | 99 |
| Gráfico 4: eIRI, cIRI segun distancia recorrida Av. Ejercito carril izquierdo..... | 105 |
| | |
| Figura 1: Sección típica - pavimento rígido | 17 |
| Figura 2: Esquema de Rugosímetro Merlin | 17 |
| Figura 3: Modelo de vehículo para el cálculo del IRI | 19 |
| Figura 4: Escala del IRI | 22 |
| Figura 5: Relación de los valores y características de circulación del IRI | 23 |
| Figura 6: Aplicación roadroid para Smartphone | 30 |
| Figura 7: Mapa de monitoreo del sistema roadroid | 31 |
| Figura 8: Estado de carretera..... | 31 |
| Figura 9: Historial de datos obtenidos en campo | 32 |
| Figura 10: Correlación del IRI – contraste de perfiles de Roadroid con otro instrumento..... | 33 |
| Figura 11: Configuración de medición del IRI con Roadroid..... | 34 |
| Figura 12: Ubicación de la muestra Av. Andahuaylas | |
| Fuente: Google Earth | 36 |
| Figura 13: Diagrama de flujo - Procedimiento de obtención de datos con app Roadroid..... | 38 |
| Figura 14: Automóvil Volkswagen seleccionado para la toma de datos..... | 40 |
| Figura 15: Móvil empleado para la recolección de datos..... | 40 |
| Figura 16: Aplicación roadroid..... | 41 |
| Figura 17: Inicio de la aplicación Roadroid Vpro3 en Smartphone..... | 41 |
| Figura 18: Instalación del sujetador con el Smartphone en el parabrisas del auto | 42 |
| Figura 19: Activación de wifi y GPS del teléfono | 42 |
| Figura 20: Inicio de la App Roadroid en el teléfono | 43 |
| Figura 21: Configuración dentro del aplicativo | 43 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22: Configuración general de la aplicación..... | 44 |
| Figura 23: Configuración Data media & sync. | 44 |
| Figura 24: Configuración de la unidad de velocidad y lenguaje del aplicativo..... | 45 |
| Figura 25: Selección del tipo de vehículo y frecuencia del acelerómetro | 45 |
| Figura 26: Selección de la opción de calibración (botón amarillo)..... | 46 |
| Figura 27: Graduación del teléfono | 46 |
| Figura 28: Inicio de la recopilación de datos para el diagnóstico de rugosidad... | 47 |
| Figura 29: Carga de datos de la app al sistema roadroid..... | 47 |
| Figura 30: Cargas datos obtenidos de campo al sistema roadroid..... | 48 |
| Figura 31: Inicio de sesión en el sitio web roadroid | 48 |
| Figura 32: Visualización de mapa, condición de pavimento | 49 |
| Figura 33: Base de datos generados en el sistema roadroid..... | 50 |
| Figura 34: Descarga de datos | 50 |
| Figura 35: Datos obtenidos con la app roadroid..... | 51 |
| Figura 36: Ubicación geográfica de la Av. Andahuaylas | 53 |
| Figura 37: Visualización del estado actual de la Av. Andahuaylas..... | 111 |
| Figura 38: losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-3..... | 111 |
| Figura 39: Pavimento con presencia de fisuras transversales | 112 |
| Figura 40: losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-2..... | 112 |
| Figura 41: Losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-1..... | 113 |
| Figura 42: Despostillamiento de juntas..... | 113 |
| Figura 43: Desprendimiento de material C-1 | 114 |
| Figura 44: Diseño antiguo - Carencia de cunetas | 114 |
| Figura 45: Vehículo seleccionado para la recolección de datos..... | 115 |
| Figura 46: Instalación de Sujetador y Smartphone..... | 115 |
| Figura 47: Apoyo para la recolección de datos | 116 |

Resumen

El presente trabajo de investigación, se tuvo como problema general: ¿Cómo determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid con Smartphone para establecer el tipo de mantenimiento vial en Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac- 2021?, su objetivo general fue: Determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido empleando la aplicación Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas. y la hipótesis general fue: Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el estado de serviciabilidad del pavimento rígido de la av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac. La investigación fue del tipo aplicada, el diseño fue cuasi - experimental. como población se tuvo las calles de la Provincia de Andahuaylas – Apurímac, la muestra que se analizó en la presente, está constituida por pavimento rígido de la Av. Andahuaylas con una longitud total de 690 ml de recorrido en ambos carriles. El muestreo fue no probabilístico, teniendo como conclusión general que la serviciabilidad presente en la avenida Andahuaylas para el carril derecho obtuvo un valor cuantitativo de 0.79, para el carril izquierdo de 0.50 y un valor promedio de 0.65, de acuerdo a la rugosidad ($IRI_p = 11.43$ m/km promedio de ambos carriles), clasificándose como un pavimento en condición “MUY MALA”, lo cual está fuera del rango óptimo, es decir actualmente el pavimento ofrece pésimas condiciones de servicio a los usuarios. Por lo que requiere su intervención inmediata, para recuperar la serviciabilidad y garantizar un buen estado del pavimento rígido de una de las avenidas primordiales de la Provincia de Andahuaylas.

Palabras claves: Serviciabilidad, Índice de Rugosidad Internacional, Roadroid, Mantenimiento Vial.

Abstract

The present research work had as a general problem: How to determine the serviceability status of the rigid pavement using the Roadroid application with Smartphone to establish the type of road maintenance in Av. Andahuaylas of the district and province of Andahuaylas - Apurímac- 2021? Its general objective was: To determine the serviceability status of the rigid pavement using the Roadroid application with a Smartphone, on Av. Andahuaylas in the district and province of Andahuaylas. and the general hypothesis was: Using the Roadroid system with Smartphone, the state of serviceability of the rigid pavement of the av is determined. Andahuaylas of the district and province of Andahuaylas - Apurímac. The research was of the applied type; the design was quasi - experimental. The population was the streets of the Province of Andahuaylas - Apurímac, the sample that was analyzed in the present, is constituted by rigid pavement of Av. Andahuaylas with a total length of 690 ml of route in both lanes. The sampling was non-probabilistic, having as a general conclusion that the serviceability present in the Andahuaylas avenue for the right lane obtained a quantitative value of 0.79, for the left lane of 0.50 and an average value of 0.65, according to the roughness ($IRI_p = 11.43$ m / km average of both lanes), being classified as a pavement in "VERY BAD" condition, which is outside the optimal range, that is to say, the pavement currently offers terrible service conditions to users. Therefore, your intervention is required, to regain immediate serviceability and guarantee a good condition of the rigid pavement of one of the main avenues of the Province of Andahuaylas.

Keywords: Serviceability, International Roughness Index, Roadroid, Road Maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En la provincia de Andahuaylas actualmente se convive con deterioros de pavimentos a nivel superficial, debido a los factores esenciales como el mal proceso constructivo y la falta de intervención de mantenimiento o conservación rutinario de las vías.

La avenida Andahuaylas considerada una de las vías principales puesto que se centra la comercialización y alto tránsito vehicular, no es ajeno a los problemas de deficiencias y daños severos, afectando drásticamente al tránsito vehicular y peatonal de la población.

En consecuencia, el trabajo de investigación se focaliza en evaluar la serviciabilidad del pavimento rígido para mantenimiento vial utilizando aplicación Roadroid con Smartphone de la avenida Andahuaylas, donde se podrá identificar el estado actual del tramo a intervenir, asimismo el IRI y posibles alternativas para el mantenimiento del pavimento rígido.

PROBLEMA PRINCIPAL:

- ¿Cómo determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid con Smartphone para establecer el tipo de mantenimiento vial en Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac- 2021?

PROBLEMA ESPECIFICO:

- ¿Cómo podemos determinar el IRI del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021?
- ¿Cómo podemos determinar las alternativas de solución para el mantenimiento del pavimento rígido aplicando el sistema Roadroid de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021?
- ¿Cómo podemos evaluar los beneficios del uso de la aplicación Roadroid?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido empleando la aplicación Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el IRI del pavimento rígido utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac.
- Determinar las alternativas de mantenimiento empleando el sistema Roadroid con Smartphone, de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac.
- Evaluar los beneficios del uso de la aplicación Roadroid.

HIPOTESIS:

HIPOTESIS GENERAL:

- Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el estado de serviciabilidad del pavimento rígido de la av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac.

HIPOTESIS ESPECIFICAS:

- Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el IRI del pavimento rígido de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac.
- Empleando el sistema Roadroid, se obtiene las alternativas de mantenimiento de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac.
- Los beneficios que ofrece Roadroid a comparación con los otros métodos para medir rugosidad son favorables.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se evidencia el estado actual de la serviciabilidad de la avenida Andahuaylas, asimismo los deterioros, que saltan a simple vista a lo largo de la vía, la cual requiere ser evaluada para poder realizar las intervenciones.

La presente tesis se justifica técnicamente puesto que la aplicación Roadroid con Smartphone nos diagnostica de manera rápida y sencilla, el valor del IRI en el pavimento de la avenida Andahuaylas.

Del mismo modo se justifica que la aplicación Roadroid es una herramienta tecnológica de diagnóstico económica comparados con otros instrumentos convencionales, el cual es favorable ya que no se necesita personal especializado ni la compra de otros equipos a utilizar para el diagnóstico de la rugosidad del pavimento.

En resumen, se justifica socialmente, ya que la evaluación del presente, se realizará mediante la aplicación del sistema Roadroid. obteniendo datos para posteriormente trabajarlo en gabinete, con los resultados adquiridos se darán alternativas de mantenimiento vial, el pavimento en buen estado brindara mayor satisfacción a los usuarios facilitando la fluidez del tránsito sin tener accidentes ni daños vehiculares.

Por último, la información adquirida del presente trabajo brindará aportes, para posteriores investigaciones similares, las cuales se utilizarán de referencia y guía sobre la evaluación de estados de serviciabilidad de pavimentos rígidos con la aplicación Roadroid con Smartphone.

II. MARCO TEÓRICO.

ANTECEDENTES

En el proyecto de ingeniería civil, facultad Técnica de Oruro, consistió en asimilar el valor del IRI obtenidos con el Roadroid y el razonamiento antiguo, concluyendo que la analogía entre uno y otro métodos fue de 95.26 % dando una correlación directa entre el eIRI (Roadroid) y el IRI (mira y nivel) , simultáneamente se menciona que el Roadroid tiene un alto rendimiento y bajo costo a representación del método tradicional, el tesista recomienda el uso de Roadroid para la valoración de pavimentos con pendientes alteradas y tramos largos, este aplicativo trabaja muy perfectamente en zonas de altura puesto que no presento problemas en la localidad de Cala Cala donde estaban a 3760 msnm a la vez recomienda conservar una velocidad de 80 km/h y eludir cualquier rasgueo internamente del vehículo a usar en la evaluación, en primer lugar recomienda el uso del Roadroid a entidades públicas y privadas para facilitar el mantenimiento de las vías públicas, por su bajo costo y su excelente rendimiento. Gutiérrez G, (2018).

En el presente proyecto de trabajo de titulación: “DESARROLLO DE LA CORRELACION ENTRE DOS INDICADORES DE LA CONDICION DE SUPERFICIE DEL PAVIMENTO”, determino la Correlación entre el PCI y el IRI en la zona de la Av. Loja ubicada en la ciudad de Cuenca – Ecuador, su prospección tiene como base el análisis de 86 secciones de 50 metros. El autor llevo a señalar que respecto al PCI, el 45% y 35% de las secciones analizadas tienen un estado excelente y el 11% y 9% restante tienen un estado bueno y malo, respecto al IRI dio un resultado de 4.8 m/km el cual lo clasifica como un pavimento en pésimas condiciones de servicio, roto y conmovido, dando una correlación entre PCI y eIRI de -0.79. El signo negativo en el resultado quiere decir que mientras el PCI incrementa el eIRI disminuye y esto se encuentra descrito por la ecuación $PCI = -13.325(eIRI) + 156.35$, concluyendo que se debe de emplear el Roadroid para calcular el eIRI y de esta forma poder hallar el PCI. Chávez, A. & Peñarreta L, (2019).

En la investigación “ANÁLISIS DE LOS ATRIBUTOS DE SEGURIDAD VIAL UTILIZANDO MODELOS IRAP Y UN ROADROID DE APLICACIÓN BASADA EN SMARTPHONE”, de National University of science and technology Tuvo como finalidad valorar la capacidad del Roadroid como sondeo herramienta en países de ingresos medianos bajos. Se utilizó Roadroid para percibir imágenes georreferenciadas y para totalizar el tráfico. La codificación de los atributos de las carreteras se realizó mediante la herramienta web Calificación de estrellas para diseños. y Mapillary. Los resultados del estudio mostraron que la autopista Bulawayo-Shangani era un suelo de elevado daño con una calificación de 1 estrella para todos los usuarios de la vía. El principal problema era alto velocidades de operación que no cumplieron con las calificaciones de seguridad de los elementos de infraestructura vial. Se encontró el uso de Roadroid como aparato de indagación en países de beneficios bajos-medianos para ser veraz. Las aplicaciones de Roadroid son fáciles de beneficiarse y portátiles para disfrutar sin apresuramiento de capacitación. El software ha demostrado ser autónomo para tratar en la evaluación de la seguridad vial en carreteras a bajo costo. Tendekayi, M. (2020).

La presente tesis “PENILAIAN KONDISI JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PCI DAN APLIKASI ROADROID PADA RUAS JALAN PALAGAN KM. 12 – KM. 15 DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA” tuvo como objetivo conocer el valor de desnivel en la carretera Palagan Km.12 - Km.15. La investigación utilizada es el método PCI y el software Roadroid, lo cual para valorar el desnivel de la superficie con el proceso PCI es la cantidad de amenaza, la calidad del peligro y la variedad de riesgo. Lo que requiere el software Roadroid son los valores EIRI y CIRI. indagación sobre el método PCI confirmado visualmente identificando los segmentos de amenaza que existen en el área. El software Roadroid se realiza mediante un Smartphone y un vehículo con determinadas especificaciones. Este software utiliza el sensor de vibración integrado para conseguir la puntuación de descenso de la firme de una manera acertado y competente, obteniendo como resultado el valor de PCI a un 81,79% y el valor de desigualdad (IRI) con el software Roadroid es de 2,8 m / km. Rohmita, G. (2021).

Se usaron teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín”. Para desarrollar la investigación de la Universidad Andina del Cuzco, donde tuvo como finalidad conocer y analizar los resultados del sistema roadroid. Finalizando que la similitud de los valores es de 90%, destacando que el roadroid tiene mayor beneficio en el costo y rendimiento, los resultados por ambos métodos propuestos de la vía Cuzco-Urcos es antigua y con imperfecciones superficiales, presentando una transitabilidad regular”.(LAURA, 2016).

En la Presente tesis: “EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RUGOSIDAD EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO APLICANDO EL MÉTODO ROADROID Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN”. Consistió en la apreciación de la rugosidad en pavimentos, de la ciudad de Puno Av. Floral, para lo cual se hizo un análisis y comparación con dos métodos utilizando: El rugosímetro Merlín y la aplicación roadroid, llegando a la conclusión que el roadroid proporciona valores similares al Merlín y se puede afirmar que el rendimiento es superior al método convencional. (Camacho, 2018).

Para obtener el título profesional de ingeniero civil, la presente consistió en identificar la uniformidad superficial del pavimento en la ciudad de Chiclayo, la cual se elaboró para restablecer la calidad y saber el estado actual de pavimento, donde se llegó a estimar el IRI, por el sistema roadroid empleando un móvil, en las avenidas, que finalmente se concluyó que dichas avenidas no cumplen con el rango de 2.5 m/km establecido por la norma peruana, en el cual el valor mínimo del IRI se obtuvo en la N° 07 - Av. Tumbes con un valor de 3.29 m/km y la máxima fue en la N° 29 Av. José Rivadeneira y Tejada con un valor de 28.53 m/km, finalmente dichas avenidas se encuentran en condiciones pobres y necesitan de un mantenimiento para mejorar su transitabilidad vehicular. (Latorre, 2018).

En la investigación de tesis: “APLICACIÓN DEL IRI”. Tuvo por finalidad definir el IRI, para optimizar la gestión de Conservación vial Urbana, alcanzando al argumento que con la obtención del IRI se optimizó considerablemente la administración de mantenimiento vial, mediante los datos recolectados se impuso efectuar el mantenimiento periódica y rutinaria. (Napaico, 2019).

En la investigación de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca, tuvo como finalidad estudiar la variabilidad que existe, entre los datos sacados de la APP Roadroid con respecto al instrumento MERLIN, para el diagnóstico del IRI en la carretera Baños del Inca – Llacanora. Concluyendo en dicho estudio que la comparación de ambos métodos nos dio variaciones que oscilan desde 0.00% como mínimo y 156.95% como máximo. En el viaje 2 se obtuvo resultados con mayor similitud, teniendo variaciones desde 0.00% hasta 62.59% para el carril derecho y 1.65% hasta 69.15% para el carril izquierdo. Por otro, al realizar la regresión lineal y hallar el R², los resultados del viaje 3 obtuvieron una mayor relación entre el IRI y elIRI, obteniendo valores 0.2276 y 0.4044 para ambos carriles respectivamente; pudiendo concluir que existe una relación positiva baja entre el IRI y elIRI. La aplicación Roadroid es una buena alternativa para la medición del IRI por su alto rendimiento y fácil dominio, pero se ve muy limitada para su uso en la provincia de Cajamarca, puesto que depende de velocidades elevadas y constantes, las cuales son difíciles de cumplir debido a las características geométricas propias de las carreteras en esta zona. (Manco, 2020).

Enfoque conceptual

En el “manual de carreteras sección: suelos y pavimentos”, define al pavimento como estructura de diferentes capas conformada sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los automóviles y perfeccionar la estabilidad, seguridad y bienestar para el tránsito (MTC, 2013).

De acuerdo con el (MTC, 2013), un pavimento flexible está conformada por subbase, base y capa de rodadura, constituida con grava y arena, con materia bituminosa adquirido del asfalto, y de ser el caso aditivo. Lo cual su uso se realiza fundamentalmente en zonas con un flujo vehicular alto. Cabe mencionar que la resistencia del pavimento no debe ser menor a 8 años y suele tener una vida útil de 20 años.

El pavimento rígido es una estructura constituida por una losa de concreto que se apoya sobre la base y sub-base. La misma, recepciona cargas emitidas por los automóviles que recorren la carretera. (MTC, 2013)

patrocinado por el Banco Mundial con la finalidad de precisar un índice de medida que pudiese ser usado por equipos ya mencionados anteriormente que aportase una escala única de valores. Además, para aquellos sistemas que no son exactos se facilita relaciones de correlación entre los índices alcanzados por estos sistemas.

Revista ingeniería de construcción N°6 (1989)

Los primeros resultados y conclusiones del IRRE se expusieron en el X Congreso Mundial de la IRF, organizado en Río de Janeiro en octubre de 1984 y Congreso Anual del Transportation Research Board (TRB) norteamericano. El efecto de este interés común por conseguir una medida universal de la regularidad superficial, ha sido el IRI. Revista ingeniería de construcción N°6 (1989)

En la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems, se da a conocer la definición de Roughness, desviación de una superficie respecto a una plana, con dimensiones que alteran la dinámica del automóvil, la calidad de manejo y cargas dinámicas.

La rugosidad en pavimentos es notable ya que está concurrente con la estabilidad y bienestar, costos de adquisición vehicular y mantenimiento vial. Una rugosidad insustancial excelente permite serviciabilidad muy buena, dado que la oscilación del carro será insignificante.

Como expresa Badilla (2009) Esto tiene relación con el costo de maniobra vehicular, ya que las rugosidades, reducción de celeridad, se destellan en un mayor deterioro de neumáticos, incremento del lapso de marcha, lo que acrecentaría el costo de conservación (mantenimiento, rehabilitación).

se toma en cuenta que el aumento de irregularidades está sujeta a las cargas emitidas por el tráfico, la condición de subrasante, etc. En conclusión, se estima entender la uniformidad del pavimento desde el inicio de su etapa para resolver labores de conservación (mantenimiento, rehabilitación) pertinentes. (Badilla, 2009)

El modelo "Cuarto de carro", tiene sus orígenes en el programa NCHRP y está basado en el modelo llamado "Golden Car", la medición del IRI se basa en el acopio de desplazamientos en valor absoluto de la masa superior con respecto a la inferior (en mm, m, in) de un tipo de vehículo cuarto de carro, lo cual se divide la longitud sobre una vía (en m, km o millas) que se crea por las vibraciones del carro, cuando este viaja a una velocidad de 80km/hr. El IRI se expresa en unidades de mm/m,

m/km, in/mi, etc. Asimismo, sirve para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de una vía.

ASTM: Sayers M.W “Development Implementation and Application of the referente Quarter-car simulati3n”.

Para precisar el IRI se aplica un modelo matemático que simula la suspensi3n y masas de un autom3vil, desplazándose por la longitud de vía, con una velocidad establecido. Este modelo representa la cuarta parte de un auto de cuatro ruedas, representado en la Figura N3. Si se conoce el perfil longitudinal de la carretera, y (x), y la velocidad a la que recorre el vehículo, V, se puede cuantificar en cada punto el movimiento, z1 y z2, de cada una de las masas, m1 y m2, que componen el modelo. Revista ingeniería de construcci3n N6 (1989).

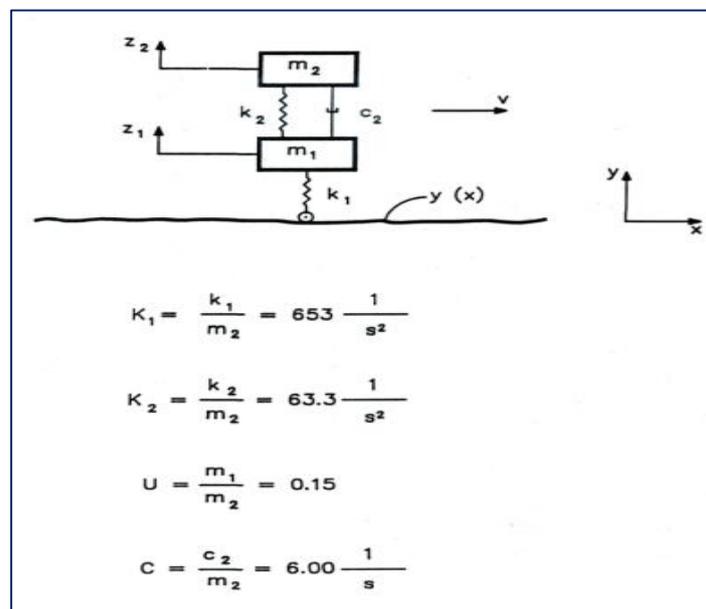


Figura 3: Modelo de vehículo para el cálculo del IRI.
Fuente: Revista ingeniería de construcci3n N6 (1989)

El valor del IRI está determinado por la siguiente expresi3n:

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{x/V} |\dot{z}_s - \dot{z}_u| dt \quad \text{Ecuaci3n (1)}$$

Donde:

IRI: índice internacional de rugosidad en mm/m; L: longitud del tramo, X: distancia longitudinal en m, V: velocidad del modelo del vehículo (80 km/h), X/V: tiempo en que tarda recorrer cierta distancia x, dt: incremento del tiempo, Zs: velocidad vertical de la masa del vehículo, Zr: velocidad vertical de la masa del eje.

Los distintos métodos que existe para calcular la rugosidad del pavimento se catalogan en cuatro clases. De acuerdo a la Revista ingeniería de construcción N°6 (1989), la Clase 1. Perfiles de precisión: figura el mayor grado de precisión en el cálculo del IRI. Esta clase requiere una medición exacta del perfil longitudinal y que sea declarado en una escala de elevaciones en puntos apartados por una reducida diferencia.

La revista ingeniería de construcción N°6 (1989) menciona que, actualmente, los métodos de nivel y mira pertenecientes a la Clase 1, Ya que son convenientes para su validez y calibración de otros métodos. Debido a su ineficiencia y alta precisión, se recomienda que no son convenientes para mayores exámenes.

En la clase 2. Métodos perfilométricos: se basan en la medición de la rugosidad superficial, sin embargo, no posee la precisión solicitada para ser considerada de Clase 1. Consiste en cálculos con perfilómetros y métodos no dinámicos que no cumplen la perspectiva de exactitud. Hoy por hoy los perfilómetros del tipo APL mantiene su eficiencia en toda la escala de regularidades y longitudes de onda requeridos por el IRI para un sistema de Clase 2. El perfilómetro inercial GMR ha sido aceptado como de Clase 2, para pavimentos con valores del IRI menores a 3 m/km. Revista ingeniería de construcción N°6 (1989).

Clase 3. Estimaciones del IRI mediante correlaciones; La mayoría de los cálculos de la rugosidad superficial. Las medidas alcanzadas con los equipos de este tipo dependen de las características no estáticas de cada automóvil, por consiguiente, es fundamental procesar las medidas recolectadas por estos sistemas para poder alcanzar coeficientes comparables con el IRI. A través de ecuaciones de correlación se logra calibrar experimentalmente cada uno de los aparatos con alguno de los sistemas de las clases 1 ó 2. Es indispensable conservar controles rigurosos tanto en el uso del automóvil como en su mantenimiento.

En la clase 4. Valores subjetivos y medidas sin calibrar, por cuestiones ahorrrativo o de otro tipo, se requiere conocer el estado de la carretera, a pesar de ello es deseable relacionar la medida de la rugosidad a la escala IRI, en estos casos se puede utilizar un aparato tipo respuesta sin calibrar las sensaciones de confort y seguridad que experimenta una persona experta en la materia al transitar por la via. La conversión de estas observaciones a la escala IRI, se limita a una equivalencia aproximada que se asocia a unas descripciones estándar del estado de la carretera en función del valor de IRI. Estas medidas u observaciones se consideran de Clase 4. Revista ingeniería de construcción N°6 (1989).

Ya se mencionó en lo descrito anteriormente que el concepto del IRI era la pendiente media del movimiento relativo de las masas de un auto, recorriendo a una rapidez de 80 km/h por un tramo de pavimento. La unidad de medida del IRI es por lo tanto la de una pendiente (adimensional). Es recomendable, sin embargo, para no manejar valores muy pequeños, el expresar el IRI en unidades de m/km, mm/m o de pendiente multiplicada por mil.

Es indispensable la distancia seleccionada para evaluar el IRI tiene alguna influencia en el valor numérico del mismo. Se sugirieron tramos mayores a 160 m. Tomando en cuenta esta sugerencia con la finalidad de establecer lo más preciso posible la rugosidad de una vía, se recomienda distancias de 200 m para definir el IRI.

En la Figura N° 4 se observa los valores del IRI de los distintos tipos de vías, así como las velocidades de circulación por dichas vías en condiciones de estabilidad y confort.

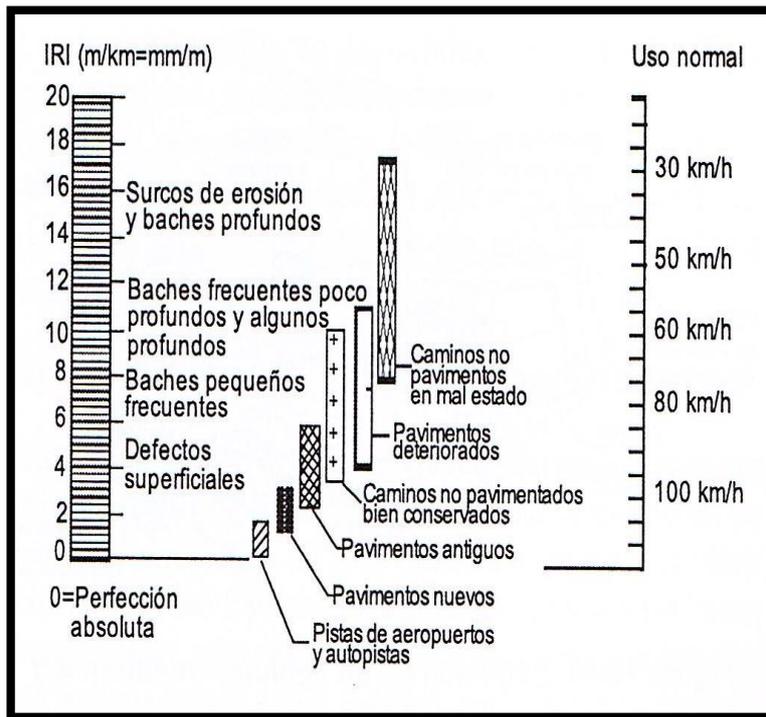


Figura 4: Escala del IRI
Fuente: Revista ingeniería de construcción N°6 (1989)

En la Figura N°5 se muestra la relación de actividades de velocidades, defectos superficiales, y la escala de valores de rugosidad.

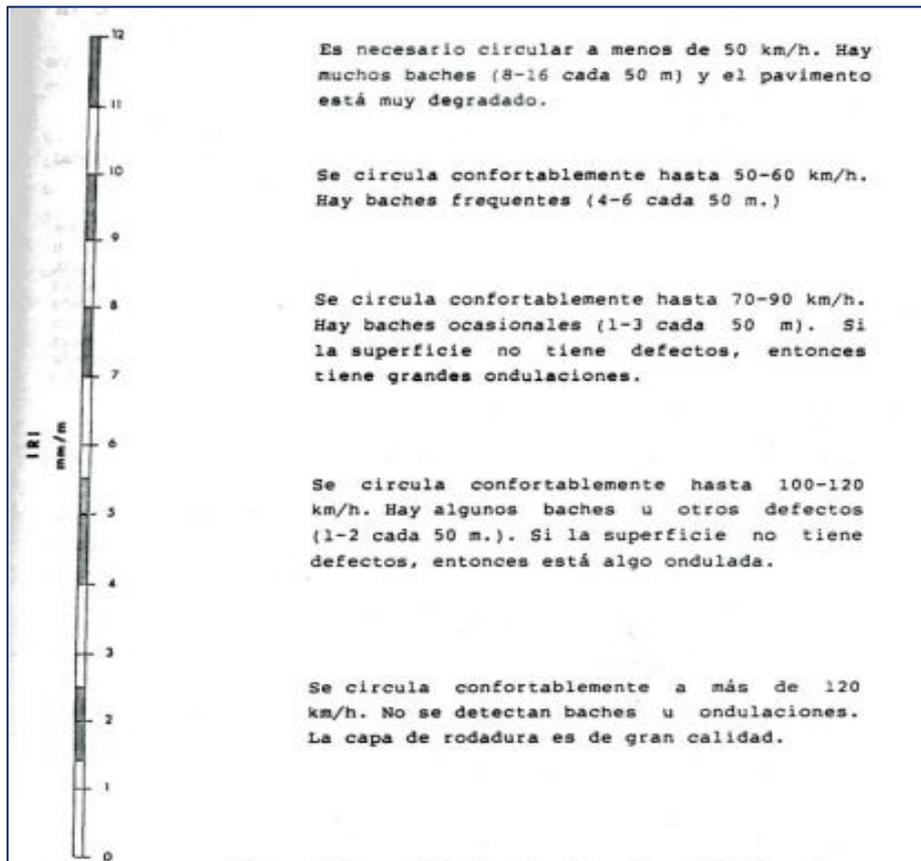


Figura 5: Relación de los valores y características de circulación del IRI
Fuente: Revista ingeniería de construcción N°6 (1989)

La precisión que se requiere para la medición del IRI necesita de la regularidad superficial, se requiere que las precisiones de las medidas de desnivel cumplan con las siguientes condiciones:

Clase 1: Precisión (mm) < $0,25 \cdot \text{IRI} - \text{m/km}$.

Clase 2: Precisión (mm) $\leq 0,50 \cdot \text{IRI} - \text{m/km}$.

Asimismo, la medida no será > a 25 mm para la Clase 1 y a 50 mm para la Clase 2. Cabe precisar que la precisión depende de la rugosidad. Lo cual no se obtendrá hasta determinar el perfil longitudinal de la superficie. Estas condiciones son básicas para los componentes del perfil. Revista ingeniería de construcción N°6 (1989).

En cuanto a los Parámetros de Índice de Rugosidad internacional

La Norma CE. 010 pavimentos Urbanos (2010, p. 20) establece lo siguiente:

- El valor máximo de rugosidades de las vías pavimentadas deberá tener **2.5m/km** en unidades IRI “vías expresas”, en caso de no cumplir con el requisito el profesional responsable tendrá que evaluar y tomar medidas correctivas que mejoren la vía.
- Para la fijar de “La rugosidad se podrá utilizar cualquier equipo y método técnicamente aprobados por la supervisión”.
- “La evaluación de rugosidad de las vías pavimentadas debe raizarse en toda la longitud (ambas huellas vehiculares).

Tabla 1: Parámetros del IRI característico de pavimento rígido, según el tipo de vía

| 4.a Niveles de servicio para: CALZADA (Concreto Hidráulico) | | Nivel de Servicio Tipo de Vía | | | | |
|---|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Autopista 1ª clase | Autopista 2ª clase | Carretera 1ª clase | Carretera 2ª clase | Carretera 3ª clase |
| Parámetro | Medida | IMD > 6000 | 4001 ≤ IMD ≤ 6000 | 2001 ≤ IMD ≤ 4000 | 400 ≤ IMD ≤ 2000 | IMD < 400 |
| Desnivel entre losas | Porcentaje máximo de longitud con desnivel ≥ 10 mm | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% |
| Fisuras Longitudinales | Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm. | 3% | 3% | 5% | 5% | 5% |
| Fisuras Transversales | Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm. | 2% | 2% | 5% | 5% | 5% |
| Fisuras de Esquina | Porcentaje máximo de área con fisuras en esquina | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% |
| Fisuras Oblicuas | Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm. | 0% | 0% | 0% | 5% | 5% |
| Reparaciones o Parchados | Porcentaje máximo de parches en mal estado | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Despostillamiento de Juntas | Porcentaje máximo de área con despostillamiento de juntas | 0% | 0% | 0% | 5% | 5% |
| Desprendimiento | Porcentaje máximo de área con desprendimiento | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Baches o Huecos | Porcentaje máximo de área con baches o huecos | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Tratamiento Superficial o Carpeta Asfáltica | Porcentaje máximo de área con desprendimiento de tratamiento superficial o de la carpeta asfáltica | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Rugosidad Obra Nueva | Rugosidad característica del tramo (nuevo) | 2.0 IRI _c (1) | 2.0 IRI _c (1) | 2.2 IRI _c (2) | 2.4 IRI _c (3) | 2.8 IRI _c (5) |
| Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica | Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica) | 2.5 IRI _c (1) | 2.5 IRI _c (1) | 2.7 IRI _c (2) | 2.9 IRI _c (3) | 3.3 IRI _c (5) |
| Rugosidad Periodo de Servicio | Rugosidad característica del tramo (Periodo de Servicio) | 3.3 IRI _c (1) | 3.3 IRI _c (1) | 3.5 IRI _c (2) | 3.7 IRI _c (3) | 4.1 IRI _c (5) |
| Fricción Superficial | Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado | No menor de 0.55 | No menor de 0.55 | No menor de 0.55 | No menor de 0.50 | No menor de 0.50 |

(1) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%. IRI_c = IRI_p + 1,645 x d_s
(2) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 90%. IRI_c = IRI_p + 1,282 x d_s
(3) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 85%. IRI_c = IRI_p + 1,036 x d_s
(4) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%. IRI_c = IRI_p + 0,842 x d_s
(5) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 75%. IRI_c = IRI_p + 0,674 x d_s
IRI_p = IRI promedio d_s = desviación estándar

Fuente: Manual de Conservación Vial, MTC - 2018.

El Manual de Conservación Vial también establece valores relacionados al IRI, el cual se denomina IRI característico quien es igual al IRI promedio obtenido adicionando un coeficiente establecido en el manual, este último multiplicado por la desviación estándar del perfil. Estos datos son propuestos en relación al prototipo de carretera (clasificación según demanda) y estado en que se encuentran. El valor en función al estado de la vía se refiere a si las obras son nuevas, tienen recapeo asfáltico o se encuentran en estado de servicio. Napaico (2019).

Para poder hacer uso de estos valores se tomó en consideración que la vía urbana o local Av. Andahuaylas de la provincia de Andahuaylas, se considera una vía de alto tránsito vehicular, debido a que está en servicio para transporte inter distrital, local y comercial, es por ello que se utilizó los valores como si fueran carreteras de segunda clase.

Para calcular el IRIC al 80% se utiliza la siguiente formula, según el Manual de mantenimiento (MTC-2018):

$$\text{IRIC} = \text{IRIp} + 0.842 \times \text{ds}$$

IRIC - IRI característico

IRIp - IRI promedio

Ds - Desviación Estándar

Se define el PSI como la condición de una superficie de pavimento a fin de suministrar a los usuarios un manejo seguro y cómodo. Su rango varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor.

La serviciabilidad es una subjetiva de la calificación del pavimento, el cual se define como parámetros medibles (el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc.). Aastho (1993).

Tabla 2:Valores de PSI y Calificación de Serviciabilidad

| Valores de PSI y calificación de la Serviciabilidad | |
|---|---------------|
| PSI | Calificación |
| (0.0) | Intransitable |
| (0.1 – 1.0) | Muy Malo |
| (1.1 – 2.0) | Malo |
| (2.1 – 3.0) | Regular |
| (3.1 – 4.0) | Bueno |
| (4.1 – 4.9) | Muy Bueno |
| (5.0) | Excelente |

Fuente: Norma CE 010

Determination del PSI:

La determinación del PSI se lleva a cabo empleando el termino establecida por Sayers (1986), que relaciona la rugosidad con el índice de Serviciabilidad. de acuerdo a la ecuación formulada por el banco mundial.

El PSI, oscila de 0 (carretera imposible de transitar) a 5 (carretera perfecta).

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

IRI - (Indice de Rugosidad Internacional)

PSI - (Indice de Serviciabilidad Presente)

Tabla 3: Condición vial según la rugosidad

| Condición Vial, según la rugosidad | | |
|------------------------------------|------------------------|---------------------|
| | Pavimentadas | No pavimentadas |
| Estado | Rugosidad | Rugosidad |
| Bueno | $(0 < IRI < 2.8)$ | $(IRI < 6)$ |
| Regular | $(2.8 < IRI \leq 4.0)$ | $(6 < IRI \leq 8)$ |
| Malo | $(4.0 < IRI \leq 5.0)$ | $(8 < IRI \leq 10)$ |
| Muy malo | $(5 < IRI)$ | $(10 < IRI)$ |

Fuente: según Especificaciones Técnicas - Conservación de Carreteras - MTC – 2007

Tabla 4: Valores de serviciabilidad y calificación de la vía

| Indice de Serviabilidad (PSI) | Calificación |
|-------------------------------|--------------|
| (5 – 4) | Muy Buena |
| (4 – 3) | Buena |
| (3 – 2) | Regular |
| (2 – 1) | Mala |
| (1 – 0) | Muy Mala |

Fuente: Guía AASTHO – 1993

Según Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Conservación Vial (2018), la Gestión de Conservación Vial se realiza una relación de trabajos están vinculados entre sí. Las actividades a realizarse son “la organización, la corporación, el financiamiento, la realización, el cuidado”, por el cual se espera que la conservación vial afiance “la economía, la fluidez y el bienestar de los usuarios viales”. Napaico (2019).

El MTC - Especificaciones Técnicas - Conservación de Carreteras (2007), Clasifica la conservación vial de acuerdo a la frecuencia con la que se repiten, por lo cual establece que son rutinarias y periódicas: Las rutinarias se realizan constantemente en distintos tramos de vía por otro lado las periódicas en intervalos de tiempo. Napaico (2019).

Actividades de conservación periódica

Pavimento rígido:

- El resello en juntas y sello en grietas comprende en cubrir las juntas y sellado de grietas existentes en el revestimiento del suelo, para que la actividad se ejecute satisfactoriamente se debe tener en cuenta que no exista desplazamientos significativos. De lo contrario se realizará la reparación en el grosor general de la losa (Manual de carreteras – conservación vial 2018).
- La reparación de losa en espesor total comprende en realizar el corte de las losas para sustituir el volumen total de la calzada. asimismo, consiste el acopio del pavimento rígido retirado en los DME, la refacción de subbase si esta requiere, la distribución de varillas de acero en el perímetro del área donde se está trabajando, la disposición de la mezcla, su traslado, posición, curado, aserrado y sellado de juntas, de ser necesario. Cuyo objeto es remplazar parte o el completo de la losa en su espesor total. Si dentro de la zona a intervenir existen juntas de dilatación, estas deberán ser distribuidas con varillas de transferencia de cargas, según indica el MTC - especificaciones Técnicas para la construcción. Esta acción se ejecuta donde existan grietas longitudinales, transversales y de esquina, que indiquen señales de no estar trabajando, es decir, no transfieren cargas a las losas contiguas. también cuando exista grietas con astilladuras o gangrena en las aristas, en más de un cuarto del grosor de la losa (MTC - conservación vial, 2018).
- La reconstrucción o reemplazo de losas Comprende en el aislamiento de losas que se encuentran muy deterioradas y la sustitución de nuevas losas. Asimismo, se debe tener en cuenta el traslado del material removido a lugares acreditados, la provisión de la rasante y subbase si fuera imprescindible. El objetivo de esta actividad es con el fin de ofrecer confianza y comodidad a los usuarios (MTC - conservación vial, 2018).

Historia y antecedentes

“El equipo Roadroid creado en el 2001 por los ingenieros Lars, Hans y Tommy; quienes lanzaron al comercio desde su año de creación hasta el año 2006, empleando un pc, acelerómetro externo, un amplificador de señal y GPS. Sin embargo, la técnica no era convincente en los resultados. Por lo cual en el 2010 recibieron y supieron que los Smartphone contaban con las herramientas para el resultado, en el que resolvieron dificultades recientes en una forma más práctica, a lo largo del 2011 realizaron pruebas de ámbito, reuniendo las experiencias obtenidas desde su creación. Hoy por hoy Roadroid es visto como una herramienta de cálculo, entre el segmento 2 y la categoría 3” La Torre (2018, p.31).

La aplicación Roadroid es un instrumento útil para observar las condiciones de las vías, mediante un smartphone, consistiendo en:

- 1.- Una herramienta que recolecta las vibraciones de la vía con la función de acelerómetro del móvil - y del GPS para posicionarlo.
- 2.- Servicio de internet para dar seguimiento y transferencia de los datos del estado de la vía, esto para el sistema de administración del mantenimiento de las carreteras.

La aplicación estudia las vibraciones de la vía 100 veces por segundo (en 90 km/h una señal cada 25 cm).

Sobre estos 100 ejemplos, es calculado y guardada un valor de la condición de la vía con las coordenadas del GPS.



Figura 6: Aplicación roadroid para Smartphone
Fuente: Proyectos realizados referentes al Roadroid - 2014

Existen ecuaciones detrás del análisis de la señal y el resultado se expresa en un parámetro global – IRI. Cada segundo se registra en X, Y y Z de acuerdo a la referencia del GPS. Así mismo los datos se guardan en el móvil y luego se procesa con Wifi a un servidor en la nube.

Los valores obtenidos pueden ser monitoreados en un mapa.



Figura 7: Mapa de monitoreo del sistema roadroid
Fuente: Proyectos realizados referentes al Roadroid – 2014

La visualización del estado de la carretera, se pueden ver como "puntos" (una muestra) o se pueden comparar con los enlaces de las carreteras.

La aplicación puede usar la cámara para tomar capturas etiquetadas con GPS para mostrarlas en el plano.

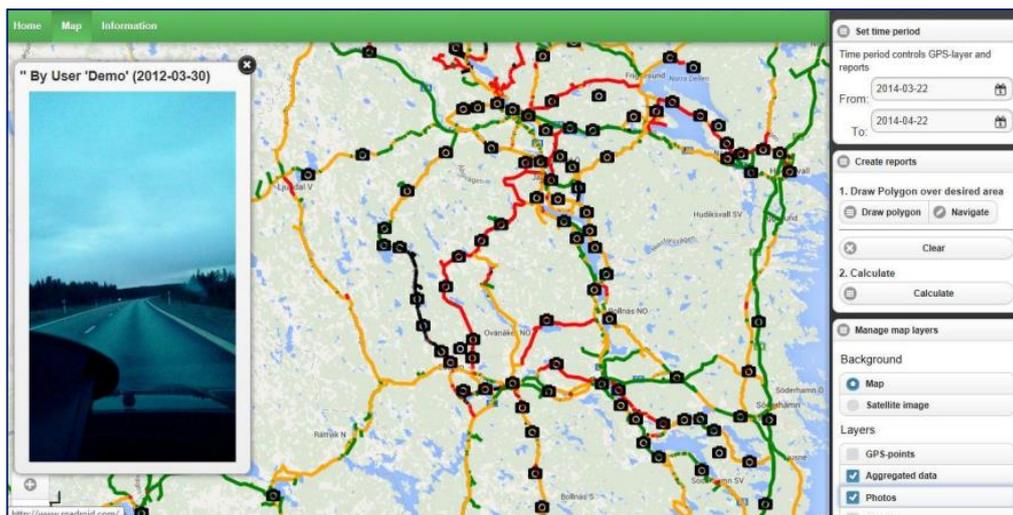


Figura 8: Estado de carretera.
Fuente: Roadroid: Estado continuo de la carretera monitoreo con teléfonos inteligentes

Los valores se clasifican en 4 colores dependiendo del estado de la vía, Verde para bien, Amarillo para satisfactorio, Rojo de Insatisfactorio y Negro para los malos. Los datos son agregados en secciones de 100m, y pueden ser descargados para análisis y gráficos en Excel.

| Import date | User Name | Unit Name | File Name | Import Status | Road Id | Survey Length (m) | Type |
|----------------------|-----------|--------------|---|---------------|-------------|-------------------|---------------|
| 2/11/2017 6:10:03 PM | Demo | Lars S7 demo | 357350078576111-20170127143841-395100-REM.zip | Import OK | | | RoadEvent |
| 2/11/2017 4:00:08 PM | Demo | Lars S7 demo | 357350078576111-20170211155148-b85f2e7-RCP.zip | Import OK | RV 84 | 991 | RoadCondition |
| 2/11/2017 4:00:06 PM | Demo | Lars S7 demo | 357350078576111-20170211155018-de710559-RCP.zip | Import OK | Hotellgatan | 834 | RoadCondition |

Figura 9: Historial de datos obtenidos en campo
Fuente: Guía esencial para profesionales - Roadroid.

EL Índice Roadroid (IR) “Es el exclusivo método que con el paso de los años se realizaron distintas comprobaciones con el IRI brindando resultados semejantes mediante el modelo de cuarto de vehículo, que su método lo desarrollo en base a ecuaciones de correlación lineal para un aproximado en los resultados. Pretendiendo informar la calidad y situación de tramos del pavimento en las zonas intervenidas en tiempo real, donde es calculada la eIRI y el cIRI y esos porcentajes, índices y velocidades fueron determinados de la posterior manera”:

Tabla 5: Condición de la carretera de acuerdo a la rugosidad

| Condición de la carretera | | eIRI | Velocidad (km/h) |
|---------------------------|--|------------|------------------|
| Buena | | < 2.2 | > 70 |
| Satisfactoria | | 2.2. - 3.8 | 50 - 70 |
| No Satisfactoria | | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 |
| Pobre | | > 5.4 | < 30 |

Fuente: www.Roadroid.com

El IRI estimado (eIRI) Es una modificación del IRI propuesto por el Banco Mundial, debido a que emplea correlaciones lineales con equipos de medida de mayor precisión. Cabe mencionar que la rugosidad estimada se integra en la clase 3 del sistema de precisión planteado por Sayers (Sayers, 1986).

Para establecer estas correlaciones del eIRI brindado por Roadroid se efectuaron medidas del IRI en las vías de NVDB con los instrumentos de clase 1, cada 20 m de distancia, donde los valores obtenidos se promediaron para conocer la condición de las carreteras. Las investigaciones realizadas por diversas entidades a nivel mundial entre ellos (Banco Mundial, Naciones Unidas, universidades y empresas), durante el 2014 expusieron diversos informes que dan a conocer las correlaciones alcanzadas de hasta 81% del eIRI y el IRI.

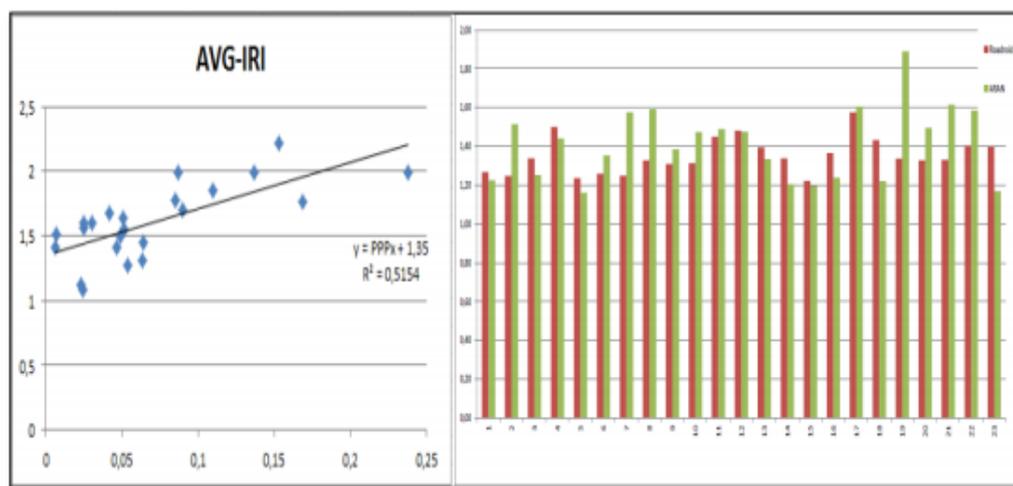


Figura 10: Correlación del IRI – contraste de perfiles de Roadroid con otro instrumento
Fuente: Forslof Lars & Jones Hans, (2014).

IRI calculado (cIRI). Utiliza el modelo de cuarto de carro mediante un filtro de saturación, el cual es aconsejable por el equipo Roadroid para adquirir los valores más exactos, puesto que está dentro de clase 2 (Sayers,1986). Para calcular en cIRI se tendrá en cuenta todas las configuraciones previas (tipo de automóvil, sensibilidad de medición y la distancia de los segmentos - 20 y 200m). Se considera mantener una permanente velocidad entre 60 y 80 km/h.

Los modelos de automóviles establecidos en la configuración son:

- Automóvil pequeño.
- Automóvil normal (Sedan).

- Camioneta 4x4.
- Bici.

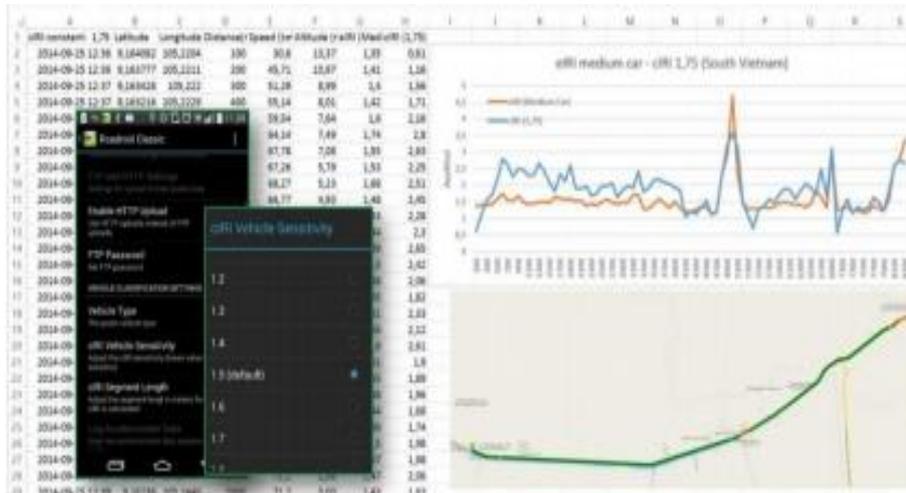


Figura 11: Configuración de medición del IRI con Roadroid
Fuente: Forslof & Jones Hans, (2014).

III. METODOLOGÍA

INFORME DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

El estudio realizado es del tipo aplicada, cuya finalidad es determinar el IRI para identificar la situación de serviciabilidad del pavimento rígido.

Diseño de investigación:

La tesis realizada es cuasi experimental.

3.2. Variables y operacionalización:

- **Variable Independiente:** Evaluación del estado de serviciabilidad de pavimento rígido.
- **Definición conceptual:** Se define Serviciabilidad presente como la condición insustituible de un pavimento para proveer a los usuarios un uso seguro y confortable en un determinado momento. Su valor oscila de 0 - 5. Un valor de 5 (mejor) y valor de 0 (peor). Se define con parámetros medibles: el índice de perfil, índice internacional de rugosidad. Aastho (1993).
- **Definición operacional:** Mediante el sistema Roadroid, se busca resolver el índice de rugosidad, para identificar la situación de serviciabilidad del pavimento rígido, en el que se encuentra la Av. Andahuaylas distrito y provincia de Andahuaylas. Según la Norma CE.010 (Pavimentos urbanos).
- Escala de medición: A razón
- Variable Dependiente: Mantenimiento Vial.
- **Definición conceptual:** El mantenimiento vial, es el conjunto de actividades que se ejecutan para preservar en buen estado los elementos que componen la vía, para asegurar que la conducción sea cómodo, seguro y económico.
- **Definición operacional:** Aplicando el sistema Roadroid, para obtener la rugosidad del pavimento, se busca conocer alternativas de mantenimiento vial. en la avenida Andahuaylas distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021. Según el Manual Mantenimiento vial –MTC-2018.
- Escala de medición: A razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Está constituida por las calles de la ciudad de Andahuaylas del departamento de Apurímac.

- **Criterios de inclusión:** La tesis incluye la superficie del pavimento rígido de la av. Andahuaylas desde el cruce de la Av. José María Arguedas hasta el cruce con la Av. Pedro Casafranca, lo cual cuenta con una longitud aproximado de 360m, en donde se hizo el ensayo con la aplicación Roadroid para la recolección y obtención de valores de rugosidad superficial.

Muestra: La muestra que se analizó en esta investigación, está constituida por pavimento rígido de la Avenida Andahuaylas, donde se realizó el ensayo con una longitud total de 690m de recorrido en ambos carriles de rodadura.

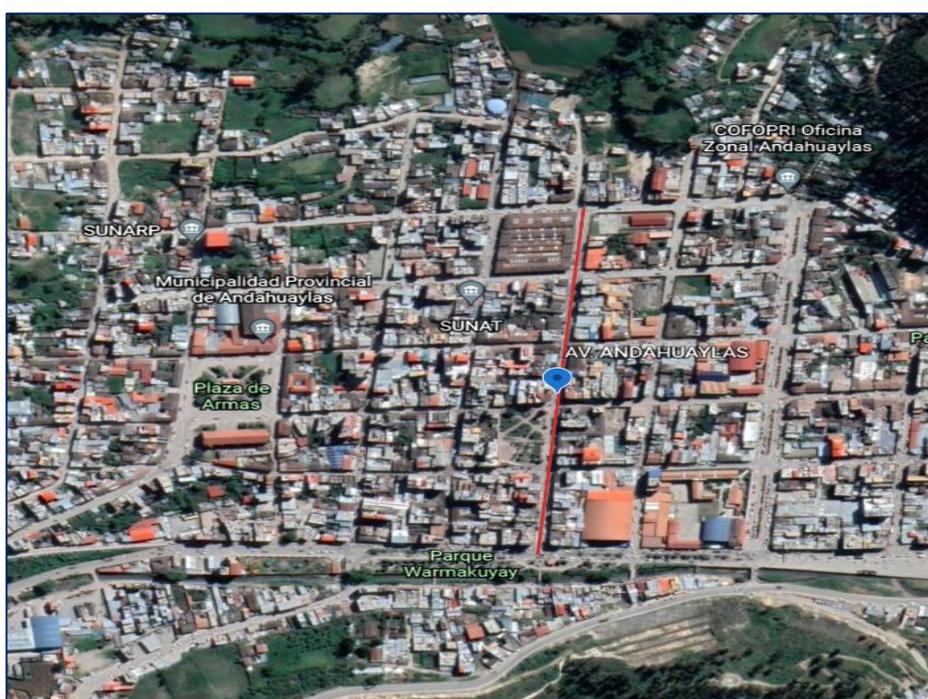


Figura 12: Ubicación de la muestra Av. Andahuaylas

Fuente: Google Earth

Muestreo: La elección de la técnica de muestreo que se utilizó en la investigación es no probabilístico ya que es una técnica de muestreo en la cual se selecciona muestras basadas en el criterio o un juicio subjetivo del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

se emplearon guías, revistas, artículos, páginas web, mapas, manuales, documentos, formatos del sistema Roadroid y otras investigaciones con relación al tema, a fines de poder realizar la estructura y el marco teórico de la investigación. Para Chávez (2007, p. 173) los medios que emplea el investigador para medir el comportamiento de las variables, son los instrumentos de investigación entre ellos (entrevistas, cuestionarios, etc.).

3.5. Procedimientos:

Para poder realizar la recolección de datos de IRI de la avenida Andahuaylas, se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de flujo.

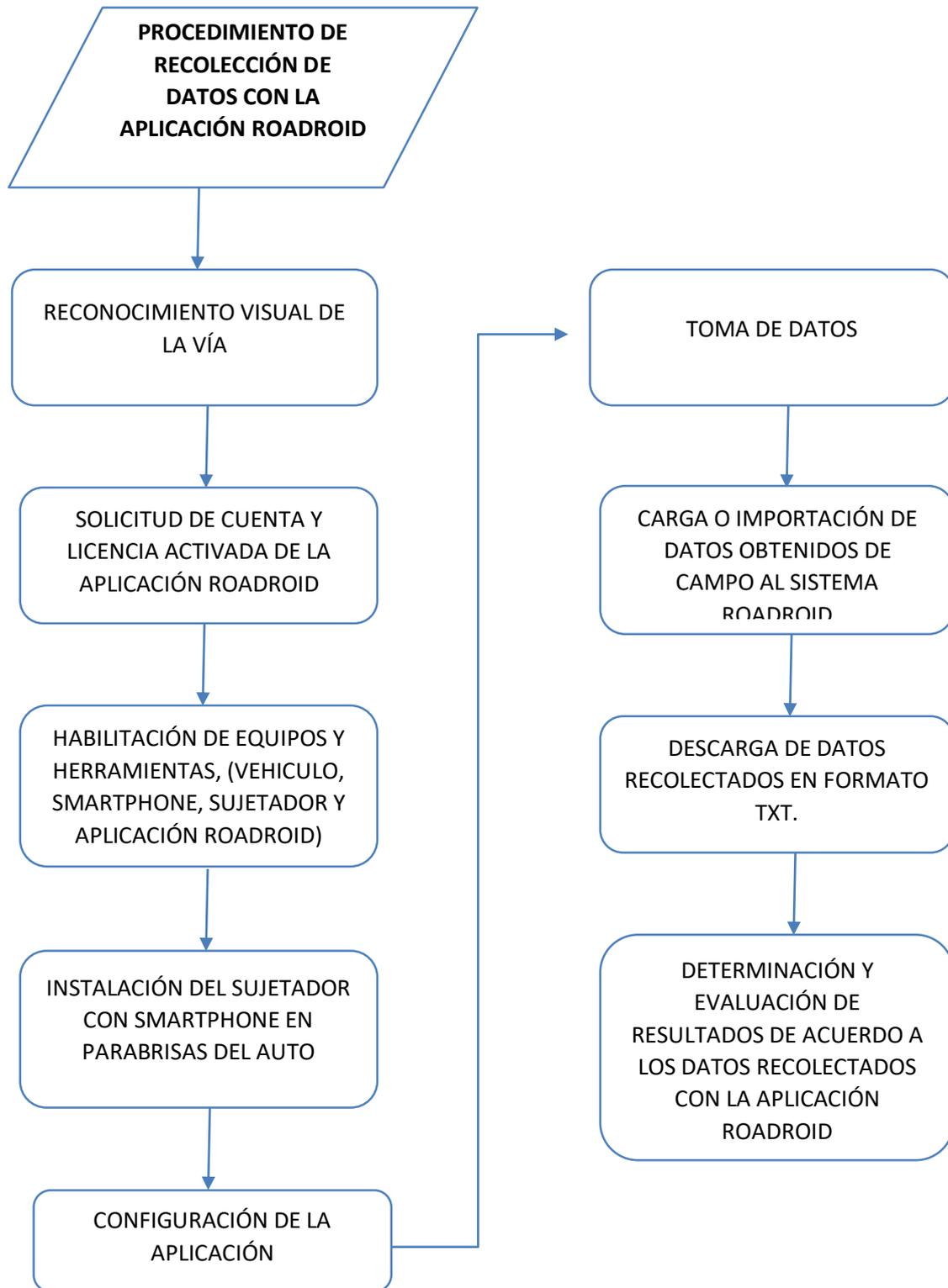


Figura 13: Diagrama de flujo - Procedimiento de obtención de datos con app Roadroid.
Fuente: Elaborado por los autores

- Se recogieron datos de la rugosidad del pavimento - Av. Andahuaylas, empleando el aplicativo Roadroid, de esa manera cumplir con los objetivos propuestos en esta tesis.
- El procedimiento consistió en el reconocimiento visual de la vía, el cual nos permitió verificar el estado en el que se encuentra y nos ayudó a identificar los diversos tipos de fallas. En esta inspección definimos el tramo a desarrollar para alcanzar una velocidad mínima inicial del vehículo, cuya velocidad es de 20 km/h, debido a la topografía, pendiente y alto tránsito vehicular.

Recolección de datos con el aplicativo Roadroid utilizando Teléfono inteligente.

Para realizar la obtención de datos con el Roadroid tenemos que considerar lo siguiente:

- Contar con un celular Android.
- Solicitar la cuenta de usuario para poder descargar la aplicación Roadroid y así poder obtener la licencia activa, en este caso solicitamos la licencia gratuita dirigida a investigadores o tesistas.
- Registrar correctamente el número IMEI del teléfono a utilizar.
- Una vez obtenida la licencia para ingresar a la página <http://www.roadroid.com/Account/Login>, donde se suben y descargan totalmente los archivos recolectados del ensayo.

Equipos y herramientas a utilizar:

Se utilizó un auto de marca Volkswagen gol sedán año 2012 versión full, el cual está considerado como un vehículo mediano según la app Roadroid.



Figura 14: Automóvil Volkswagen seleccionado para la toma de datos
Fuente: Elaboración propia

De igual forma se utilizó un móvil modelo Samsung Galaxy SM-J400M 26 y un soporte y/o sujetador de celular para el auto.



Figura 15: Móvil empleado para la recolección de datos.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se empleó el aplicativo Roadroid versión 3.0.5 disponible para Android el cual es descargada de la página www.roadroid.com.pe.



Figura 16: Aplicación roadroid
Fuente: Roadroid 2020

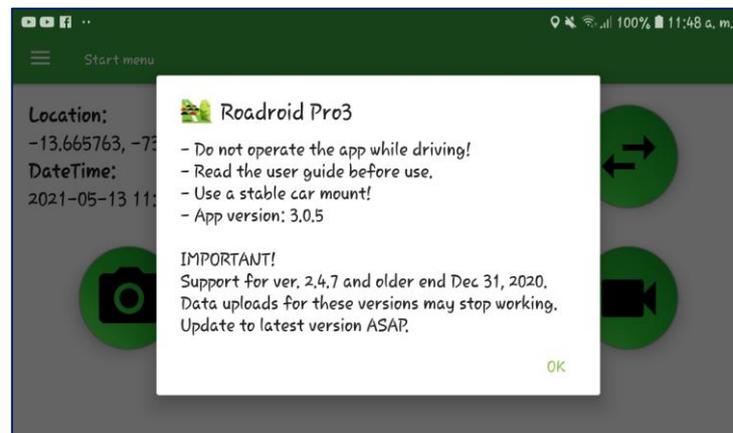


Figura 17: Inicio de la aplicación Roadroid Vpro3 en Smartphone.
Fuente: Aplicación Roadroid

En cuanto al trabajo de campo, La prueba se realizó en el tramo (punto inicial Av. Andahuaylas intersección con la Av. José María Arguedas y el punto final intersección con la Av. Pedro Casafranca. En horas de la noche aproximadamente de 9:00 pm a 10:00pm, donde el tráfico sea nulo, de tal forma que la toma de datos se realice con una velocidad que oscile (20 – 80km/h) recomendado para conseguir datos confiables del IRI estimado y calculado.

Para la obtención de datos con la app Roadroid se realizó de acuerdo a la guía de usuario de Roadroid versión pro3, siguiendo los siguientes pasos:

- Primeramente, se solicitó la licencia de la cuenta Roadroid, para posteriormente instalarla en nuestro teléfono el cual debe de tener el registro correcto del IMEI del Smartphone, una vez obtenida la licencia activa contamos con un usuario y contraseña lo cual nos permite el acceso al sitio web, y así poder registrar los datos a tomados.
- Se fijó el soporte (sujetador) en el parabrisas del auto, sobre una base estable de manera que sea más sencillo de alcanzar y presionar la pantalla, de igual manera colocar de forma horizontal el teléfono visto que es la posición adecuada para la toma de fotos durante la toma de datos.



Figura 18: Instalación del sujetador con el Smartphone en el parabrisas del auto
Fuente: elaboración por los autores

- Se activó el GPS, datos móviles o wifi del teléfono para obtención de nuestra ubicación actual.

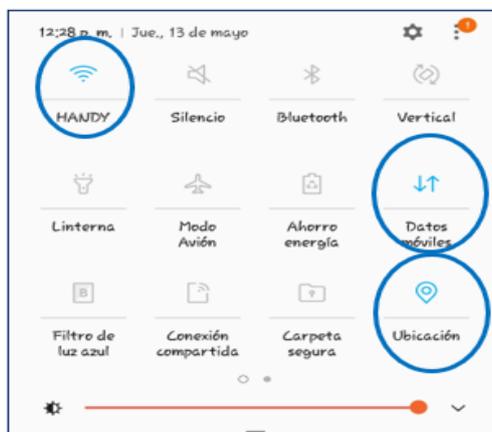


Figura 19: Activación de wifi y GPS del teléfono
Fuente: elaboración por los autores

- Se procedió abrir la aplicación roadroid en el teléfono.

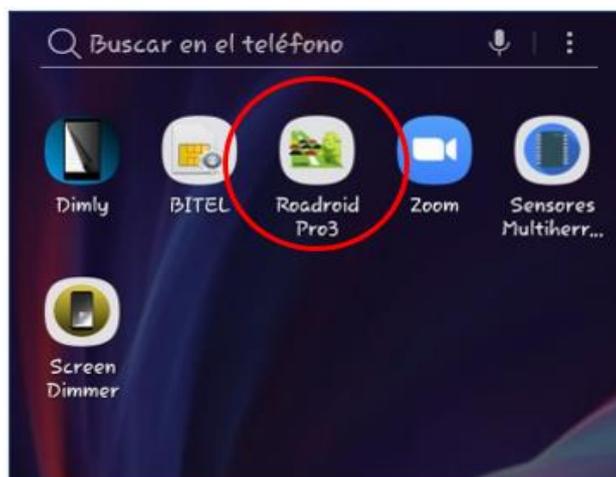


Figura 20: Inicio de la App Roadroid en el teléfono
Fuente: elaboración por los autores

- A continuación, se procedió a configurar la aplicación, de acuerdo a la guía de usuario Roadroid, lo siguiente:
- Después de abrir la app, se presiona el icono “ok”, seguidamente “Menú” nos muestra la ventana de ajustes “Settings” y procedemos a configurar.

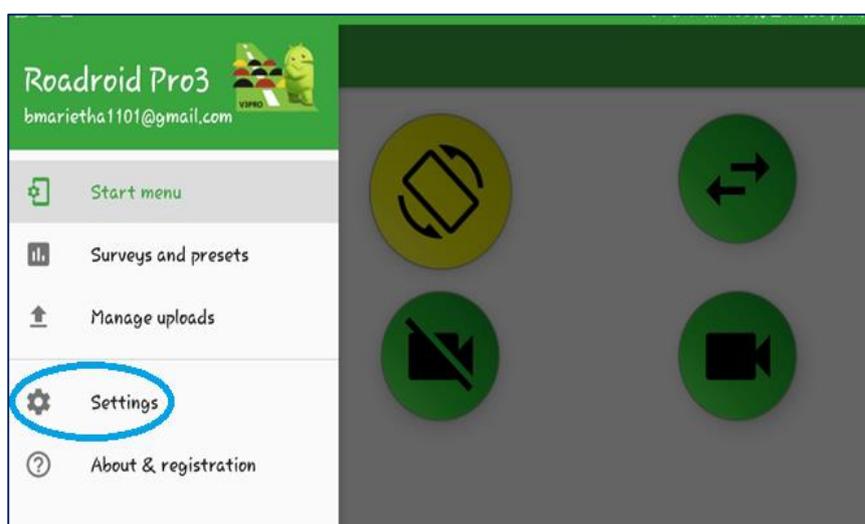


Figura 21: Configuración dentro del aplicativo
Fuente: Settings aplicativo Roadroid

- luego se selecciona la opción de “General” para ingresar nuestro correo electrónico, la cual también se puede hacer al iniciar la aplicación y algunos otros ajustes de la app.

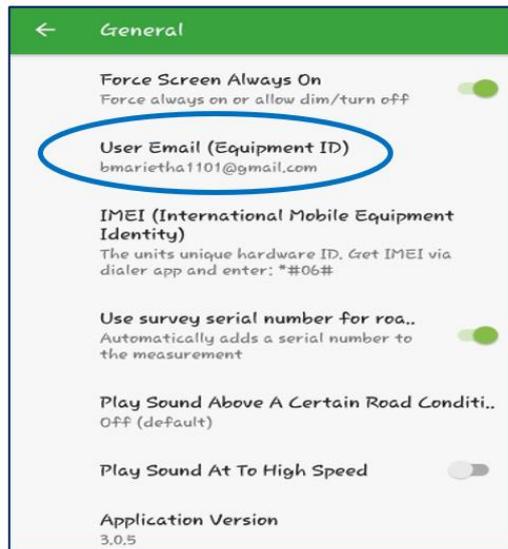


Figura 22: Configuración general de la aplicación
Figura: General, aplicativo Roadroid.

- Se debe presionar la opción “Data, media & sync” y desactivar la opción “Delete Media After Upload” para que todos los datos recolectados se guarden en la memoria del teléfono después de cargarlos en el sistema (por motivos de seguridad), asimismo se tiene la opción de activar la toma de fotografías y videos, cada cierto tiempo o distancia. y las demás configuraciones se deja por defecto.

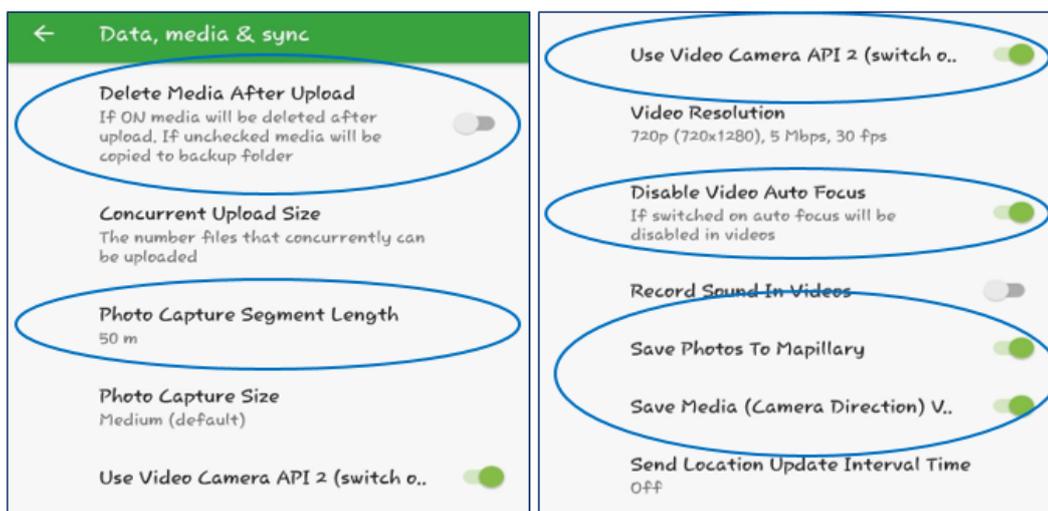


Figura 23: Configuración Data media & sync.
Fuente: Data, media & sync – aplicativo roadroid

- En la opción Unit formats & locale nos permite configurar la unidad de la velocidad que será en Km/h y el idioma de la aplicación, ambas opciones recomendadas por la aplicación por default.

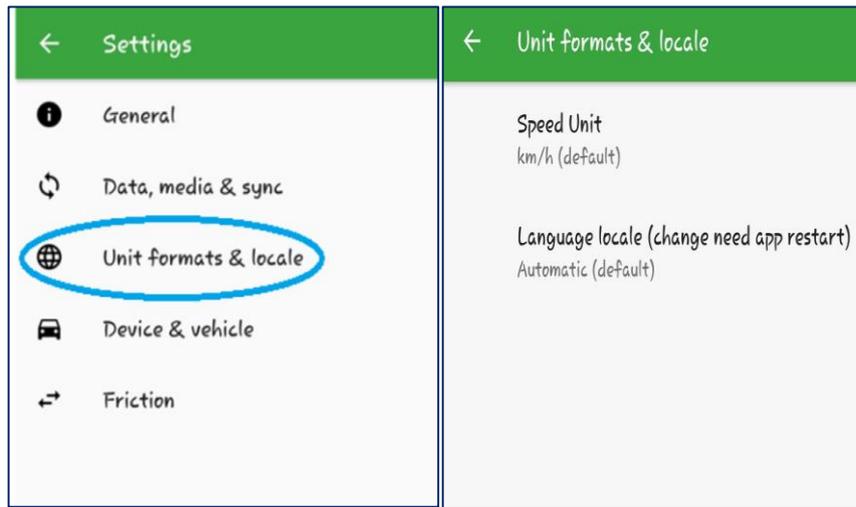


Figura 24: Configuración de la unidad de velocidad y lenguaje del aplicativo
Fuente: Unit formats & locale

- Si ingresamos a la opción Device & vehicle, nos permite seleccionar el tipo de vehículo a utilizar en el recorrido y la frecuencia del acelerómetro.

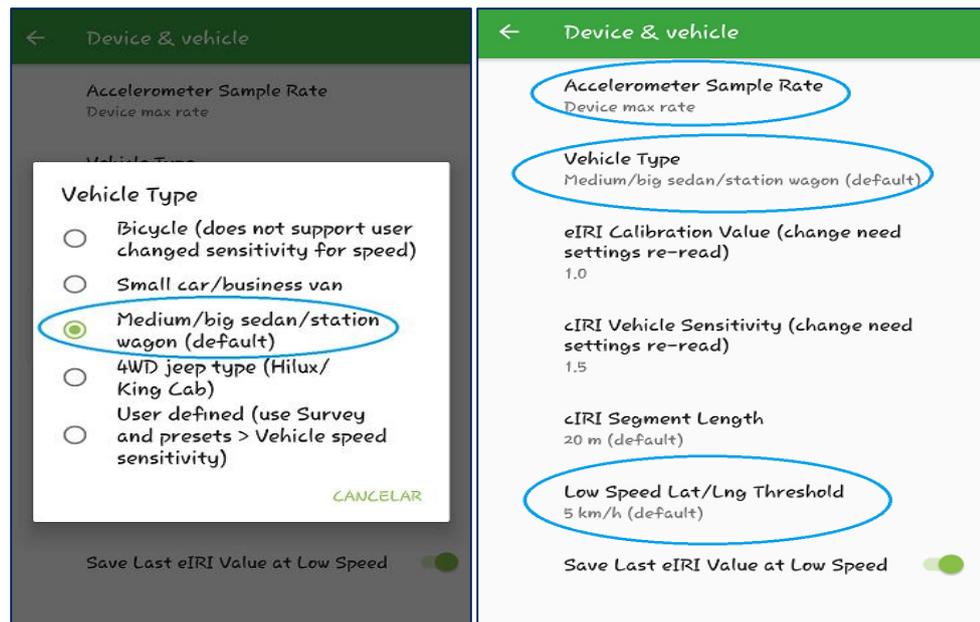


Figura 25: Selección del tipo de vehículo y frecuencia del acelerómetro
Fuente: Device & vehicle

- Una vez realizado las configuraciones previas se presiona el botón amarillo, y se procede a calibrar las coordenadas X, Y, Z, los cuales deben estar lo más cercano o igual a cero. Logrado los valores en 0, se presiona el botón color verde con símbolo de check, luego se podrá dar inicio con el ensayo, Así mismo grabar videos y tomar fotos durante el trayecto.



Figura 26: Selección de la opción de calibración (botón amarillo)
Fuente: Vista principal del aplicativo roadroid.

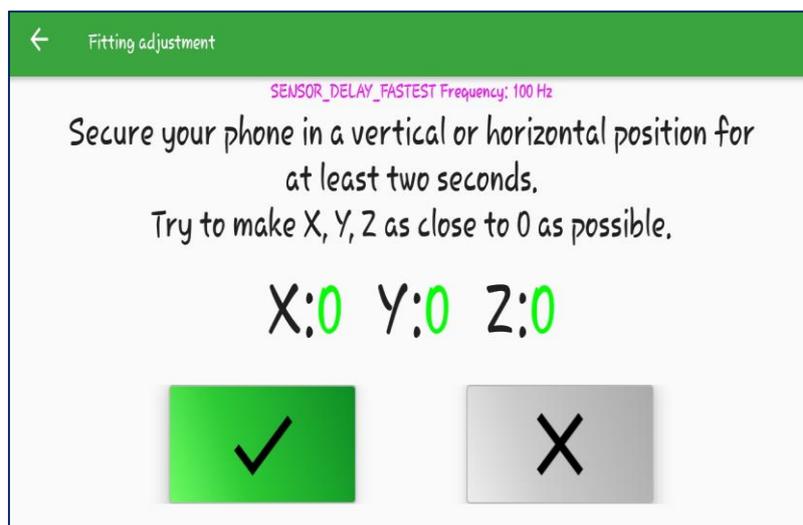


Figura 27: Graduación del teléfono
Fuente: fitting adjustment – aplicativo roadroid

- Una vez configurado todos los ajustes ya mencionados anteriormente, presionamos la opción de cámara, empezamos con el recorrido del auto recomendando siempre a 100 o 200m antes del tramo a intervenir, para obtener una velocidad mayor a 20km/h y poder registrar el nombre de la vía, asimismo se debe tener en cuenta que el rango mínimo y máximo de la velocidad del vehículo para el registro de datos no tiene que variar de 20 a 80 km/h para el eIRI y el cIRI una velocidad constante (60 - 80 km/h). Finalmente presionamos el botón rojo de inicio para registrar los datos.



Figura 28: Inicio de la recopilación de datos para el diagnóstico de rugosidad
Figura: elaborado por los autores

Proceso de datos al sistema Roadroid

- Culminado el trayecto de la recolección de datos se presiona el botón rojo el mismo que se presionó para dar inicio. Luego nos dirigimos a la opción “manage uploads” dando click.

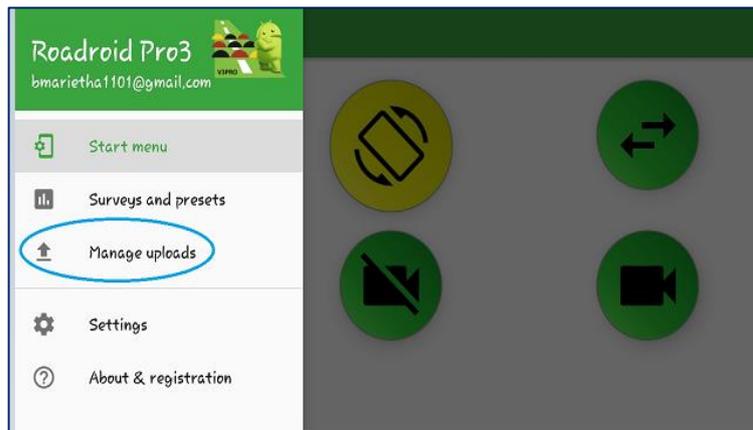


Figura 29: Carga de datos de la app al sistema roadroid
Fuente: Manage uploads – aplicativo roadroid

- Seguidamente se presiona la opción “upload data and media” que nos permite subir los datos y fotografías al sitio web del Roadroid.

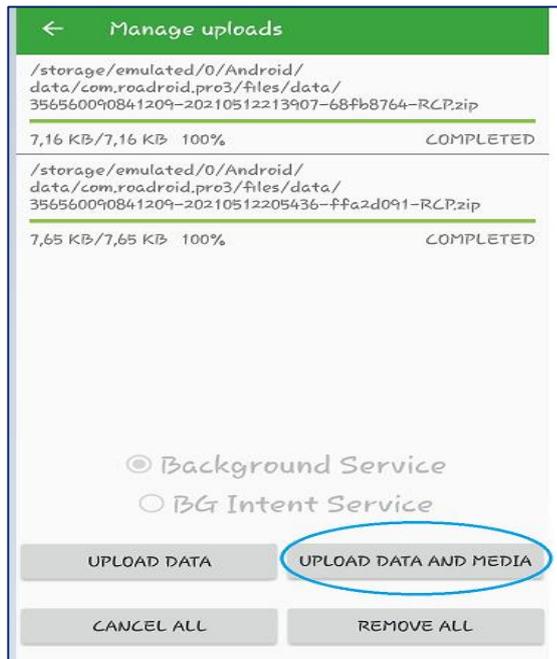


Figura 30: Cargas datos obtenidos de campo al sistema roadroid
Fuente: Upload data and media – aplicativo roadroid.

- Para descargar los datos subidos de la web se tiene que acceder a www.roadroid.com, con la cuenta de usuario y clave proporcionadas por el responsable de la aplicación.

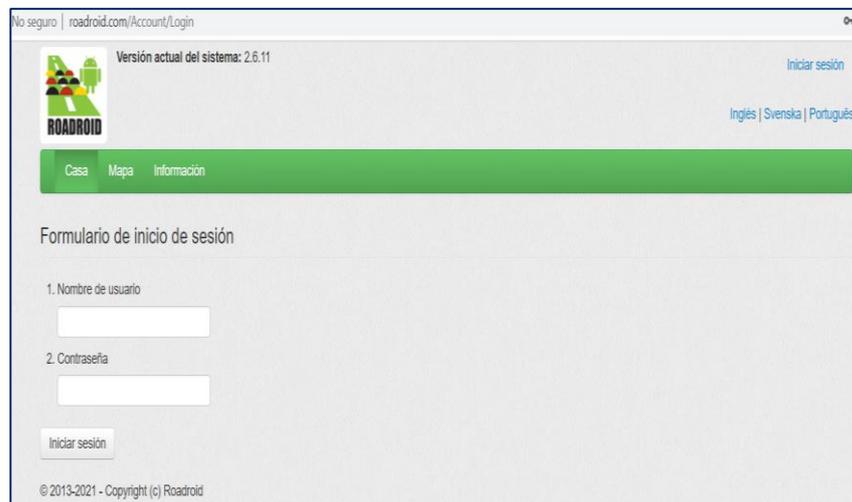


Figura 31: Inicio de sesión en el sitio web roadroid
Fuente: Inicio de sesión - sistema roadroid

- Una vez iniciada la sesión se puede visualizar en el mapa del sistema o página roadroid la condición del pavimento de acuerdo a los colores

establecidos por la aplicación, la Avenida en estudio resalta un color negro, es decir se encuentra en mal estado, asimismo existe la opción de visualizar las fotografías, videos del recorrido y con la opción de dibujo de polígono se puede obtener una tabla de termino medio de los valores de rugosidad, condición del pavimento en porcentaje y la cantidad de puntos registrados, etc.

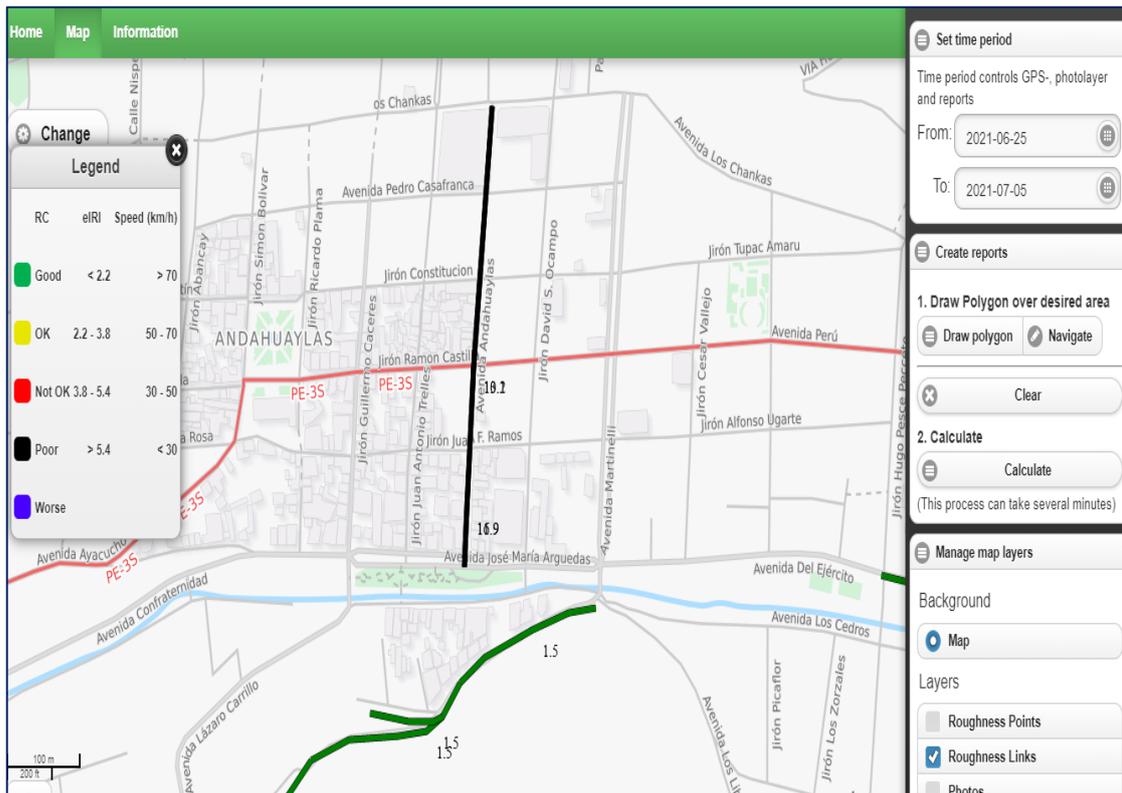


Figura 32: Visualización de mapa, condición de pavimento

Fuente: Road Condition - sistema roadroid

- Seguidamente ingresamos a la pestaña importar historial en donde se habrán generado los archivos, Seguidamente seleccionamos la opción “detalles” para ver los valores recolectados en campo.

Fecha de vencimiento de la cuenta: 2021-07-12 (notifiquenos con anticipación para la extensión)
 Información del usuario: noviembre de 2020: cambiar a la versión. 3 de la aplicación en el primer trimestre de 2021. Las versiones anteriores de la aplicación no podrán cargar datos, será necesaria una actualización.
 Versión actual del sistema: 2.6.11

Mis Unidades **Importar historial** Cerrar sesión
 Inglés | Svenska | Português

Casa Condiciones del camino Sensores de tráfico Informe de cambios Información

Importar lista de historial

Show: 25 entradas Buscar: Tipo: Todas

| Fecha de Importación | Nombre de usuario | Nombre de la unidad | Estado de importación | EIRI medio | CIRI medio | La velocidad promedio | Identificación de la carretera | Longitud de la encuesta (m) | Tipo |
|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 13/05/2021 5:05:29 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 8,1 | 5,1 | 32,2 | ... 011 | 398 | Condiciones del camino Detalles |
| 13/05/2021 5:05:27 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 9,9 | 5,6 | 25,2 | ... 010 | 184 | Condiciones del camino Detalles |
| 13/05/2021 5:05:26 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 9,8 | 6,7 | 32,0 | ... 009m1 | 412 | Condiciones del camino Detalles |
| 13/05/2021 5:05:25 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 1,5 | 1,8 | 68,1 | ... 009j 2 | 1438 | Condiciones del camino Detalles |
| 13/05/2021 5:05:23 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 1,6 | 1,9 | 72,6 | ... 007j3 | 1554 | Condiciones del camino Detalles |
| 13/05/2021 5:05:21 | ucv.edu.pe | betsymarietha_Unit1 | Importar OK | 9,2 | 5,5 | 33,1 | ... 008m | 177 | Condiciones del camino Detalles |

Figura 33: Base de datos generados en el sistema roadroid
Fuente: Import history list – sistema roadroid

- Una vez realizada la acción de “detalles” se podrá generar la descarga de los archivos agregados al sitio web, teniendo tres opciones “Shape file” para el aplicativo para Sistemas de indagación como Arc/Info o Arios. También en formato Keyhole Markup Language (KML) para ser manejado con Google Earth. Por último, en la opción “Generate” podemos descargar los archivos en formato TXT. La cual utilizamos para poder exportar a una hoja Excel, asimismo existe la opción de poder seleccionar los datos registrados cada cierta distancia (5, 10, 20, 50, 100, 160, 200m) en esta investigación se consideró cada 10m de recorrido.

Fecha de vencimiento de la cuenta: 2021-07-12 (notifiquenos con anticipación para la extensión)
 Información del usuario: noviembre de 2020: cambiar a la versión. 3 de la aplicación en el primer trimestre de 2021. Las versiones anteriores de la aplicación no podrán cargar datos, será necesaria una actualización.
 Versión actual del sistema: 2.6.11

Mis Unidades Importar historial Cerrar sesión
 Inglés | Svenska | Português

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 ventanas emergentes en el navegador web)
 Mostrar datos de la encuesta en el mapa (utilice la pestaña "Estado de la carretera" que se encuentra arriba para ver todas las encuestas).

Generar archivo de forma
 Generar archivo KML
 Generar archivo agregado 100m Seleccione la longitud de agregación (metros)

| Detalles de la encuesta | Valor |
|-------------------------------------|---|
| ID de medición | 174302 |
| Fecha de importación | 13/05/2021 5:05:19 |
| Nombre de usuario | ucv.edu.pe |
| Nombre del archivo | 356560090841209-20210512204211-9af79b6e-RCP.zip |
| Hora de inicio de la encuesta | 05/12/2021 20:42:11 |
| Hora de finalización de la encuesta | 05/12/2021 20:43:22 |
| Estado de importación | Importar OK |
| RoadId | ... 002vuelta Actualizar |
| Descripción | OK |
| ID de historial de importación | 169182 |

Figura 34: Descarga de datos
Fuente: Import history details – sistema roadroid

- Por último, realizado todo el procedimiento anterior se genera los datos obtenidos tomados en campo, en formato texto

| Date Time | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | Grade (%) | eIRI | cIRI | RoadId |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-------|-------|-----------|
| 12/05/2021 21:20:18 | -13,654481 | -73,387229 | 10 | 28,64 | 2957,5 | 0 | 8,44 | 0,25 | ... |
| 12/05/2021 21:20:19 | -13,6546156542709 | -73,387231773234 | 20 | 34,74 | 2954,5 | -30 | 5,13 | 0,49 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:20 | -13,654705420408 | -73,3872374142199 | 30 | 37,73 | 2952 | -25 | 3,57 | 1,62 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:21 | -13,6548042612732 | -73,3872459619944 | 40 | 38,47 | 2950 | -20 | 4,67 | 2,75 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:23 | -13,6549052272636 | -73,3872538377984 | 50 | 37,17 | 2948,5 | -15 | 4,73 | 3,77 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:23 | -13,654990640004 | -73,3872593641861 | 60 | 33,57 | 2947,5 | -10 | 2,98 | 4,79 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:24 | -13,6550608004127 | -73,3872607797161 | 70 | 28,39 | 2946,5 | -10 | 4,47 | 4,79 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:25 | -13,6551447713014 | -73,3872708244716 | 80 | 23,42 | 2945,5 | -10 | 5,73 | 3,28 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:27 | -13,6552246520918 | -73,387286913023 | 90 | 24,44 | 2945 | -5 | 6,23 | 1,77 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:28 | -13,6552818711586 | -73,3872964964828 | 100 | 31,82 | 2945 | 0 | 5,06 | 2,19 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:29 | -13,6553637963228 | -73,3873036353921 | 110 | 36,11 | 2945 | 0 | 6,16 | 2,6 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:30 | -13,655456738371 | -73,3873102729431 | 120 | 36,47 | 2945 | 0 | 17,01 | 5,21 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:31 | -13,6554566232074 | -73,3873176568934 | 130 | 35,95 | 2945 | 0 | 24,06 | 7,81 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:32 | -13,6556323871074 | -73,3873223991499 | 140 | 35,75 | 2945 | 0 | 16,28 | 7,81 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:33 | -13,6557229931488 | -73,3873328750958 | 150 | 36,58 | 2945 | 0 | 12,89 | 9,73 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:34 | -13,655807286206 | -73,3873444722921 | 160 | 35,48 | 2944,5 | -5 | 15,83 | 11,66 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:35 | -13,6558820430004 | -73,3873483151875 | 170 | 32,36 | 2944 | -5 | 17,31 | 11,66 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:36 | -13,6559416769957 | -73,3873521177384 | 180 | 31,88 | 2944 | 0 | 12,12 | 8,83 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:38 | -13,6561422599192 | -73,3873909953701 | 190 | 35,06 | 2943,5 | -5 | 4,92 | 7,41 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:39 | -13,6562159599986 | -73,3874000310587 | 200 | 35,06 | 2943 | -5 | 10,07 | 5,36 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:40 | -13,6562952511275 | -73,3874109317221 | 210 | 34,2 | 2942,5 | -5 | 13,56 | 3,31 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:41 | -13,6563751652713 | -73,3874254330543 | 220 | 33,59 | 2941,5 | -10 | 13,95 | 3,31 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:42 | -13,6564463606435 | -73,3874392273201 | 230 | 32,09 | 2940,5 | -10 | 15,92 | 4,6 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:43 | -13,6565032306766 | -73,3874509164597 | 240 | 29,28 | 2939,33 | -11,67 | 25,4 | 5,89 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:45 | -13,6566916559508 | -73,387479802045 | 250 | 29,79 | 2939 | -3,33 | 22,61 | 8,09 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:46 | -13,6567708119944 | -73,3874825343296 | 260 | 34,36 | 2939 | 0 | 14,5 | 10,29 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:47 | -13,6568695069831 | -73,3874766728993 | 270 | 36,63 | 2939 | 0 | 22,09 | 10,58 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:48 | -13,6569735317483 | -73,387461078042 | 280 | 36,34 | 2938,5 | -5 | 21,29 | 10,86 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:49 | -13,6570742553908 | -73,3874636944357 | 290 | 37,06 | 2938 | -5 | 15,48 | 10,15 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:50 | -13,6571660006877 | -73,3874737728054 | 300 | 35,8 | 2937,5 | -5 | 12,85 | 9,43 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:51 | -13,657241168691 | -73,3874825521847 | 310 | 32,94 | 2936,5 | -10 | 12,54 | 9,43 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:52 | -13,6572992730535 | -73,3874852932276 | 320 | 30,19 | 2935,5 | -10 | 14,42 | 8,07 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:53 | -13,6573530489815 | -73,3874890451218 | 330 | 30,35 | 2934,5 | -10 | 18,98 | 6,71 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:54 | -13,6574159246995 | -73,3874940193525 | 340 | 33,5 | 2934 | -5 | 20,31 | 6,71 | ... 009m1 |
| 12/05/2021 21:20:55 | -13,657495848832 | -73,3875003865628 | 350 | 35,51 | 2933,5 | -5 | 13,78 | 7 | ... 009m1 |

Figura 35: Datos obtenidos con la app roadroid
Fuente: block de nota generado por la aplicación roadroid

Esta tabla nos muestra todos los datos del encabezado que presenta roadroid en su formato descargado de su sistema, la cual se encuentra en idioma inglés.

Tabla 6: Formato de datos obtenidos con el Roadroid

| Date Time | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | Grade (%) | eIRI | cIRI | RoadId |
|-----------|----------|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------|------|------|--------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Fuente: elaborado por los autores

Donde:

Date Time: Tiempo (fecha y hora) del recorrido.

Latitude: Latitud, coordenadas geográficas representadas de Norte a Sur de la línea ecuatorial.

Longitude: Coordenadas geográficas representadas de Este a Oeste.

Distance: Distancia en (metros) recorrida de la carretera intervenida.

Speed: Velocidad en (kilómetros por hora) del vehículo con el que recorre en la carretera.

Altitude: Distancia vertical de la superficie terrestre sobre el nivel del mar (msnm).

Grade: Son los grados sexagesimales que percibe el smartphone a la hora que el vehículo transita por la carretera.

eIRI: Estimación del índice internacional de rugosidad, que más se ajusta hacia la uniformidad superficial del pavimento.

cIRI: Índice de rugosidad internacional calculado mediante la fórmula del modelo del cuarto del vehículo.

RoadId: Nombre de la vía o carretera a recorrer.

3.6. Método de análisis de datos:

Para el estudio de la recolección de datos del estudio se desarrolló por medio de la aplicación Roadroid, Microsoft Excel 2016 y Microsoft Word 2016 para la preparación de gráficos, tablas y análisis del estudio y procesamiento de los valores evaluados.

3.7. Aspectos éticos:

Esta investigación tuvo como compromiso la autenticidad de la obtención de los datos exactos realizados en campo. Mismos que serán validados por un profesional ingeniero civil, dicho documento se aprecia en los anexos de la presente. Así mismo los resultados correctos servirán de aporte como antecedente de estudio similar para dicha vía.

IV. RESULTADOS

Ubicación del tramo en estudio

Ubicación política

País : Perú
Región : Apurímac
Departamento : Apurímac
Distrito : Andahuaylas

Ubicación geográfica.

El tramo en estudio de la Avenida Andahuaylas cuenta con una longitud de 360m. de pavimento rígido.

Tabla 7: Coordenadas de la Av. Andahuaylas

| Punto | Este | Norte | Altitud |
|---------|-----------|------------|---------|
| Inicial | 674616.25 | 8489855.85 | 2928.5 |
| Final | 674651.05 | 8490206.2 | 2957.5 |

Fuente: elaboración propia

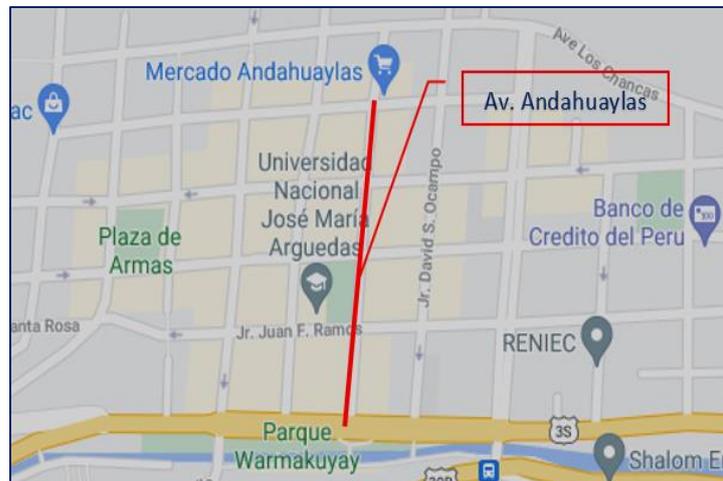


Figura 36: Ubicación geográfica de la Av. Andahuaylas

Fuente: Google maps

En este capítulo se procede a mostrar los resultados recolectados en las evaluaciones a fin de determinar la serviciabilidad del pavimento de acuerdo al IRI obtenidos con la APP Roadroid.

Resultados obtenidos con el Roadroid.

En la tesis se trabajó con los valores del eIRI debido a que la velocidad de la prueba fue entre 20 km/h – 80km/h, lo cual no aplica a valores del cIRI donde requiere una velocidad insignificante constante de (60km/h – 80km/h).

Tabla 8: Datos recolectados con el Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril derecho

| N° | Date time | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | RoadId |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|-------|------|----------------------------------|
| 1 | 12/05/2021 21:39 | -13,658,202 | -73,387,465 | 10 | 22.57 | 2916 | 8.21 | 0.05 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 2 | 12/05/2021 21:39 | -136,580,973,786,066 | -73,387,466 | 20 | 25.25 | 2916.5 | 4.72 | 0.05 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 3 | 12/05/2021 21:39 | -136,580,427,649,254 | -73,387,466 | 30 | 27.2 | 2917 | 6.45 | 1.9 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 4 | 12/05/2021 21:39 | -136,579,781,325,523 | -733,874,655,835,198 | 40 | 28.66 | 2917.5 | 8.31 | 3.75 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 5 | 12/05/2021 21:39 | -136,579,035,089,749 | -733,874,638,751,068 | 50 | 31.14 | 2918.5 | 7.32 | 3.75 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 6 | 12/05/2021 21:39 | -136,578,223,946,051 | -733,874,621,258,167 | 60 | 34.29 | 2919.5 | 7.06 | 3.77 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 7 | 12/05/2021 21:39 | -136,577,347,282,556 | -733,874,529,091,017 | 70 | 35.53 | 2920 | 7.96 | 3.8 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 8 | 12/05/2021 21:39 | -136,576,481,087,919 | -733,874,520,452,466 | 80 | 35.28 | 2920.5 | 9.09 | 3.8 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 9 | 12/05/2021 21:39 | -136,575,603,729,636 | -733,874,526,941,828 | 90 | 35.78 | 2921.5 | 9.64 | 4.2 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 10 | 12/05/2021 21:39 | -136,574,666,319,031 | -7,338,744,759,956 | 100 | 35.51 | 2922 | 6.87 | 4.59 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 11 | 12/05/2021 21:39 | -136,573,779,240,543 | -733,874,428,126,002 | 110 | 34.28 | 2923.33 | 11.34 | 4.74 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 12 | 12/05/2021 21:39 | -136,571,312,993,188 | -733,874,360,999,842 | 120 | 33.84 | 2924 | 16.18 | 5.04 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 8: Datos recolectados con el roadroid de la Av. Andahuaylas – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|--------|-------|------|----------------------------------|
| 13 | 12/05/2021 21:39 | -136,570,506,502,189 | -733,874,315,088,364 | 130 | 34.94 | 2924 | 10.55 | 5.04 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 14 | 12/05/2021 21:39 | -136,569,618,356,584 | -733,874,224,718,786 | 140 | 36.94 | 2924.5 | 10.65 | 6.19 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 15 | 12/05/2021 21:39 | -136,568,637,556,198 | -733,874,138,302,655 | 150 | 38.5 | 2925 | 11.87 | 7.33 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 16 | 12/05/2021 21:39 | -136,567,548,202,217 | -733,874,026,097,375 | 160 | 38.5 | 2925 | 11.87 | 7.33 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 17 | 12/05/2021 21:39 | -136,567,512,457,114 | -73,387,402,235,265 | 170 | 39.92 | 2925.5 | 8.25 | 7.22 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 18 | 12/05/2021 21:39 | -136,567,258,987,098 | -733,874,004,451,055 | 180 | 40.52 | 2926 | 9.91 | 7.1 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 19 | 12/05/2021 21:39 | -13,656,606,819,041 | -733,873,906,364,618 | 190 | 40.73 | 2926.5 | 9.46 | 7.59 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 20 | 12/05/2021 21:39 | -136,564,909,287,285 | -733,873,810,565,833 | 200 | 41.33 | 2927.5 | 5.47 | 8.07 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 21 | 12/05/2021 21:39 | -136,563,759,251,842 | -733,873,705,091,594 | 210 | 41.45 | 2928 | 5.45 | 6.62 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 22 | 12/05/2021 21:39 | -136,562,554,803,999 | -733,873,529,970,415 | 220 | 41.67 | 2928.5 | 8.98 | 5.17 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 23 | 12/05/2021 21:39 | -136,561,349,070,313 | -733,873,354,288,987 | 230 | 41.67 | 2928.5 | 8.98 | 5.17 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 24 | 12/05/2021 21:39 | -136,561,317,691,326 | -733,873,349,763,172 | 240 | 41.67 | 2929.5 | 11.93 | 6.96 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 25 | 12/05/2021 21:39 | -136,561,052,178,124 | -733,873,317,391,785 | 250 | 41.24 | 2930.5 | 6.77 | 8.75 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 26 | 12/05/2021 21:39 | -136,559,851,139,983 | -73,387,318,345,276 | 260 | 41.35 | 2931.5 | 5.89 | 6.56 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 27 | 12/05/2021 21:39 | -136,558,678,260,669 | -733,873,045,251,464 | 270 | 41.31 | 2932 | 10.49 | 4.37 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 28 | 12/05/2021 21:39 | -136,557,557,158,896 | -733,872,935,629,534 | 280 | 40.39 | 2932.5 | 10.51 | 5.86 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 29 | 12/05/2021 21:39 | -136,556,439,070,522 | -733,872,855,809,453 | 290 | 39.6 | 2933.5 | 6.33 | 7.36 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 8: Datos recolectados con el roadroid de la Av. Andahuaylas – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|--------|-------|-------|----------------------------------|
| 30 | 12/05/2021 21:39 | -13,655,533,793,391 | -733,872,696,070,168 | 300 | 39.31 | 2934.5 | 13.83 | 6.24 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 31 | 12/05/2021 21:39 | -136,554,230,413,441 | -733,872,589,444,191 | 310 | 38.84 | 2935.5 | 23.93 | 5.12 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 32 | 12/05/2021 21:39 | -13,655,315,162,258 | -733,872,460,202,823 | 320 | 38.84 | 2935.5 | 23.93 | 5.12 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |
| 33 | 12/05/2021 21:39 | -136,553,150,041,913 | -733,872,460,005,239 | 330 | 37.33 | 2936.5 | 17.20 | 12.73 | AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO |

Fuente: elaborado por los autores

La presente tabla nos muestra los valores obtenidos en campo con la app Roadroid, donde se puede apreciar los puntos registrados en el recorrido cada 10m, latitud, longitud y altitud son valores obtenidos mediante el GPS y acelerómetro del teléfono, así mismo la velocidad del recorrido que va en una categoría de 22 a 41 km/h y los valores de:

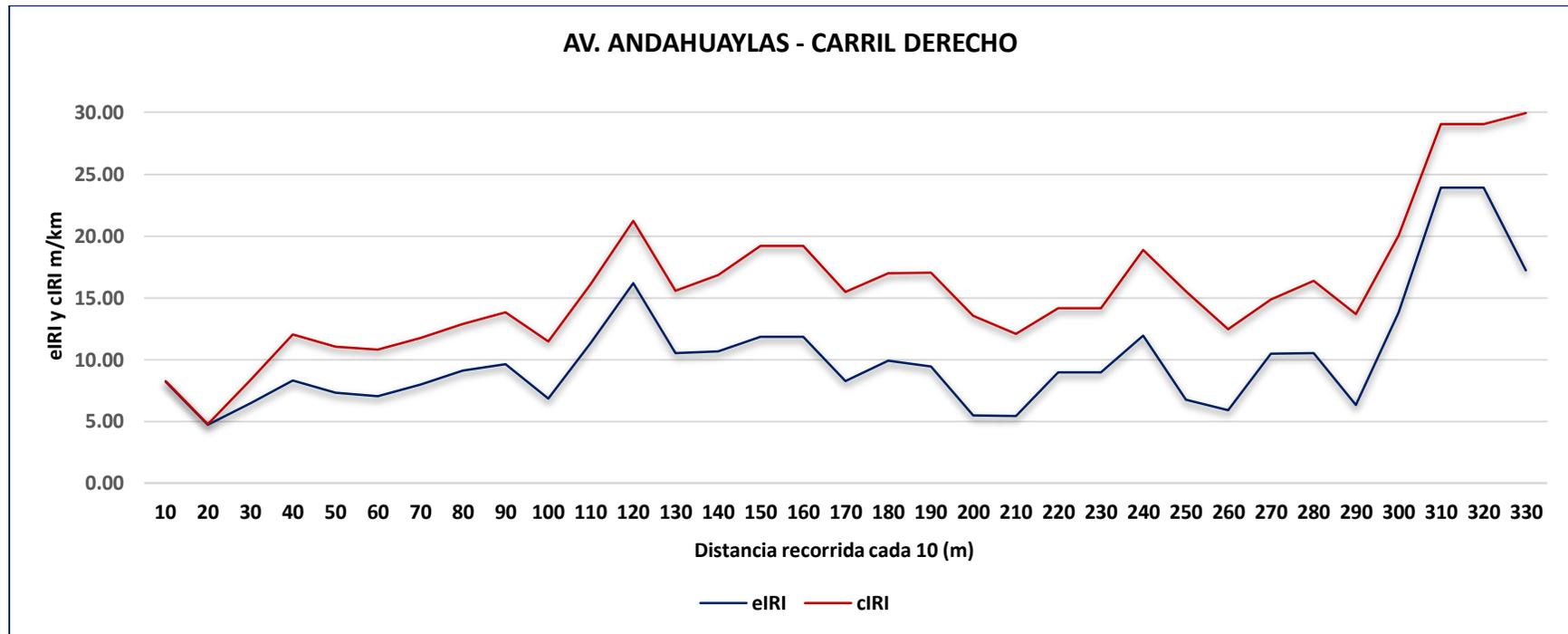
IRI estimado (eIRI): índice internacional de rugosidad estimado, Clasificado por el Banco Mundial un método de análisis de clase 3, para el análisis de este se recomienda conservar una velocidad de 20 a 80 km/h.

IRI calculado (cIRI): Índice internacional de rugosidad calculado mediante la fórmula del modelo del cuarto del vehículo Considerado un método de clase 2, para el análisis de este se recomienda mantener una rapidez constante de 60 a 80 km/h.

RoadId: Nombre de vía o carretera a recorrer.

Date Time: Tiempo (fecha y hora) del recorrido.

Gráfico 1: eIRI, cIRI según Distancia recorrida – Av. Andahuaylas carril derecho



Fuente: elaborado por los autores

Interpretación: En el presente gráfico se aprecia que los resultados recolectados del eIRI y cIRI, con la app roadroid, se encuentran distorsionadas debido a los valores demasiado elevados, ya que la avenida cuenta con fallas severas, las cuales alteran la rugosidad del pavimento. Asimismo, se aprecia que los datos están registrados cada 10m, de la distancia recorrida.

Tabla 9: Resultados de los datos adquiridos con la app Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril derecho

| AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL DERECHO | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|------------------|--------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Condición de la vía | eIRI | Velocidad (km/h) | N° de puntos | Porcentaje (%) | eIRI (m/km) promedio | cIRI (m/km) promedio | Velocidad promedio (Km/h) |
| Bueno | < 2.2 | > 70 | - | - | 10.16 | 5.50 | 36.83 |
| Satisfactorio | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 | - | - | | | |
| No satisfactorio | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 | 1 | 3.03 | | | |
| Pobre | > 5.4 | < 30 | 32 | 96.96 | | | |
| TOTAL | | = | 33 | 100 | | | |

Fuente: elaborado por los autores en relación a los resultados de Roadroid

La tabla nos muestra el estado o condición del pavimento intervenido Av. Andahuaylas carril derecho, lo cual se puede apreciar que de acuerdo a los rangos establecidos por el sistema Roadroid, dicha avenida se encuentra clasificada con una condición POBRE, debido a que el valor del (eIRI) es de 10.16 m/km, se considera el valor del IRI estimado debido a que la prueba se realizó con velocidades entre 20 – 80 km/h, lo cual no aplica para el IRI calculado ya que este se realiza con una velocidad invariable de 60 - 80 km/h, así poder obtener los valores más exactos

Tabla 10:Datos recolectados con la aplicación Roadroid de la Av. Andahuaylas - carril izquierdo

| N° | Date time | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude(m) | eIRI | cIRI | RoadId |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|-------|------|-----------------------------------|
| 1 | 12/05/2021 21:20 | -13,654,481 | -73,387,229 | 10 | 28.64 | 2957.5 | 8.44 | 0.25 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 2 | 12/05/2021 21:20 | -136,546,156,542,709 | -73,387,231,773,234 | 20 | 34.74 | 2954.5 | 5.13 | 0.49 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 3 | 12/05/2021 21:20 | -13,654,705,420,408 | -733,872,374,142,199 | 30 | 37.73 | 2952 | 3.57 | 1.62 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 4 | 12/05/2021 21:20 | -136,548,042,612,732 | -733,872,459,619,944 | 40 | 38.47 | 2950 | 4.67 | 2.75 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 5 | 12/05/2021 21:20 | -136,549,052,272,636 | -733,872,538,377,984 | 50 | 37.17 | 2948.5 | 4.73 | 3.77 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 6 | 12/05/2021 21:20 | -136,549,960,640,004 | -733,872,593,641,861 | 60 | 33.57 | 2947.5 | 2.98 | 4.79 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 7 | 12/05/2021 21:20 | -136,550,608,004,127 | -733,872,607,797,161 | 70 | 28.39 | 2946.5 | 4.47 | 4.79 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 8 | 12/05/2021 21:20 | -136,551,447,713,014 | -733,872,708,244,716 | 80 | 23.42 | 2945.5 | 5.73 | 3.28 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 9 | 12/05/2021 21:20 | -136,552,246,520,918 | -73,387,286,913,023 | 90 | 24.44 | 2945 | 6.23 | 1.77 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 10 | 12/05/2021 21:20 | -136,552,818,711,586 | -733,872,964,964,828 | 100 | 31.82 | 2945 | 5.06 | 2.19 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 11 | 12/05/2021 21:20 | -136,553,637,963,228 | -733,873,036,353,921 | 110 | 36.11 | 2945 | 6.16 | 2.6 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 12 | 12/05/2021 21:20 | -13,655,456,738,371 | -733,873,102,729,431 | 120 | 36.47 | 2945 | 17.01 | 5.21 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 13 | 12/05/2021 21:20 | -136,555,456,232,074 | -733,873,176,568,934 | 130 | 35.95 | 2945 | 24.06 | 7.81 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10: Datos recolectados con el roadroid de la Av. Andahuaylas – carril izquierdo

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|---------|-------|-------|-----------------------------------|
| 14 | 12/05/2021 21:20 | -136,556,323,871,074 | -733,873,223,991,499 | 140 | 35.75 | 2945 | 16.28 | 7.81 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 15 | 12/05/2021 21:20 | -136,557,229,931,488 | -733,873,328,750,958 | 150 | 36.58 | 2945 | 12.89 | 9.73 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 16 | 12/05/2021 21:20 | -13,655,807,286,206 | -733,873,444,722,921 | 160 | 35.48 | 2944.5 | 15.83 | 11.66 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 17 | 12/05/2021 21:20 | -136,558,820,430,004 | -733,873,483,151,875 | 170 | 32.36 | 2944 | 17.31 | 11.66 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 18 | 12/05/2021 21:20 | -136,559,416,769,957 | -733,873,521,177,384 | 180 | 31.88 | 2944 | 12.12 | 8.83 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 19 | 12/05/2021 21:20 | -136,561,422,599,192 | -733,873,909,953,701 | 190 | 35.06 | 2943.5 | 4.92 | 7.41 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 20 | 12/05/2021 21:20 | -136,562,159,599,986 | -733,874,000,310,587 | 200 | 35.06 | 2943 | 10.07 | 5.36 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 21 | 12/05/2021 21:20 | -136,562,952,511,275 | -733,874,109,317,221 | 210 | 34.2 | 2942.5 | 13.56 | 3.31 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 22 | 12/05/2021 21:20 | -136,563,751,652,713 | -733,874,254,330,543 | 220 | 33.59 | 2941.5 | 13.95 | 3.31 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 23 | 12/05/2021 21:20 | -136,564,463,606,435 | -733,874,392,273,201 | 230 | 32.09 | 2940.5 | 15.92 | 4.6 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 24 | 12/05/2021 21:20 | -136,565,032,306,766 | -733,874,509,164,597 | 240 | 29.28 | 2939.33 | 25.40 | 5.89 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 25 | 12/05/2021 21:20 | -136,566,916,559,508 | -73,387,479,802,045 | 250 | 29.79 | 2939 | 22.61 | 8.09 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 26 | 12/05/2021 21:20 | -136,567,708,119,944 | -733,874,825,343,296 | 260 | 34.36 | 2939 | 14.50 | 10.29 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 27 | 12/05/2021 21:20 | -136,568,695,069,831 | -733,874,766,728,993 | 270 | 36.63 | 2939 | 22.09 | 10.58 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10: Datos recolectados con el roadroid de la Av. Andahuaylas – carril izquierdo

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|--------|-------|-------|-----------------------------------|
| 28 | 12/05/2021 21:20 | -136,569,735,317,483 | -73,387,461,078,042 | 280 | 36.34 | 2938.5 | 21.29 | 10.86 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 29 | 12/05/2021 21:20 | -136,570,742,553,908 | -733,874,636,944,357 | 290 | 37.06 | 2938 | 15.48 | 10.15 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 30 | 12/05/2021 21:20 | -136,571,660,006,877 | -733,874,737,728,054 | 300 | 35.8 | 2937.5 | 12.85 | 9.43 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 31 | 12/05/2021 21:20 | -13,657,241,168,691 | -733,874,825,521,847 | 310 | 32.94 | 2936.5 | 12.54 | 9.43 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 32 | 12/05/2021 21:20 | -136,572,992,730,535 | -733,874,852,932,276 | 320 | 30.19 | 2935.5 | 14.42 | 8.07 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 33 | 12/05/2021 21:20 | -136,573,530,489,815 | -733,874,890,451,218 | 330 | 30.35 | 2934.5 | 18.98 | 6.71 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 34 | 12/05/2021 21:20 | -136,574,159,246,995 | -733,874,940,193,525 | 340 | 33.50 | 2934 | 20.31 | 6.71 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 35 | 12/05/2021 21:20 | -13,657,495,848,832 | -733,875,003,865,628 | 350 | 35.51 | 2933.5 | 13.78 | 7.00 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |
| 36 | 12/05/2021 21:20 | -136,575,878,520,532 | -733,875,088,224,835 | 360 | 36.45 | 2933 | 11.48 | 7.29 | AV ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: elaborado por los autores

La presente tabla nos muestra los valores recolectados en campo con la app Roadroid, donde se puede apreciar los puntos registrados en el recorrido cada 10m, latitud, longitud y altitud son valores obtenidos mediante el GPS y acelerómetro del teléfono, así mismo la velocidad del recorrido que va en un rango de 23 a 38 km/h y los valores de:

IRI estimado (eIRI): Estimación del índice de rugosidad internacional, Clasificado por el Banco Mundial un método de análisis de clase 3, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad de 20 a 80 km/h.

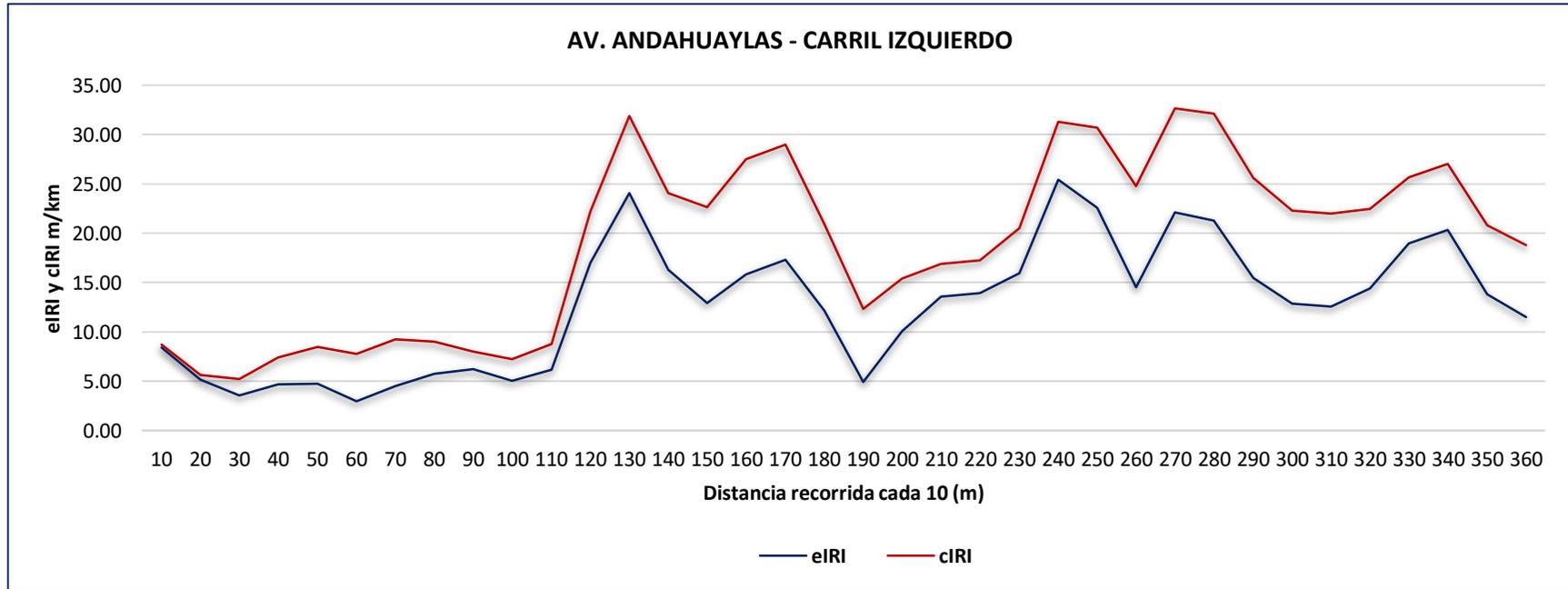
IRI calculado (cIRI): Índice de rugosidad internacional calculado mediante la fórmula del modelo del cuarto del vehículo

Considerado un método de clase 2, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad permanente de 60 a 80 km/h.

RoadId: Nombre de la vía o carretera a recorrer.

Date Time: Tiempo (fecha y hora) del recorrido.

Gráfico 2: eIRI, cIRI según distancia recorrida - Av. Andahuaylas carril izquierdo



Fuente: elaborado por los autores

Interpretación: En el presente gráfico se aprecia que los resultados obtenidos del eIRI y cIRI del carril izquierdo con la aplicación roadroid, se encuentran distorsionadas debido a los valores demasiado elevados, ya que la avenida cuenta con fallas severas, las cuales alteran la rugosidad del pavimento. Asimismo, se aprecia que los datos están registrados cada 10m, de la distancia recorrida.

Tabla 11: Resultados de los datos adquiridos con el aplicativo Roadroid de la Av. Andahuaylas – carril izquierdo

| AV. ANDAHUAYLAS - CARRIL IZQUIERDO | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|------------------|--------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Condición de la vía | eIRI | Velocidad (km/h) | N° de puntos | porcentaje (%) | eIRI (m/km) promedio | cIRI (m/km) promedio | Velocidad promedio (km/h) |
| Bueno | < 2.2 | > 70 | - | | 12.69 | 6.26 | 33.53 |
| Satisfactorio | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 | 1 | 2.78 | | | |
| No satisfactorio | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 | 7 | 19.44 | | | |
| Pobre | > 5.4 | < 30 | 28 | 77.78 | | | |
| TOTAL | | | 36 | 100 | | | |

Fuente: elaborado por los autores de acuerdo a los resultados de Roadroid

La presente tabla nos muestra el estado o condición del pavimento intervenido Av. Andahuaylas carril izquierdo, lo cual se puede apreciar que de acuerdo a los rangos establecidos por el sistema Roadroid, dicha avenida se encuentra con una condición POBRE, debido a que el eIRI es de 12.69 m/km, se considera el valor del IRI estimado debido a que la prueba se realizó con velocidades entre 20 – 80 km/h, lo cual no aplica para el IRI calculado debido a que este se realiza con una velocidad permanente de 60 - 80 km/h, a fin de poder obtener los valores más exactos.

Respecto al objetivo general: Determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido empleando la aplicación Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas. Se determinó el estado de serviciabilidad (PSI) del pavimento rígido, que oscila de 0(carretera imposible de transitar) a 5 (carretera perfecta), el cual haciendo uso de la ecuación formulada por Sayers y en función al valor obtenido del IRI mediante el sistema Roadroid se pudo obtener los valores de la serviciabilidad, asimismo se clasificó el estado o condición del pavimento, de acuerdo a las tablas del Manual de especificaciones técnicas, MTC – 2007, Norma CE. 010, Aastho 93.

En la tabla N° 12, se muestra el valor de la serviciabilidad (PSI) y la clasificación de la condición del pavimento.

Determinación del PSI:

La determinación del PSI se efectúa empleando la expresión formulada por Sayers, que relaciona la rugosidad con el índice de Serviciabilidad.

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

IRI - (Indice Internacional de Rugosidad)

PSI - (Indice de Serviciabilidad Presente)

Reemplazando se tiene:

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{11.43}{5.5}\right)} = 0.65$$

Tabla 12: Serviciabilidad y estado del pavimento

| Serviciabilidad y estado del Pavimento | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------|--------------------------|---|---|--------------------------------|---|------------------------|
| Nombre de la Vía | Edad del Pavimento (años) | Tipo de Pavimento | Carril | Valores de Rugosidad Obtenida con la Aplicación Roadroid (m/km) | Valores del PSI (Serviciabilidad) calculado según la ecuación de Sayers | Condición del Pavimento | | |
| | | | | | | Norma CE. 010 Pavimento Urbano | Especificaciones Técnicas para la Conservación de Carreteras - MTC - 2007 | Norma - Guía AASHTO 93 |
| Avenida Andahuaylas | 30 | Pavimento Rígido | Carril Derecho | 10.16 | 0.79 | Muy Malo | Muy Malo | Muy Mala |
| Avenida Andahuaylas | 30 | Pavimento Rígido | Carril Izquierdo | 12.69 | 0.5 | Muy Malo | Muy Malo | Muy Mala |
| Avenida Andahuaylas | 30 | Pavimento Rígido | Carril Derecho Izquierdo | 11.43 | 0.65 | Muy Malo | Muy Malo | Muy Mala |

Fuente: elaborado por los autores

Interpretación: Se puede apreciar en la tabla que, en función a los datos de rugosidad recolectados por la aplicación Roadroid, se determinó el valor de serviciabilidad (PSI) de acuerdo a la expresión establecida por Sayers, lo cual se aprecia un IRI promedio de 11.43 m/km, por consiguiente un valor promedio de serviciabilidad de ambos carriles de 0.65, la cual está en el rango < 1 , por ende según las tablas de rangos del PSI estipulados en el manual y norma peruana, se clasifica como pavimento con una condición

MUY MALA, es decir en completo deterioro, la cual necesita realizar su intervención inmediata para poder garantizar una serviciabilidad muy buena de acuerdo a los parámetros.

Respecto al objetivo específico 1: Determinar el “IRI” del pavimento rígido utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas. Se determinó el valor del (IRI) mediante la app Roadroid, de los 2 carriles derecho e izquierdo de la avenida Andahuaylas, lo cual se obtuvo un valor de IRI estimado promedio de **10.16 m/km** - carril derecho y un IRI estimado de **12.69 m/km** - carril izquierdo, como se aprecia en la tabla N° 15. Asimismo, se calculó el IRI característico con la siguiente expresión establecida por Manual de Mantenimiento vial - MTC-2018:

$$\text{IRIc} = \text{IRIp} + 0.842 \times \text{ds}$$

Donde:

IRIc: IRI característico

IRIp: IRI promedio (obtenido con la aplicación Roadroid)

ds: Desviación Estándar

Confiabilidad 80%: 0.842 según Manual de conservación vial MTC -2018

Reemplazando se tiene:

$$\text{IRIc} = 10.16\text{m/km} + 0.842 \times 4.47 = \mathbf{13.93 \text{ m/km}}$$

donde relaciona el IRIp con el IRIc a la confiabilidad de 80% (tipo de vía: carretera 2da clase) para poder verificar si el valor obtenido de la vía cumple con las variables de la Norma C.E. 010 Pavimentos Urbanos y el Manual de Conservación Vial - MTC – 2018, lo cual se puede distinguir en la tabla N° 13 y 14.

Tabla 13: Parámetro de control de Rugosidad del pavimento

| Parámetros de control de Rugosidad del Pavimento | |
|--|---------------------|
| Tipo de Vía | Indice de Rugosidad |
| Vías Expresas | < 2.5 m/km |

Fuente: Norma CE. 010 pavimentos Urbanos

Tabla 14: Parámetros de Rugosidad característica

| Carretera 2da clase 400 <= IMD <= 2000 | | | | | |
|--|-----------------------|--|--|--|---------------|
| Tipo de Vía | Tipo de Pavimentación | Rugosidad característica para pavimentos nuevos IRI (m/km) | Rugosidad característica para pavimentos con recapa asfáltica IRI (m/km) | Rugosidad característica para pavimentos en periodo de servicio IRI (m/km) | Confiabilidad |
| Carretera 2da clase 400 <= IMD <= 2000 | Pavimento Rígido | 2.4 IRIc (3) | 2.9 IRIc (3) | 3.7 IRIc (3) | 80% |

Fuente: Manual de conservación Vial – MTC - 2018

Para poder hacer uso de estos valores se tomó en consideración que la vía urbana o local Av. Andahuaylas de la provincia de Andahuaylas, se considera una vía de alto tránsito vehicular, debido a que está en servicio para transporte inter distrital, local y comercial, es por ello que se utilizó los valores como si fueran carreteras de segunda clase.

Tabla 15: Valores alcanzados con la app Roadroid de acuerdo a los parámetros

| Valores alcanzados con la app Roadroid de acuerdo a los Parámetros establecidos | | | | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------|--|------------------------|--|--|--|
| Nombre de la Vía | Tipo de Pavimentación | Carril | Norma o Manual | Parámetro de Rugosidad | Valores de Rugosidad promedio alcanzados con la app de Roadroid (eIRI) | Valores del IRI característico calculado | Parámetros admisibles (Norma 010 y Manual MTC. 2018) |
| AVENIDA ANDAHUAYLAS | Pavimento Rígido | Carril Derecho-subida | Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos | ≤ 2.5 (m/km) | 10.16 (m/km) | | No cumple |
| | | | Manual de Carreteras: Mantenimiento - Conservación Vial - MTC - 2018 | 3.7 IRIc (m/km) | | 13.93 (m/km) | No cumple |
| AVENIDA ANDAHUAYLAS | Pavimento Rígido | Carril Izquierdo - bajada | Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos | ≤ 2.5 (m/km) | 12.69 (m/km) | | No cumple |
| | | | Manual de Carreteras: Mantenimiento - Conservación Vial - MTC - 2018 | 3.7 IRIc (m/km) | | 18.1 (m/km) | No cumple |

Fuente: elaborado por los autores

Interpretación: Se observa que los datos del (eIRI) obtenidos por el sistema Roadroid con Smartphone y valores de IRIc (Índice de rugosidad característico) 13.93 m/km carril derecho y 18.1 m/km carril izquierdo son bastantes elevados, los cuales no cumplen con los parámetros admisibles de la Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos, y el Manual de Mantenimiento y conservación Vial – MTC – 2018, es decir no se encuentra dentro de los rangos establecidos.

Respecto al objetivo específico 2: Determinar las alternativas de mantenimiento empleando el sistema Roadroid con Smartphone, de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac. Se evaluó el estado o condición del pavimento intervenido en función a los valores de Rugosidad obtenidos y la serviciabilidad que se detalla en la tabla N°12, lo cual en base a estos resultados se realizó la propuesta de trabajos de conservación Vial, las cuales son de carácter preventivo que se realizan para prevenir deterioro o defectos menores en el pavimento, sin embargo, también se realiza para corregir defectos mayores y refuerzo de pavimento. Asimismo, se estableció esta actividad en función a la edad del pavimento.

En la tabla N°16 se muestra la actividad de conservación periódica propuesta para la vía intervenida en función al manual de carreteras: Mantenimiento vial.

Tabla 16: Propuesta de conservación vial - Pavimento rígido de la Av.

Andahuaylas

| Propuesta de Conservación Vial - Pavimento Rígido | | | | | | |
|---|------------|---------------------|------------------------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Carril | IRI (m/km) | Rango de IRI (m/km) | Tipo de Conservación | Nombre de la Vía | Edad del Pavimento (años) | Medidas Correctivas |
| Derecho | 10.16 | 5 < IRI | Reconstrucción del Pavimento | Av. Andahuaylas | 30 | Reconstrucción de Pavimento Rígido |
| Izquierdo | 12.69 | 5 < IRI | Reconstrucción del Pavimento | Av. Andahuaylas | 30 | Reconstrucción de Pavimento Rígido |
| Promedio | 11.43 | 5 < IRI | Reconstrucción del Pavimento | Av. Andahuaylas | 30 | Reconstrucción de Pavimento Rígido |

Fuente: elaboración propia por los autores

Interpretación: Se observa en la tabla que los valores del (IRI) obtenidos por el sistema Roadroid, son bastantes elevados, por lo cual la condición del pavimento de acuerdo a las tablas del Manual de Mantenimiento, Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos y AASTHO 93, se clasifica en un pavimento de estado o condición MUY MALO (ver tabla 11), por lo cual se llegó a proponer en cuanto al tipo de Conservación vial, la Reconstrucción o Reemplazo de nuevas losas de la vía en su totalidad, el cual comprende en la remoción de losas de la calzada y/o bermas del pavimento rígido, y su reemplazo con nuevas losas de la vía, también se debe considerar la reparación de la rasante y subbase si fuera necesario, en cuanto a los materiales, equipos, herramientas y proceso constructivo realizar de acuerdo al manual de mantenimiento y conservación vial MTC-2018, para la recuperación de la serviciabilidad. otro tipo de conservación rutinaria no sería recomendable debido a que se encuentra bastante deteriorada, en pésimas condiciones, con presencia de fallas severas visibles, asimismo un factor importante en el deterioro es la edad del pavimento, en este caso el pavimento rígido de la avenida Andahuaylas cumplió con su periodo de vida útil, ya que cuenta con un promedio de 30 años de antigüedad, es más se puede apreciar que el diseño del pavimento es antiguo

donde no cuentan con cunetas para evacuación de aguas pluviales. Se espera que la entidad responsable, en base a este trabajo de investigación realice la intervención inmediata o en un futuro cercano en cuanto al mantenimiento de una de las avenidas principales de la ciudad de Andahuaylas.

Respecto al objetivo específico 3: Evaluar los beneficios del uso de la aplicación Roadroid. Se evaluó los beneficios del uso de la app roadroid en base a la experiencia al momento de analizar el pavimento rígido de la avenida Andahuaylas, por lo cual se menciona que el aplicativo es una opción bastante favorable debido a que su manejo es sencillo de acuerdo a la guía de usuarios Roadroid, no necesita personal especializado, fácil acceso al sistema con solo tener una cuenta de usuario y licencia activada para poder obtener los valores realizados en la zona, asimismo se tiene la base de datos registrados de todas las vías intervenidas con la aplicación en donde se puede visualizar en el mapa el tramo resaltado del color de acuerdo a la condición del pavimento tanto con fotografías y videos, eficiente en tramos largos ya que la prueba se realiza con el uso de un auto y referente al trabajo en gabinete nos da la facilidad de obtener datos ya calculados, por lo cual se evita todo ese procedimiento tedioso a comparación de otros métodos tradicionales, bajo costo económico, ya que solo es necesario un Smartphone con la aplicación y licencia activada. así mismo la evaluación se basó en los trabajos de investigación similar donde realizaron las comparaciones necesarias con otros métodos o herramientas convencionales para la obtención del IRI. finalmente concluyen y recomiendan el uso de este sistema tecnológico debido a las grandiosas ventajas que ofrece sobre otros métodos o herramientas.

En definitiva, de acuerdo a la experiencia del uso del aplicativo en la Avenida Andahuaylas, se logra aseverar que roadroid es un sistema sencillo, eficaz y con bajo costo, para analizar y controlar la calidad en obras nuevas, asimismo para evaluar la condición en la que se encuentra las vías en servicio, de esa manera realizar un plan de mantenimiento o conservación periódico y rutinario, los cuales sirven para el desarrollo de la ciudad.

En la tabla 17 se muestra las características comparativas entre el perfilómetro laser y Roadroid, para la obtención de la rugosidad de una vía.

Tabla 17: Características perfilómetro láser vs Roadroid

| Características Perfilómetro Láser versus Roadroid | | |
|--|---|--|
| | Perfilómetro Láser | Roadroid |
| PU (IIRSA SUR) | S/. 84.7 | S/. 14.97 |
| Rendimiento | 80 - 100 km/h | 60 - 90 km/h |
| Resultados | El trabajo de ubicación de coordenadas no se puede trabajar directamente. Unas computadoras ubicadas en el vehículo se encuentran conectadas a los dispositivos laser registrando los resultados a través de un software específico | Los resultados son ubicados a través de coordenadas GPS y son rápidamente trabajables |
| Mantenimiento | Costo de mantenimiento del vehículo y del equipo laser | No es Considerable |
| Almacenamiento | Costo de almacenamiento techado | No es Considerable |
| Margen de Error | Costoso, al repetir la prueba se deberá trasladar el equipo (pesado y costoso) nuevamente al proyecto | El precio de la aplicación evaluado es por año, lo que nos permite realizar no solo nuevos muestreos en caso de modificaciones sin mayor costo, sino también poder realizar estudios en otros proyectos sin mayores costos de equipo |

Fuente: Almenara Cueto, 2015

Se aprecia que las características mencionadas en la tabla, de acuerdo al autor son favorables para el aplicativo Roadroid, es decir es bastante económico a comparación del perfilómetro laser, asimismo en cuanto al equipo convencional de Rugosímetro Merlin, es ventajoso en el rendimiento o eficiencia en las pruebas de campo y gabinete.

V. DISCUSIÓN

Respecto a la hipótesis general: Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el estado de serviciabilidad del pavimento rígido de la av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac. A partir del resultado en la presente tesis, en el que se determinó el estado de serviciabilidad (PSI) del pavimento rígido, el cual haciendo uso de la ecuación formulada por Sayers y en función al valor obtenido del IRI mediante el sistema Roadroid se pudo obtener los valores de la serviciabilidad, asimismo se clasificó el estado o condición del pavimento, de acuerdo a las tablas del Manual de carreteras mantenimiento y conservación vial, MTC – 2018, Norma 010 Pavimentos urbanos, Aastho 93.

En la tabla N°12, se muestra el valor de la serviciabilidad (PSI) y la clasificación de la condición del pavimento, lo cual se observa un IRI promedio de 11.43 m/km, por consiguiente, un valor promedio de serviciabilidad de ambos carriles 0.65, por ende, según las tablas estipulados en los manuales y normas, se clasifica como pavimento con una condición MUY MALA, la cual necesita realizar su intervención inmediata.

De acuerdo al trabajo de titulación realizado por Chávez Mendieta A & Pañarreta Tello L, (2019), se determinó que respecto al PCI, el 45% y 35% de las secciones analizadas tienen un estado excelente y el 11% y 9% restante tienen un estado aceptable y malo, respecto al IRI dio un resultado de 4.8 m/km el cual lo clasifica como un pavimento en pésimas condiciones de servicio, estropeado y deteriorado, concluyendo que se debe de utilizar el Roadroid para el cálculo de eIRI y de esta manera poder encontrar el (PCI). Mientras que en la presente investigación nos resultó un valor del eIRI (índice de Rugosidad estimado) de 10.16 m/km carril derecho y 12.69 m/km carril izquierdo, el cual lo clasifica como pavimento con una serviciabilidad y condición pésima.

(Latorre, 2018) indica en su investigación que cumplió con todos los rangos, índices y velocidades de evaluación, por ello la aplicación Roadroid cumple los estándares para que los resultados sean veraces, cumpliendo de esa manera con lo establecido en el IRI. Una vez conocido el IRI mediante el Roadroid se analizará

los resultados para mejorar la transitabilidad y calidad del pavimento o proponer un plan de mantenimiento de las avenidas del centro urbano de Chiclayo.

De acuerdo a (Manco, 2020). La Serviciabilidad presente en la carretera Baños del Inca – Llacanora para el CARRIL DERECHO obtuvo un valor cuantitativo de 3.51, encontrándose en la escala cualitativa de BUENA, mientras que para el CARRIL IZQUIERDO se obtuvo un valor cuantitativo de 3.26, encontrándose en la escala cualitativa de BUENA. Pese a ello, en el carril izquierdo tenemos 4 tramos dentro de la escala cualitativa REGULAR, es decir, están fuera del rango óptimo y necesitan mantenimiento. Mientras que en la presente tesis se obtuvo un valor de serviciabilidad 0.79 carril derecho, 0.50 carril izquierdo los cuales se clasifican como una condición de pavimento MUY MALA, a comparación del tramo baños del inca – Llanacora, la Avenida Andahuaylas se encuentra con una serviciabilidad muy mala, es decir en pésimas condiciones, lo cual requiere una intervención inmediata de mantenimiento o conservación vial.

Por lo tanto, en la presente investigación se obtuvo un valor promedio de serviciabilidad, $0.65 < 1$, por consiguiente, se clasificó como pavimento en estado MUY MALO, es decir con una serviciabilidad deficiente, con un bajo nivel de comodidad y seguridad proporcionada a los usuarios de tránsito y peatonales de la avenida Andahuaylas. se puede apreciar un pavimento en completo deterioro, presencia de fallas severas debido a los distintos factores como la falta de mantenimiento y tiempo de servicio o edad del pavimento.

Por lo cual se indica que la **hipótesis general: “Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se podrá determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido de la av. Andahuaylas** “es válida, debido a que con el valor de la rugosidad (eIRI) obtenida con el sistema Roadroid se puede determinar el valor de la Serviciabilidad (PSI) y la clasificación de la condición del pavimento. Para que de esa manera se pueda realizar la intervención adecuada en cuanto al mantenimiento o conservación vial.

Finalmente, Esta tesis cumplió con las medidas y conceptos para determinar la rugosidad superficial del pavimento, así como los rangos, índices y velocidades de evaluación, con lo que Roadroid trabaja para obtener resultados veraces.

Respecto a la hipótesis específica 1: Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el IRI del pavimento rígido de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac. A partir del resultado en la presente tesis, en el que se determinó el valor del IRI mediante el aplicativo Roadroid, en ambos carriles derecho e izquierdo de la avenida Andahuaylas, obteniendo así un valor del Índice de Rugosidad estimado promedio de 10.16 m/km en el carril derecho y un IRI estimado de 12.69 m/km en el carril izquierdo, se calculó el IRI característico 13.93 m/km en el carril derecho y 18.1 m/km carril izquierdo, los cuales fueron verificados de acuerdo a las variables de la Norma C.E. 010 Pavimentos Urbanos y el Manual de Conservación Vial y se concluye que no se encuentran dentro de los rangos establecidos, es decir no cumplen.

Por ello, en definitiva, utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se pudo determinar el valor del IRI del pavimento rígido en la Av. Andahuaylas de una manera sencilla y eficaz, asimismo la verificación de cumplimiento con los parámetros establecidos en el manual y normativa peruana.

(Latorre, 2018) diagnosticó la uniformidad superficial de la vía en la ciudad de Chiclayo, por el método del sistema roadroid empleando un Smartphone, en las 38 avenidas pavimentadas, donde concluyó que dichas avenidas no cumplen con el rango de 2.5 m/km establecido por la norma peruana, en el cual el valor mínimo del IRI fue 3.29 m/km y la máxima 28.53 m/km, las cuales se encuentran en condiciones pobres y necesitan de un mantenimiento para mejorar su transitabilidad vehicular. Mientras que en esta investigación se evaluó en el pavimento rígido de la Avenida Andahuaylas con una longitud total de 690m (ambos carriles) donde se obtuvo un eIRI promedio de 10.16 m/km para el carril derecho y un 12.69 m/km para el carril izquierdo, mediante la aplicación Roadroid con Smartphone, los cuales son valores bastante elevados que no están dentro de los parámetros establecidos en el manual y norma peruana.

Por lo cual se expresa que la hipótesis específica: Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se podrá determinar el (IRI) del pavimento rígido de la Av. Andahuaylas “es verdadera, debido a que la APP Roadroid es un sistema diseñada para la obtención específica de valores de rugosidades y clasificación de la condición de una vía, asimismo es bastante precisa, eficaz, sencilla y económica, en cuanto a los otros métodos o herramientas convencionales.

Respecto a la hipótesis específica 2: Empleando el sistema Roadroid, se obtiene las alternativas de mantenimiento de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac. A partir del resultado en la presente tesis, en el que se evaluó el estado o condición del pavimento intervenido en función a los valores de Rugosidad conseguidos y la serviciabilidad el cual se detalla en la tabla 12, asimismo se alcanza apreciar que los valores del (IRI) alcanzados por el sistema Roadroid, son bastantes elevados, por lo cual la condición del pavimento de acuerdo a las tablas del Manual de Mantenimiento vial, Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos y AASTHO 93, se clasifica en un pavimento de estado o condición MUY MALO (ver tabla 12), por lo cual se llegó a proponer en cuanto al tipo de Conservación vial, la Reconstrucción o Reemplazo de nuevas losas de la vía en su totalidad, de acuerdo al manual de mantenimiento vial MTC-2018, para la recuperación de la serviciabilidad, debido a que se encuentra bastante deteriorada, con presencia de fallas severas visibles, asimismo el pavimento rígido de la avenida Andahuaylas cumplió con su periodo de vida útil, ya que cuenta con un promedio de 30 años de antigüedad, es más se puede apreciar que el diseño del pavimento es antiguo donde no cuentan con cunetas para evacuación de aguas pluviales. Se espera que la entidad responsable, en base a este trabajo de investigación realice la intervención inmediata o en un futuro cercano en cuanto al mantenimiento de una de las avenidas importantes de la ciudad de Andahuaylas.

Por lo cual en definitiva empleando el sistema de Roadroid con Smartphone, se obtuvo la alternativa de mantenimiento de la avenida Andahuaylas, pues mediante el valor del Índice de Rugosidad estimado “eIRI”, se pueden establecer actividades

adecuadas para la intervención en cuanto al mantenimiento y conservación de la vía, esta influye en la Gestión de Conservación Rutinaria, pues mediante este valor se pueden establecer acciones más adecuadas para la conservación rutinaria.

La evaluación de las vías ya no se basa solo en una la auscultación del pavimento, si no también mediante un parámetro que se utiliza a nivel mundial, el cual también utiliza el Manual de Conservación vial para sus políticas de mantenimiento. (Napaico, 2019)

El IRI se utiliza para dos propósitos, Solminihac H. (2018), 1 para el control en la recepción de obras de pavimentación y 2 para determinar el momento adecuado en que una vía necesita intervención en cuanto a la conservación vial.

El proyecto de grado realizado por Gutiérrez Quispe G, (2018). “Aplicación del método roadroid para la estimación del IRI mediante Smartphone”, el tesista recomienda el uso de Roadroid para la evaluación de pavimentos con pendientes alteradas y tramos largos por otro lado este aplicativo trabaja muy bien en zonas de altura puesto que no presento problemas en la ciudad de Cala Cala donde estaban a 3760 msnm a la vez recomienda mantener una velocidad de 80 km/h y evitar cualquier sonido dentro del vehículo a usar en la evaluación, por otro lado recomienda el uso del Roadroid a entidades públicas y privadas para agilizar el mantenimiento de las vías públicas, debido a su bajo costo y su alto rendimiento.

De acuerdo a la investigación realizada por (Napaico, 2019), plantea actividades de conservación periódica cuando las vías alcanzan valores IRI superiores a 4 m/km, por lo tanto, en vías con menor valor $IRI \leq 4$, el tipo de conservación a realizar es rutinario, el IRI puede ser usado como una fuente de información para tomar decisiones de conservación vial.

Finalmente, los autores anteriores coinciden en que el valor de IRI obtenido con la aplicación Roadroid nos ayuda a poder plantear y decidir una intervención adecuada de mantenimiento o conservación de los pavimentos. Por lo cual en la presente investigación de acuerdo al valor promedio de 11.43 m/km (IRI demasiado elevado) se propone la actividad periódica de Reconstrucción o reemplazo de nuevas losas del pavimento de la avenida Andahuaylas, en cuanto a la intervención

de mantenimiento o conservación vial, debido a la condición pésima en el que se encuentra dicha avenida.

Por ello se indica que la **hipótesis específica: “Empleando el sistema Roadroid, se obtendrá las alternativas de mantenimiento** “es válida, debido a que el valor de la rugosidad (IRI) puede ser usado como un indicador para realizar el tipo de intervención en cuanto al mantenimiento o conservación vial.

Respecto a la hipótesis específica 3: Los beneficios que ofrece Roadroid a comparación con los otros métodos para medir la rugosidad son favorables.

A partir del resultado en la presente tesis, en el que se evaluó la utilidad del uso del aplicativo roadroid en base a la experiencia al momento de evaluar el pavimento rígido de la avenida Andahuaylas, por lo cual se menciona que el aplicativo es una opción bastante favorable debido a que su manejo es sencillo de acuerdo a la guía de usuarios Roadroid, no necesita personal especializado, fácil acceso al sistema con solo tener una cuenta de usuario y licencia activada para poder obtener los datos realizados en campo, asimismo se tiene la base de datos registrados de todas las vías intervenidas con la aplicación en donde se puede visualizar en el mapa el tramo resaltado del color de acuerdo a la condición del pavimento tanto con fotografías y videos, eficiente en tramos largos ya que la prueba se realiza con el uso de un auto y referente al trabajo en gabinete nos da la facilidad de obtener datos ya calculados, por lo cual se evita todo ese procedimiento tedioso a comparación de otros métodos tradicionales, bajo costo económico, ya que solo es necesario un Smartphone con la aplicación y licencia activada. Así mismo la evaluación se basó en los trabajos de investigación similar donde realizaron las comparaciones necesarias con otros métodos o herramientas convencionales para la obtención del IRI. Finalmente concluyen y recomiendan el uso de este sistema tecnológico debido a las grandiosas ventajas que ofrece sobre otros métodos o herramientas.

En definitiva, de acuerdo a la experiencia del uso del aplicativo en la Avenida Andahuaylas, se confirma que roadroid es un sistema practico, eficaz y con bajo costo, para evaluar y controlar la calidad en las obras nuevas, asimismo como para evaluar la condición en la que se encuentra las vías en servicio, de esa manera realizar un plan de mantenimiento o conservación rutinario y periódico, los cuales valen para el desarrollo de la ciudad.

(Latorre, 2018) en su tesis indica que Roadroid trabaja en el resultado de la rugosidad del pavimento de manera eficaz, práctica y fácil de manipular, se necesita las herramientas correctas de acuerdo a su guía de usuario, a comparación de otros métodos de evaluación Roadroid se presenta como un sistema innovador tecnológico, donde se considera como dos tipos de clases 2/3 para medir la rugosidad.

En la Presente tesis, realizado por (Camacho, 2018), realizó un análisis y comparación con dos métodos los cuales son: El método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid). Llegando a la conclusión que el Roadroid nos proporciona valores similares al Rugosímetro de Merlín y se puede aseverar que el rendimiento es mucho mejor con la aplicación del Roadroid.

De acuerdo a la investigación realizada por (Manco, 2020). Concluye que existe una relación positiva baja entre el IRI y eIRI. La aplicación Roadroid es una buena alternativa para la medición del IRI por su alto rendimiento y fácil dominio, pero se ve muy limitada para su uso en la provincia de Cajamarca, puesto que depende de velocidades elevadas y constantes, las cuales son difíciles de cumplir debido a las características geométricas propias de las carreteras en esta zona.

Los autores concluyen y recomiendan el uso del aplicativo Roadroid como una alternativa tecnológica eficiente, sencilla y de bajo costo económico en cuanto a la obtención de datos de rugosidad en pavimentos.

Por lo cual se indica que la **hipótesis específica: “Los beneficios que ofrece Roadroid a comparación de los métodos ya usados para medir rugosidad son favorables”** es válida, debido a que Roadroid es una aplicación bastante ventajosa, tecnológica e innovadora a comparación de los instrumentos o equipos convencionales más usados en el país.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los objetivos establecidos en la tesis se pudo deducir con lo siguiente:

- Del objetivo general: Se concluye que la serviciabilidad presente en la avenida Andahuaylas, para el carril derecho obtuvo un valor cuantitativo de 0.79, para el carril izquierdo de 0.50 y un valor promedio de 0.65, de acuerdo a la rugosidad ($IRI_p = 11.43$ m/km promedio de ambos carriles), clasificándose como un pavimento en condición MUY MALA, lo cual está fuera del rango óptimo, es decir actualmente el pavimento ofrece pésimas condiciones de servicio a los usuarios. Por lo que requiere su intervención inmediata, para recuperar la serviciabilidad y garantizar un buen estado del pavimento rígido de una de las avenidas primordiales de la Provincia de Andahuaylas.
- Del objetivo específico 1: Se determinó la rugosidad del pavimento rígido empleando el aplicativo Roadroid, donde se obtuvo un valor de $eIRI$ promedio 10.16 m/km para el carril derecho, 12.69 m/km para el carril izquierdo, asimismo se determinó el IRI_c (rugosidad característica) de 13.93 m/km vía derecha, 18.10 m/km vía izquierda, con un promedio general de 11.43 m/km ambos carriles y un IRI_c promedio de 16.02 m/km, según los valores adquiridos de la aplicación el pavimento en estudio cuenta con un 96.96 % en condición POBRE ($eIRI > 5.4$) los cuales son valores bastantes elevados, verificando de acuerdo al Manual de conservación vial MTC – 2018 y la norma CE. 010 pavimentos urbanos, no cumplen con los parámetros establecidos, debido a que el pavimento se encuentra en pésimas condiciones.
- Del objetivo específico 2: Se determinó las alternativas de mantenimiento de acuerdo al valor obtenido de Rugosidad del pavimento mediante el aplicativo Roadroid, se tuvo un valor promedio de 11.43 m/km lo cual es un valor bastante elevado, es decir se encuentra fuera del rango óptimo, asimismo se puede apreciar el estado actual del pavimento el que se halla en pésimas

condiciones, con existencia de fallas severas visibles, es más ya cumplió con su tiempo de vida útil, por ello se propone la intervención con la actividad de mantenimiento o conservación periódica de Reconstrucción o Reemplazo de losas de concreto con unas nuevas en su totalidad, también se considera la reconstrucción de la base y subbase según lo requiera. Dicha intervención se debe realizar de acuerdo al manual de conservación vial MTC – 2018. Para garantizar la serviciabilidad a los usuarios de la ciudad de Andahuaylas.

- Del objetivo específico 3: Se concluye que los beneficios del uso del aplicativo Roadroid es bastante favorable debido a su manejo sencillo, fácil acceso al sistema, alto rendimiento y eficiencia en campo y gabinete, económico, a diferencia de otros instrumentos convencionales usados en el país.

VII. RECOMENDACIONES

- De la conclusión 1: Se recomienda que, la Norma Peruana CE. 010 debe incidir en la obtención de parámetros de rugosidad, para mejorar y garantizar el buen estado de los pavimentos, asimismo se recomienda exigir que cada entidad pública cumpla con realizar la prueba de control de calidad en los pavimentos, ya sea por cualquier sistema de evaluación siempre y cuando los resultados sean sostenibles, lo más aconsejable es utilizar la aplicación Roadroid, debido a sus beneficios favorables ya que es un método sencillo, alto rendimiento, eficiente y económico, no se requiere de mucho tiempo para la obtención y proceso de resultado.
- De la conclusión 2: Se recomienda que, al realizar el ensayo para la obtención del IRI mediante la app Roadroid, se debe configurar correctamente para garantizar la exactitud de los datos, asimismo se debe contar con las herramientas recomendables por la guía de usuario Roadroid, para que de esa manera no se tenga complejidad al momento de estimar el IRI. En cuanto al horario de realizar la prueba se recomienda en horas de la noche o madrugada, donde no exista transitabilidad, considerar el inicio del ensayo a unos 150 a 200 metros antes, lo cual nos permitirá renombrar el pavimento a intervenir, de igual manera tener en cuenta que la aplicación para empezar a registrar los datos necesita una velocidad mayor a 20 km/h, de lo contrario no serán registrados. Evitar encender el equipo del sonido que genere vibraciones, ya que alteran los resultados, por último, se recomienda realizar la prueba en colaboración de una persona, ya que uno se encarga del manejo del auto sin distracciones para mantener la velocidad requerida y el otro a realizar las configuraciones y manejo del Smartphone.

- De la conclusión 3: Se recomienda que, en base a este trabajo de investigación la entidad responsable evalúe y considere la intervención inmediata o en futuro cercano en cuanto al mantenimiento o conservación de la avenida Andahuaylas, considerado una de las vías primordiales de la ciudad. La cual se encuentra actualmente en pésimas condiciones.
- De la conclusión 4: Se recomienda persistir con este tipo de investigación, para que la app Roadroid que es un sistema tecnológico e innovador sea considerado un instrumento de impacto con mayor frecuencia de uso en cuanto a la obtención y evaluación de rugosidades de pavimentos en el Perú, al igual que otros países a nivel mundial, lo cual se considera como una alternativa bastante favorable debido a lo ventajoso (sencilla, eficaz, económico) que resulta a comparación de otros instrumentos convencionales.

REFERENCIAS

1. Gutiérrez G, (2018). Aplicación del método Roadroid para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) mediante Smartphone (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia
2. Chávez, A. & Peñarreta, L. (2019). Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de superficie del pavimento, (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
3. Tendekayi, M. (2020), Análisis de los atributos de seguridad vial utilizando modelos Irap y un Roadroid de aplicación basada en smartphone, (Tesis de Pregrado). National University of science and technology. Bulawayo, Zimbabwe.
4. Rohmita, G. (2021), "Penilaian Kondisi Jalan Dengan Menggunakan Metode Pci Dan Aplikasi Roadroid Pada Ruas Jalan Palagan Km. 12 - Km. 15 Daerah Istimewa Yogyakarta, (Tesis de Pregrado). Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Jalan Palagan.
5. Laura, K. (2016), Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la Carretera Cuzco – Urcos (Tesis de Pregrado). Universidad Andina del cusco. Cusco, Perú.
6. Latorre, F. (2018), Aplicación del sistema Roadroid utilizando smartphone para diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento en el centro urbano de Chiclayo (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú.
7. Camacho, S. (2018), Evaluación y Análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno Aplicando el Método Roadroid y el Rugosímetro de Merlín, (Tesis de Pregrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
8. Napaico, K. (2019), Aplicación Del Índice De Rugosidad Internacional "IRI" en la Gestión de Conservación Vial Urbana, (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú.
9. Manco, K. (2020), Análisis De La Variabilidad Del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) De La Carretera Baños Del Inca – Llacanora, Utilizando el equipo Merlin y La Aplicación Roadroid en un Smartphone", (Tesis de

- Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
10. BADILLA, Gustavo. Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): costa rica. Revista infraestructura vial [en línea]. 2009, [Fecha de consulta: 29 de mayo 2021], pp. 30-37. ISSN: S/N
 11. Rondón, H. & Reyes, F. (2015), Pavimentos. Materiales, construcción y diseño, Bogotá, Colombia.
 12. Quispe, I. (2019). Índice de Rugosidad Internacional. Perú.
 13. SANCHEZ, Ignacio. y SOLMINIHAC, Hernán. El IRI: un indicador de la regularidad superficial. Revista Ingeniería de Construcción. [en línea]. 1989, n°.6 [Fecha de consulta: 26 de mayo 2021], pp.5-16. Disponible en: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/320>. ISSN:0718-5073
 14. ASTM E 867-06 (2020). Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems.
 15. Sayers M.W (1986). Developmnt Implementación and Aplicación of the referrente Quarter-car simulati6n.
 16. Sayers, M.W., Gillespie, T.D., Queiroz, C. (1986) The International Road Roughness Experiment: A basis for Establishing a Standard Scale for Road Roughness Measurements " Transportation Research record, 1084. Washington, EE.UU.
 17. Sayers, M.W., Gillespie, T.D., Paterson, D.O. (1986). Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank Technical Paper N° 46. Washington.
 18. Sayers, M.W., Gillespie, T.D., Queiroz, C. (1986). The International Road Roughness Experiment: Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements. World Bank Technical Paper N° 45. Washington.
 19. Manual de Carreteras. (2013) Especificaciones Técnicas Generales para Construcci6n, Lima, Perú.
 20. Norma CE.010. (2010), Pavimentos Urbanos, Lima, Perú.
 21. Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). Manual de carreteras. suelos, geología, geotecnia y pavimentos, secci6n: suelos y pavimentos. Lima, Perú.
 22. El Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2007) Especificaciones

- Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras, Lima Perú.
23. El Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018), Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial, Lima, Perú.
 24. 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.
 25. Chávez. (2007). Investigación aplicada.
 26. AASHTO. (1993), Practical application of the method for rigid floor design.
 27. LARS Forslöf. Roughness and Texture. [en línea]. 2014, [Fecha de consulta: 2 de junio 2021. Disponible en:
<https://www.linkedin.com/pulse/20141130211746-97325448-roughness-and-texture/>
 28. LARS Forslof. Automated collection of road condition - Suecia. [en línea]. 2014, [Fecha de consulta: 2 de junio 2021. Disponible en:
https://www.roadroid.com/common/References/roadroid_accuracy_and_use_trv_project_2014.pdf
 29. Roadroid. Essential guide for Roadroid Pro 3 - Essentials for professionals. January. [en línea]. 2021, [Fecha de consulta: 29 de mayo 2021, pp. 1-34. Disponible en:
<https://www.roadroid.com/common/References/Roadroid%20User%20Guide%20-%20Pro%20Version.pdf>.
 30. Roadroid. continuous road condition monitoring with smartphones September. [en línea]. 2014, [Fecha de consulta: 30 de mayo 2021, pp.13-15. Disponible en:
<https://sarf.org.za/wp-content/uploads/2016/08/Hans-Jones.pdf>.
 31. Roadroid. Reference projects, made by June [en línea]. 2014, [Fecha de consulta: 30 de mayo 2021, pp. 1-2. Disponible:
<https://www.roadroid.com/common/References/Roadroid%20reference%20projects.pdf>.
 32. Roadroid. GPS-video and visual road inventories, [en línea]. 2014, [Fecha de consulta: 01 de junio 2021, pp. 1-2. Disponible:
<https://www.roadroid.com/common/References/Roadroid%204%20pager.pdf>.

33. Roadroid. Login form Current system version: 2.6.12, [en línea]. 2013 -2021, [Fecha de consulta: 04 de junio 2021, pp. 1. Disponible: <https://www.roadroid.com/Account/Login>.
34. Roadroid. The profitable system for the supervision of streets and highways [en línea]. 2012, [Fecha de consulta: 04 de junio 2021, pp. 3. Disponible: <https://es.scribd.com/document/397336557/Roadroid-Spanish-1-5>
35. Roadroid. Essential guide, Road Event Manager - The Road Event Manager for inspections of static road furniture's, installations and damages with a smartphone, December. [en línea]. 2017, [Fecha de consulta: 05 de junio 2021, pp. 5-6. Disponible: https://www.roadroid.com/common/References/road_event_manager.pdf.
36. Banco Mundial. (1982). Carreteras, Brasil. Disponible: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/10/07/brasilinfraestructuras-transporte-carreteras-logistica>
37. Google maps. (2021). Mapa de Andahuaylas, Av. Andahuaylas. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/Av.+Andahuaylas,+Andahuaylas+03701/@-13.6566121,-73.3895965,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x916d2bc5f3f186b5:0x6a60e6e3702e9c3!8m2!3d-13.6566121!4d-73.3874078>
38. Rasha, H., Ammar, A., & Hussein, S. Revista de Investigación científica: Evaluation of rigid pavement using the Pavement Condition. Materials Science and Engineering [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 12 de junio 2021]. Disponible en: <https://lamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/29> ISSN: 2709 -2275.
39. ALAVI, A. y BUTTLAR, W. An Overview Of Smartphone Technology For Citizen-Centered, Real-Time And Scalable Civil Infrastructure Monitoring. [en línea]. 2018, [Fecha de consulta: 07 de junio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328946289_An_overview_of_smartphone_technology_for_citizen-centered_real_time_and_scalable_civil_infrastructure_monitoring

40. ARIANTO, T. Pavement Condition Assessment Using IRI from Roadroid and Surface Distress Index Method on National Road in Sumenep Regency. [en línea]. 2018, [Fecha de consulta: 08 de junio 2021]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/333/1/012091/pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Evaluación del estado de serviciabilidad de pavimento rígido para mantenimiento vial utilizando aplicación roadroid con Smartphone - Avenida Andahuaylas -Andahuaylas - Apurímac 2021”

Tabla 18: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSION | INDICADORES | ESCALA |
|--|---|---|--|--|---------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE: Evaluación del estado de serviciabilidad de pavimento rígido | Se define Serviciabilidad presente como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. es una subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional. Aastho (1993). | Mediante el sistema Roadroid, se busca determinar el índice de rugosidad, para Identificar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido, en el que se encuentra la Av. Andahuaylas distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021.Según la Norma CE.010 Pavimentos urbanos | Índice de rugosidad internacional (IRI). | Condiciones del pavimento (m/km) Velocidad de rodadura (km/h). | A razón |
| | | | Mantenimiento en pavimentos | Gestión de pavimentos Mantenimiento Rutinario Mantenimiento preventivo Rehabilitación Reconstrucción | A razón |

| | | | | | |
|---|---|--|--|--|---------|
| | | | Beneficios del sistema Roadroid | Fácil de operar Bajo costo económico y resultados inmediatos | A razón |
| VARIABLE DEPENDIENTE: Mantenimiento Vial | El "mantenimiento vial", en general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. | Aplicando el sistema Roadroid, para obtener la rugosidad del pavimento, se busca conocer alternativas de mantenimiento vial. en la avenida Andahuaylas distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021. | Tipos de Mantenimiento en pavimentos. | Estado actual del pavimento Serviciabilidad Rugosidad Deflexiones Patologías | A razón |
| | | Según el Manual Mantenimiento o conservación vial – (MTC -2018) | Condiciones de la rugosidad del pavimento. | Buena satisfactoria No satisfactoria pobre | A razón |

Fuente: Elaborado por los autores

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 19: Matriz de Consistencia

| Formulación del problema | Objetivos | Hipótesis | Metodología |
|---|--|---|---|
| <p>Problema principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid con Smartphone para establecer el tipo de mantenimiento vial en Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac- 2021? <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo podemos determinar el (IRI) del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021? ¿Cómo podemos determinar las alternativas de solución para el mantenimiento del pavimento rígido aplicando el sistema Roadroid de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac, 2021? ¿Cómo podemos evaluar los beneficios del uso de la aplicación Roadroid? | <p>Objetivo general:</p> <p>OG. - Determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido empleando la aplicación Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>OE 1.- Determinar el (IRI) del pavimento rígido utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac.</p> <p>OE 2.- Determinar las alternativas de mantenimiento empleando el sistema Roadroid con Smartphone, de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac.</p> <p>OE 3.- Evaluar los beneficios del uso de la aplicación Roadroid</p> | <p>Hipótesis general:</p> <p>HG. - Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina el estado de serviciabilidad del pavimento rígido de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>HE 1. - Utilizando el sistema Roadroid con Smartphone, se determina (IRI) del pavimento rígido de la Av. Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas – Apurímac.</p> <p>HE 2. - Empleando el sistema Roadroid, se obtiene las alternativas de mantenimiento de la avenida Andahuaylas – distrito y provincia de Andahuaylas - Apurímac.</p> <p>HE 3. - Los beneficios que ofrece Roadroid a comparación con los otros métodos para medir la rugosidad son favorables.</p> | <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de Investigación: Cuasi – Experimental</p> <p>Población: Las calles de la ciudad de Andahuaylas.</p> <p>Muestra: Avenida Andahuaylas</p> <p>Muestreo: investigación no probabilística</p> |

Fuente: Elaborado por los autores

ANEXO 4: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO - RESULTADO DE LOS DATOS OBTENIDOS: Para la validación del instrumento Roadroid, se eligió realizar la prueba en la Av. Ejército (pavimento flexible), ya que es una vía de alto flujo vehicular (conexión inter distrital, provincial y regional), asimismo se aprecia que la pavimentación se encuentra en buenas condiciones, debido a que tiene menor tiempo puesta en servicio. Por lo cual se realizó el recorrido en ambos carriles con una longitud de 1480m carril derecho y 1400m carril izquierdo, tramo (punto de inicio en la intersección con el Jr. Celajes y el Jr. 1 de mayo – punto final en la intersección con la av. Leoncio prado) de los cuales se registraron los datos cada 20m, como se muestra en la siguiente:

Tabla 21: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejército – carril derecho

| N° | DateTime | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | RoadId |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|------|------|-----------------------------|
| 1 | 12/05/2021 21:09 | -13,658,808 | -73,379,914 | 20 | 49.68 | 2933 | 1.20 | 1.79 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 2 | 12/05/2021 21:09 | -136,588,324,736,123 | -733,797,095,209,792 | 40 | 50.62 | 2933.5 | 1.85 | 3.59 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 3 | 12/05/2021 21:09 | -136,588,424,395,574 | -733,796,348,571,693 | 60 | 52.72 | 2933.67 | 1.98 | 2.58 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 4 | 12/05/2021 21:09 | -136,588,867,590,066 | -733,792,791,185,942 | 80 | 54.63 | 2933.5 | 1.86 | 2.64 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 5 | 12/05/2021 21:10 | -136,588,981,927,895 | -733,791,855,299,687 | 100 | 55.75 | 2934 | 1.81 | 3.21 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 6 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,100,084,715 | -733,790,861,117,858 | 120 | 57.13 | 2934.67 | 5.94 | 2.69 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 7 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,442,547,455 | -733,786,842,533,427 | 140 | 58.99 | 2935.5 | 4.62 | 3.9 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 8 | 12/05/2021 21:10 | -13,658,949,979,343 | -733,785,627,431,192 | 160 | 60.82 | 2936 | 1.10 | 5.37 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 9 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,567,103,529 | -73,378,436,353,883 | 180 | 62.28 | 2936.5 | 1.01 | 3.21 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 10 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,656,137,228 | -733,782,977,923,583 | 200 | 63.61 | 2937 | 1.00 | 1.04 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 11 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,754,781,395 | -73,378,149,292,094 | 220 | 64.69 | 2937.5 | 0.98 | 1.01 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 12 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,823,638,892 | -733,779,980,694,184 | 240 | 65.63 | 2938 | 1.04 | 0.98 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 21: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|---------|------|------|-----------------------------|
| 13 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,828,230,414 | -733,778,405,966,467 | 260 | 66.78 | 2938 | 1.14 | 1.07 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 14 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,712,769,889 | -733,776,762,311,803 | 280 | 67.93 | 2938.5 | 1.09 | 1.16 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 15 | 12/05/2021 21:10 | -136,589,441,437,765 | -733,775,079,734,353 | 300 | 69.11 | 2939.33 | 1.06 | 1.29 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 16 | 12/05/2021 21:10 | -136,588,211,759,223 | -733,769,897,330,096 | 320 | 70.25 | 2940 | 1.39 | 1.32 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 17 | 12/05/2021 21:10 | -136,587,831,342,895 | -73,376,812,293,351 | 340 | 71.44 | 2940 | 1.62 | 1.66 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 18 | 12/05/2021 21:10 | -136,587,477,390,427 | -733,766,268,852,529 | 360 | 72.67 | 2940.5 | 1.39 | 1.75 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 19 | 12/05/2021 21:10 | -136,587,142,337,444 | -733,764,343,458,012 | 380 | 72.67 | 2940.5 | 1.39 | 1.75 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 20 | 12/05/2021 21:10 | -136,587,140,393,657 | -733,764,332,266,512 | 400 | 74.12 | 2941 | 1.10 | 1.19 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 21 | 12/05/2021 21:10 | -136,587,116,490,999 | -733,764,154,586,686 | 420 | 75.83 | 2941 | 1.03 | 0.96 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 22 | 12/05/2021 21:10 | -136,586,841,413,359 | -733,762,087,480,735 | 440 | 76.32 | 2941.5 | 1.04 | 0.97 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 23 | 12/05/2021 21:10 | -136,586,583,869,946 | -733,760,023,216,794 | 460 | 74.97 | 2942 | 1.09 | 1.23 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 24 | 12/05/2021 21:10 | -136,586,346,694,241 | -733,758,006,344 | 480 | 74.45 | 2942 | 1.18 | 1.28 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 25 | 12/05/2021 21:10 | -136,586,111,248,374 | -733,755,985,839,554 | 500 | 75.64 | 2942 | 1.24 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 26 | 12/05/2021 21:10 | -136,585,933,929,368 | -73,375,390,689,364 | 520 | 76.66 | 2942 | 1.16 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 27 | 12/05/2021 21:10 | -136,585,706,063,962 | -733,751,792,333,246 | 540 | 77.54 | 2942.5 | 1.01 | 1.05 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 28 | 12/05/2021 21:10 | -136,585,364,159,589 | -733,749,664,722,079 | 560 | 78.43 | 2943.5 | 1.02 | 0.93 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 29 | 12/05/2021 21:10 | -136,584,927,642,821 | -733,747,583,195,852 | 580 | 78.98 | 2944.5 | 1.09 | 1.16 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 30 | 12/05/2021 21:10 | -136,584,393,666,958 | -733,745,496,643,033 | 600 | 79.74 | 2945 | 1.10 | 1.46 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 31 | 12/05/2021 21:10 | -136,583,793,653,595 | -733,743,316,013,072 | 620 | 80.68 | 2945.5 | 1.03 | 1.23 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 32 | 12/05/2021 21:10 | -136,583,235,252,296 | -733,741,087,667,582 | 640 | 81.27 | 2946 | 1.14 | 1.26 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 21: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|------|-------|--------|------|------|-----------------------------|
| 33 | 12/05/2021 21:10 | -136,582,770,368,506 | -733,738,821,842,531 | 660 | 81.27 | 2946 | 1.14 | 1.26 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 34 | 12/05/2021 21:10 | -136,582,762,249,846 | -733,738,781,249,229 | 680 | 81.7 | 2946.5 | 1.42 | 1.82 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 35 | 12/05/2021 21:10 | -136,582,666,821,478 | -73,373,832,144,293 | 700 | 81.58 | 2947 | 1.29 | 1.58 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 36 | 12/05/2021 21:10 | -136,582,212,669,149 | -733,736,065,779,184 | 720 | 79.78 | 2947 | 1.15 | 1.4 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 37 | 12/05/2021 21:10 | -136,581,787,118,883 | -733,733,941,680,556 | 740 | 77.27 | 2947.5 | 1.21 | 1.34 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 38 | 12/05/2021 21:10 | -136,581,260,991,988 | -73,373,194,831,941 | 760 | 75.2 | 2948 | 1.15 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 39 | 12/05/2021 21:10 | -136,580,556,063,501 | -733,730,133,687,261 | 780 | 74.7 | 2948.5 | 1.43 | 1.8 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 40 | 12/05/2021 21:10 | -136,579,531,793,144 | -733,728,430,044,051 | 800 | 75.89 | 2949 | 1.8 | 1.74 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 41 | 12/05/2021 21:10 | -13,657,822,174,861 | -733,726,842,679,251 | 820 | 76.82 | 2949 | 1.63 | 1.46 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 42 | 12/05/2021 21:10 | -136,576,776,129,104 | -73,372,533,335,952 | 840 | 77.11 | 2949.5 | 1.3 | 1.11 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 43 | 12/05/2021 21:10 | -136,575,310,898,703 | -733,723,853,794,249 | 860 | 77.63 | 2950.5 | 1.13 | 0.98 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 44 | 12/05/2021 21:10 | -136,573,801,084,749 | -73,372,241,772,278 | 880 | 78.52 | 2951.5 | 1 | 0.92 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 45 | 12/05/2021 21:10 | -136,572,207,421,539 | -733,720,932,630,958 | 900 | 79.27 | 2952.5 | 1.13 | 0.86 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 46 | 12/05/2021 21:10 | -136,570,603,228,018 | -733,719,428,132,425 | 920 | 79.27 | 2952.5 | 1.13 | 0.86 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 47 | 12/05/2021 21:10 | -136,570,570,072,727 | -73,371,939,700,705 | 940 | 80.1 | 2953 | 1.24 | 1.24 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 48 | 12/05/2021 21:10 | -136,570,297,941,331 | -733,719,145,588,378 | 960 | 80.87 | 2953.5 | 1.18 | 1.29 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 49 | 12/05/2021 21:10 | -136,568,624,517,375 | -733,717,600,216,217 | 980 | 81.52 | 2954.5 | 1.25 | 1.4 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 50 | 12/05/2021 21:10 | -136,566,961,529,685 | -733,716,026,353,207 | 1000 | 81.97 | 2955 | 1.24 | 1.51 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 51 | 12/05/2021 21:10 | -136,565,352,347,767 | -733,714,349,047,821 | 1020 | 82.66 | 2955.5 | 1.13 | 1.43 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 52 | 12/05/2021 21:10 | -136,563,864,275,577 | -733,712,471,187,895 | 1040 | 83.38 | 2956.5 | 1.5 | 1.72 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 53 | 12/05/2021 21:10 | -136,562,563,350,922 | -733,710,411,634,904 | 1060 | 83.84 | 2957 | 2.01 | 2 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 21: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|------|-------|--------|------|------|-----------------------------|
| 54 | 12/05/2021 21:10 | -136,561,450,189,966 | -733,708,224,177,404 | 1080 | 83.84 | 2957 | 2.01 | 2 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 55 | 12/05/2021 21:10 | -136,561,417,857,847 | -733,708,158,151,814 | 1100 | 84.24 | 2957.5 | 1.96 | 2.53 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 56 | 12/05/2021 21:10 | -136,561,169,211,573 | -733,707,609,118,271 | 1120 | 84.35 | 2958 | 1.62 | 2.65 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 57 | 12/05/2021 21:10 | -136,560,151,317,806 | -733,705,304,723,283 | 1140 | 84.33 | 2958.5 | 1.42 | 2.14 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 58 | 12/05/2021 21:10 | -136,559,152,208,546 | -733,703,030,888,416 | 1160 | 84.31 | 2959 | 1.33 | 1.98 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 59 | 12/05/2021 21:10 | -136,558,162,755,748 | -733,700,777,210,774 | 1180 | 84.26 | 2959.5 | 1.35 | 2.02 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 60 | 12/05/2021 21:10 | -136,557,182,778,193 | -733,698,543,773,557 | 1200 | 84.01 | 2960.5 | 1.43 | 2.32 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 61 | 12/05/2021 21:10 | -13,655,624,139,651 | -733,696,340,969,835 | 1220 | 84.01 | 2960.5 | 1.43 | 2.32 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 62 | 12/05/2021 21:10 | -136,556,216,507,508 | -733,696,282,389,623 | 1240 | 82.78 | 2961 | 1.52 | 2.43 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 63 | 12/05/2021 21:10 | -136,556,059,956,308 | -733,695,895,735,208 | 1260 | 80.5 | 2961.5 | 1.46 | 2.22 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 64 | 12/05/2021 21:10 | -136,555,230,762,544 | -733,693,860,872,058 | 1280 | 78.1 | 2962.5 | 1.37 | 2.33 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 65 | 12/05/2021 21:10 | -13,655,439,568,023 | -733,691,965,606,347 | 1300 | 75.62 | 2963 | 1.39 | 2.02 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 66 | 12/05/2021 21:10 | -136,553,489,838,355 | -733,690,236,360,259 | 1320 | 73.78 | 2963.5 | 1.51 | 2.4 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 67 | 12/05/2021 21:10 | -13,655,237,762,652 | -733,688,780,823,214 | 1340 | 73.1 | 2964 | 2.43 | 2.65 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 68 | 12/05/2021 21:11 | -136,551,004,870,177 | -733,687,571,226,963 | 1360 | 73.67 | 2964.5 | 2.39 | 2.74 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 69 | 12/05/2021 21:11 | -136,549,453,207,212 | -733,686,563,259,896 | 1380 | 74.3 | 2965 | 1.76 | 2.45 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 70 | 12/05/2021 21:11 | -136,547,852,955,836 | -733,685,630,030,772 | 1400 | 74.11 | 2965 | 1.87 | 2.67 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 71 | 12/05/2021 21:11 | -136,546,238,800,222 | -733,684,629,373,055 | 1420 | 74.34 | 2965.5 | 1.53 | 2.73 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 72 | 12/05/2021 21:11 | -136,544,653,127,327 | -733,683,475,316,455 | 1440 | 74.9 | 2966 | 1.62 | 2.14 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 73 | 12/05/2021 21:11 | -136,543,162,531,051 | -733,682,244,973,266 | 1460 | 73.21 | 2966.5 | 1.8 | 2.74 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |
| 74 | 12/05/2021 21:11 | -136,541,847,947,325 | -733,681,058,663,701 | 1480 | 70.61 | 2967 | 1.79 | 2.59 | AV. EJERCITO CARRIL DERECHO |

Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En la presente tabla se aprecia todos los datos obtenidos del carril derecho de la Av. Ejército, fecha y hora, latitud, longitud y altitud, son obtenidos mediante el GPS y acelerómetro del Smartphone, asimismo los valores del eIRI, cIRI y velocidad **IRI estimado (eIRI)**: Estimación del índice de rugosidad internacional, Clasificado por el Banco Mundial un método de análisis de clase 3, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad de 20 a 80 km/h.

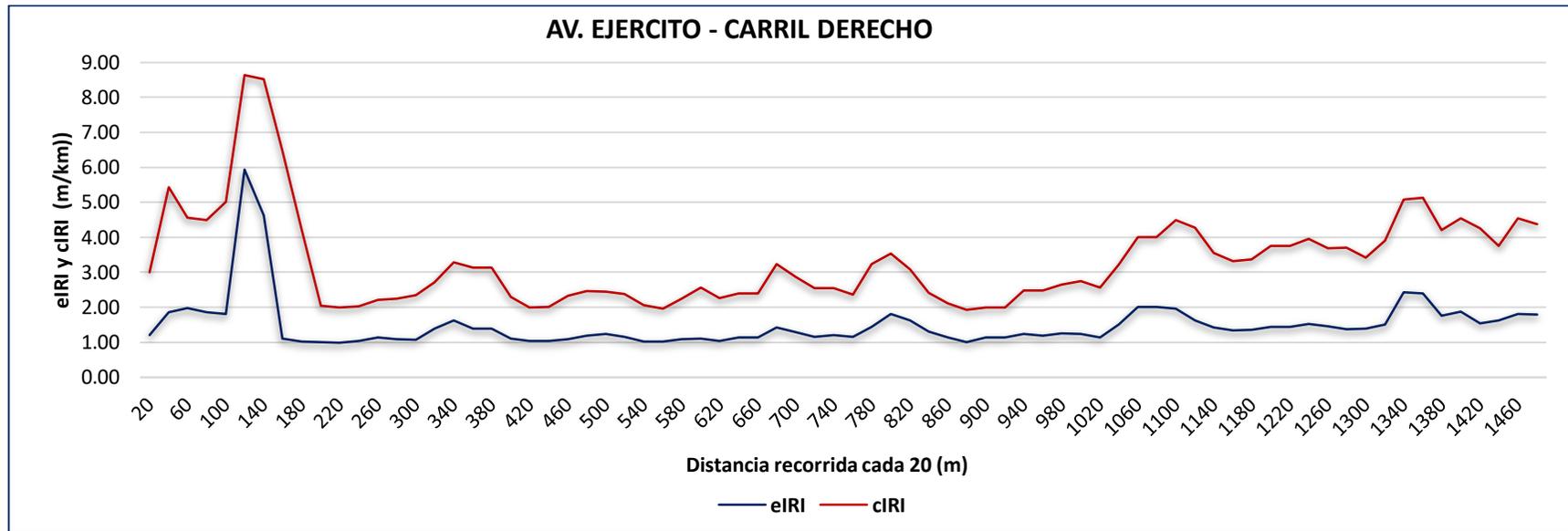
IRI calculado (cIRI): Índice de rugosidad internacional calculado mediante la fórmula del modelo del cuarto del vehículo Considerado un método de clase 2, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad constante de 60 a 80 km/h.

RoadId: Nombre de la vía o carretera a recorrer.

Date Time: Tiempo (fecha y hora) del recorrido.

donde se trabajó con los valores del IRI estimado debido a la velocidad con la cual se realizó el ensayo, ya que es una zona urbana, donde era imposible realizar las velocidades constantes para el cIRI, asimismo se aprecia que los datos han sido estimados cada 20m, para el diagnóstico de la rugosidad superficial del pavimento y así aceptar el instrumento en este primer tramo – carril derecho.

Gráfico 3: eIRI, cIRI según distancia recorrida Av. Ejercito – carril derecho



Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En el presente gráfico se aprecia los valores obtenidos del eIRI y cIRI con la aplicación Roadroid, se visualiza que todos los datos del eIRI son casi uniformes, a comparación del cIRI estas se visualizan de forma un tanto distorsionada, debido a la distancia en el que se recorrió dicha avenida. Asimismo, se aprecia el registro de valores cada 20m. este grafico forma aparte de la validez del instrumento en el carril derecho de la Av. Ejercito.

Tabla 22: Resultados obtenidos con la aplicación Roadroid Av. Ejercito carril derecho

| AV. EJERCITO - CARRIL DERECHO - IDA | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Condición de la vía | EIRI | Velocidad km/h | N° de puntos | Porcentaje (%) | eIRI m/km promedio | cIRI m/km promedio | Velocidad promedio |
| Bueno | < 2.2 | > 70 | 70 | 94.59 | 1.49 | 1.84 | 74.52 |
| Satisfactorio | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 | 2 | 2.70 | | | |
| No satisfactorio | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 | 1 | 1.35 | | | |
| Pobre | > 5.4 | < 30 | 1 | 1.35 | | | |
| TOTAL | | = | 74 | 100 | | | |

Fuente: elaborado por los autores

Interpretación: En la tabla se aprecia la condición de la vía según la aplicación roadroid que clasifica de acuerdo a los rangos de la rugosidad, lo cual se visualiza que se tiene un 94.59% del pavimento en estado “BUENO”, es decir que se encuentra en buenas condiciones en cuanto a la rugosidad del pavimento, se visualiza el eIRI promedio de 1.49m/km, asimismo el cIRI y la velocidad promedio del recorrido.

Por lo tanto, se concluye que la Avenida Ejercito carril derecho presenta una rugosidad de 1.49 m/km y la (Norma CE. 010 pavimentos urbanos) establece un parámetro admisible de < 2.5 m/km, lo cual se encuentra dentro del parámetro es decir cumple con el control de calidad del pavimento. Por ende, la validación del instrumento es bastante verídico para realizar el diagnostico de rugosidades, siempre y cuando hacerlo con el procedimiento correcto.

Tabla 23: Datos obtenidos con la aplicación roadroid

| N° | DateTime | Latitude | Longitude | Distance(m) | Speed (km/h) | Altitude (m) | eIRI | cIRI | RoadId |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|------|------|-------------------------------|
| 1 | 12/05/2021 21:12 | -13,653,172 | -73,367,127 | 20 | 30.78 | 2978.67 | 1.17 | 0.66 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 2 | 12/05/2021 21:13 | -136,533,872,018,044 | -733,670,770,917,525 | 40 | 31.97 | 2978.67 | 2.08 | 1.99 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 3 | 12/05/2021 21:13 | -136,535,178,975,011 | -733,670,455,869,592 | 60 | 28.45 | 2977.75 | 2.36 | 1.36 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 5 | 12/05/2021 21:13 | -136,537,255,379,709 | -73,367,255,346,901 | 80 | 34.87 | 2977 | 3.16 | 2.08 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 6 | 12/05/2021 21:13 | -136,537,341,505,683 | -7,336,744,402,074 | 100 | 41.02 | 2977.33 | 1.29 | 2.49 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 7 | 12/05/2021 21:13 | -136,537,818,538,463 | -733,676,893,788,467 | 120 | 42.86 | 2977.5 | 1.22 | 1.25 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 8 | 12/05/2021 21:13 | -136,537,907,727,297 | -733,677,169,516,491 | 140 | 47.5 | 2976.33 | 1.43 | 1.2 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 9 | 12/05/2021 21:13 | -136,539,785,723,168 | -733,679,649,095,409 | 160 | 52.99 | 2975.5 | 1.43 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 10 | 12/05/2021 21:13 | -136,540,398,215,884 | -733,680,283,055,166 | 180 | 54.74 | 2975 | 1.37 | 1.25 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 11 | 12/05/2021 21:13 | -136,541,098,987,435 | -73,368,105,187,145 | 200 | 59.66 | 2975 | 1.57 | 1.28 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 12 | 12/05/2021 21:13 | -13,654,451,276,345 | -733,684,011,607,743 | 220 | 64.37 | 2974.5 | 1.57 | 1.86 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 13 | 12/05/2021 21:13 | -136,545,759,852,135 | -733,684,875,870,164 | 240 | 66.28 | 2974 | 1.56 | 2.43 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 14 | 12/05/2021 21:13 | -136,547,098,216,173 | -73,368,566,008,124 | 260 | 67.1 | 2974 | 1.59 | 2.44 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 15 | 12/05/2021 21:13 | -136,548,475,887,504 | -733,686,488,484,884 | 280 | 67.36 | 2974 | 1.52 | 2.44 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 16 | 12/05/2021 21:13 | -136,549,822,848,015 | -733,687,302,479,446 | 300 | 67.07 | 2973.5 | 1.39 | 2.12 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 17 | 12/05/2021 21:13 | -136,551,078,612,034 | -733,688,210,742,193 | 320 | 67.21 | 2973 | 2.07 | 1.8 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 18 | 12/05/2021 21:13 | -136,552,294,899,229 | -733,689,389,261,632 | 340 | 69.39 | 2972.5 | 2.17 | 2.22 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 19 | 12/05/2021 21:13 | -136,553,365,995,135 | -733,690,822,387,978 | 360 | 72.23 | 2971.5 | 1.46 | 2.36 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 20 | 12/05/2021 21:13 | -136,554,271,091,432 | -733,692,513,235,704 | 380 | 75.1 | 2970.5 | 1.26 | 1.85 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 21 | 12/05/2021 21:13 | -136,555,121,487,929 | -73,369,439,584,784 | 400 | 78.1 | 2970 | 1.23 | 1.77 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 22 | 12/05/2021 21:13 | -136,555,956,265,218 | -733,696,382,866,591 | 420 | 79.9 | 2969.5 | 1.28 | 1.84 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 23 | 12/05/2021 21:13 | -136,556,777,038,382 | -733,698,423,949,033 | 440 | 80.84 | 2968.5 | 1.53 | 2.09 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 24 | 12/05/2021 21:13 | -136,557,672,426,166 | -733,700,537,417,885 | 460 | 82.31 | 2967.5 | 1.85 | 2.84 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 25 | 12/05/2021 21:13 | -136,558,652,777,284 | -733,702,756,141,928 | 480 | 82.31 | 2967.5 | 1.85 | 2.84 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 23: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|-----|-------|--------|------|------|-------------------------------|
| 26 | 12/05/2021 21:13 | -136,558,678,720,445 | -733,702,814,588,589 | 500 | 83.39 | 2966.5 | 1.69 | 2.78 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 27 | 12/05/2021 21:13 | -136,558,875,670,039 | -733,703,271,738,766 | 520 | 83.43 | 2966 | 1.30 | 1.92 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 28 | 12/05/2021 21:13 | -136,559,812,499,448 | -733,705,442,052,304 | 540 | 83.27 | 2965.5 | 1.26 | 2.1 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 29 | 12/05/2021 21:13 | -136,560,746,306,171 | -733,707,609,232,818 | 560 | 82.6 | 2964.5 | 1.40 | 2.84 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 30 | 12/05/2021 21:13 | -136,561,730,470,658 | -733,709,815,629,109 | 580 | 82.08 | 2964 | 1.57 | 2.5 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 31 | 12/05/2021 21:13 | -136,562,914,384,504 | -733,711,953,981,634 | 600 | 83.32 | 2963.5 | 1.46 | 2.1 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 32 | 12/05/2021 21:13 | -136,564,329,041,954 | -733,714,011,777,748 | 620 | 83.32 | 2963.5 | 1.46 | 2.1 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 33 | 12/05/2021 21:13 | -136,564,378,370,523 | -733,714,081,146,047 | 640 | 84.58 | 2963 | 1.39 | 2.18 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 34 | 12/05/2021 21:13 | -136,564,735,689,145 | -733,714,516,120,102 | 660 | 84.19 | 2962.5 | 1.38 | 1.98 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 35 | 12/05/2021 21:13 | -136,566,313,728,244 | -733,716,245,054,624 | 680 | 83.65 | 2961.5 | 1.23 | 2.02 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 36 | 12/05/2021 21:13 | -136,568,004,274,601 | -733,717,833,886,001 | 700 | 82.67 | 2961 | 1.22 | 1.94 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 37 | 12/05/2021 21:13 | -136,569,704,848,926 | -733,719,383,835,442 | 720 | 81.52 | 2961 | 1.37 | 1.82 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 38 | 12/05/2021 21:13 | -136,571,390,454,094 | -733,720,938,052,811 | 740 | 81 | 2960.5 | 1.75 | 2.7 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 39 | 12/05/2021 21:13 | -136,573,068,078,882 | -73,372,246,999,152 | 760 | 80.41 | 2960 | 1.65 | 2.98 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 40 | 12/05/2021 21:13 | -13,657,470,729,213 | -733,723,981,518,886 | 780 | 79.74 | 2960 | 1.23 | 2.1 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 41 | 12/05/2021 21:13 | -136,576,307,676,117 | -733,725,480,303,116 | 800 | 79.74 | 2960 | 1.23 | 2.1 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 42 | 12/05/2021 21:13 | -136,576,334,792,049 | -733,725,505,735,991 | 820 | 79.13 | 2959.5 | 1.15 | 1.68 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 43 | 12/05/2021 21:13 | -136,576,522,322,139 | -733,725,698,611,268 | 840 | 78.46 | 2958.5 | 1.08 | 1.65 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 44 | 12/05/2021 21:13 | -136,577,981,553,526 | -733,727,235,495,587 | 860 | 77.71 | 2958 | 1.04 | 1.64 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 45 | 12/05/2021 21:13 | -136,579,328,140,215 | -733,728,833,211,876 | 880 | 75.55 | 2958 | 1.08 | 1.63 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 46 | 12/05/2021 21:13 | -136,580,383,087,972 | -733,730,442,359,841 | 900 | 73.19 | 2957.5 | 1.03 | 1.24 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 47 | 12/05/2021 21:13 | -136,581,129,300,269 | -733,732,171,252,568 | 920 | 73.98 | 2957 | 0.98 | 0.88 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 48 | 12/05/2021 21:13 | -13,658,165,327,295 | -733,734,017,180,458 | 940 | 76.25 | 2957 | 0.98 | 0.96 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 49 | 12/05/2021 21:13 | -1,365,820,247,808 | -733,735,921,422,115 | 960 | 76.54 | 2956.5 | 1.06 | 1.23 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 50 | 12/05/2021 21:13 | -136,582,397,899,121 | -73,373,792,727,977 | 980 | 76.12 | 2955.5 | 1.13 | 1.16 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 23: Datos obtenidos con la aplicación roadroid de la Av. Ejercito – carril derecho

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|----------------------|----------------------|------|-------|--------|------|------|-------------------------------|
| 51 | 12/05/2021 21:13 | -136,582,838,489,849 | -73,373,997,475,089 | 1000 | 77.45 | 2955 | 1.23 | 1.33 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 52 | 12/05/2021 21:13 | -136,583,355,941,779 | -733,742,072,491,775 | 1020 | 79.33 | 2954.5 | 1.2 | 1.4 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 53 | 12/05/2021 21:13 | -136,583,924,519,227 | -733,744,197,986,098 | 1040 | 80.53 | 2953.5 | 1.05 | 1.05 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 54 | 12/05/2021 21:13 | -136,584,501,668,162 | -733,746,376,640,396 | 1060 | 80.89 | 2952.5 | 1.37 | 1.3 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 55 | 12/05/2021 21:13 | -136,585,053,848,228 | -733,748,598,360,116 | 1080 | 81.83 | 2951.5 | 1.47 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 56 | 12/05/2021 21:14 | -136,585,530,345,539 | -733,750,873,845,871 | 1100 | 81.83 | 2951.5 | 1.47 | 1.21 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 57 | 12/05/2021 21:14 | -136,585,543,328,838 | -733,750,937,834,986 | 1120 | 82.3 | 2951 | 1.52 | 1.38 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 58 | 12/05/2021 21:14 | -136,585,589,698,854 | -733,751,288,639,631 | 1140 | 80.59 | 2951 | 1.47 | 1.95 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 59 | 12/05/2021 21:14 | -136,585,829,170,638 | -733,753,461,475,856 | 1160 | 79.79 | 2950.5 | 1.1 | 1.86 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 60 | 12/05/2021 21:14 | -136,586,058,811,434 | -733,755,652,163,064 | 1180 | 80.08 | 2950 | 1.14 | 1.76 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 61 | 12/05/2021 21:14 | -13,658,627,770,743 | -733,757,912,897,754 | 1200 | 80.53 | 2950 | 1.21 | 1.73 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 62 | 12/05/2021 21:14 | -136,586,514,297,865 | -733,760,283,864,156 | 1220 | 82.24 | 2949.5 | 1.22 | 1.34 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 63 | 12/05/2021 21:14 | -136,586,813,976,116 | -73,376,269,823,042 | 1240 | 83.16 | 2948.5 | 1.15 | 1.23 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 64 | 12/05/2021 21:14 | -136,587,213,479,176 | -733,765,110,651,517 | 1260 | 82.58 | 2948 | 1.08 | 1.15 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 65 | 12/05/2021 21:14 | -136,587,672,942,174 | -733,767,531,382,512 | 1280 | 82.58 | 2948 | 1.08 | 1.15 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 66 | 12/05/2021 21:14 | -136,587,685,219,858 | -733,767,595,166,578 | 1300 | 83.95 | 2948 | 1.37 | 1.43 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 67 | 12/05/2021 21:14 | -136,587,783,674,786 | -733,768,140,141,578 | 1320 | 85.23 | 2947.5 | 1.59 | 1.82 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 68 | 12/05/2021 21:14 | -136,588,237,195,678 | -733,770,585,882,639 | 1340 | 84.51 | 2946.5 | 1.37 | 1.96 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 69 | 12/05/2021 21:14 | -136,588,685,235,592 | -733,773,018,874,287 | 1360 | 83.54 | 2945.5 | 1.37 | 2.31 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 70 | 12/05/2021 21:14 | -136,589,017,408,293 | -733,775,372,836,996 | 1380 | 81.81 | 2944.5 | 1.34 | 1.96 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |
| 71 | 12/05/2021 21:14 | -136,589,131,184,832 | -733,777,634,834,024 | 1400 | 79.65 | 2944 | 1.48 | 2.09 | AV. EJERCITO CARRIL IZQUIERDO |

Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En la presente tabla se aprecia todos los datos obtenidos del carril derecho de la Av. Ejército, fecha y hora, latitud, longitud y altitud, son obtenidos mediante el GPS y acelerómetro del Smartphone, asimismo los valores del eIRI, cIRI y velocidad

IRI estimado (eIRI): Estimación del índice de rugosidad internacional, Clasificado por el Banco Mundial un método de análisis de clase 3, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad de 20 a 80 km/h.

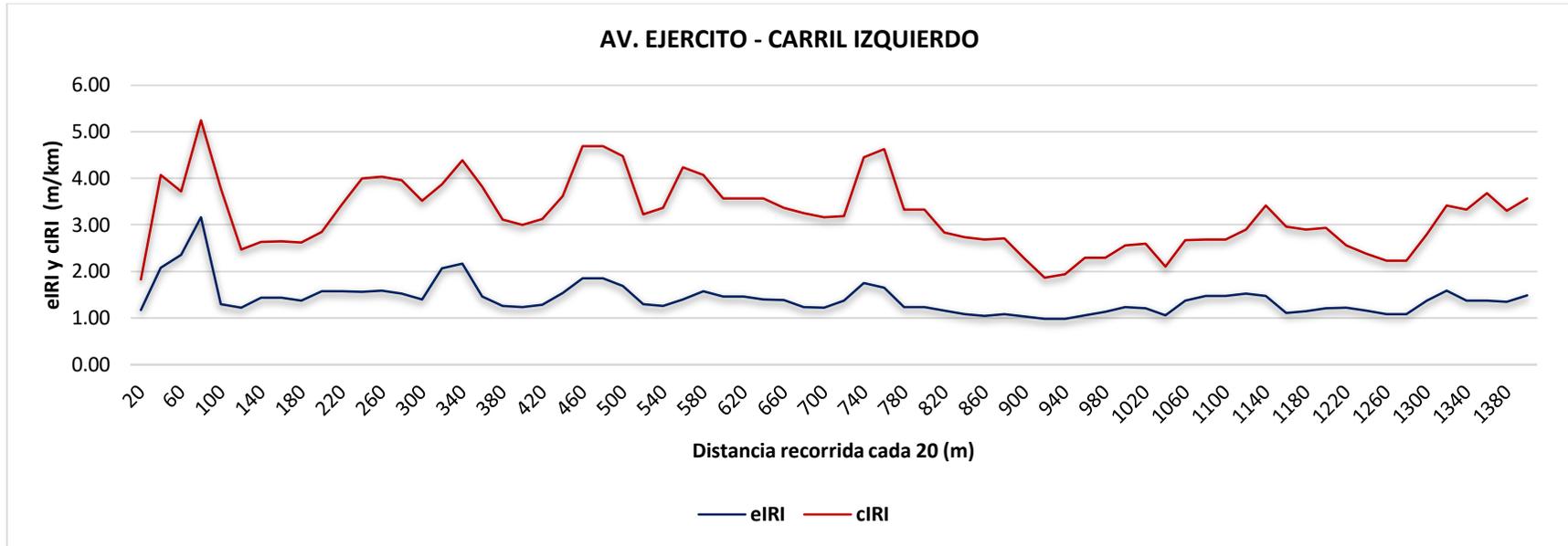
IRI calculado (cIRI): Índice de rugosidad internacional calculado mediante la fórmula del modelo del cuarto del vehículo Considerado un método de clase 2, para el análisis de este se recomienda mantener una velocidad constante de 60 a 80 km/h.

RoadId: Nombre de la vía o carretera a recorrer.

Date Time: Tiempo (fecha y hora) del recorrido.

donde se trabajó con los valores del IRI estimado debido a la velocidad con la cual se realizó el ensayo, ya que es una zona urbana, donde era imposible realizar las velocidades constantes para el cIRI, asimismo se aprecia que los datos han sido estimados cada 20m, para el diagnóstico de la rugosidad superficial del pavimento y así aceptar el instrumento en este primer tramo – carril derecho.

Gráfico 4: eIRI, cIRI segun distancia recorrida Av. Ejercito carril izquierdo



Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En el presente gráfico se aprecia los valores obtenidos del eIRI y cIRI con la aplicación Roadroid, se visualiza que todos los datos del eIRI son casi uniformes, a comparación del cIRI estas se visualizan de forma un tanto distorsionada, debido a la distancia en el que se recorrió dicha avenida. Asimismo, se aprecia el registro de valores cada 20m. este grafico forma aparte de la validez del instrumento en el carril izquierdo de la Av. Ejercito.

Tabla 24: Resultados obtenidos con la aplicación Roadroid Av. Ejercito carril izquierdo

| AV. EJERCITO - CARRIL IZQUIERDO - VUELTA | | | | | | | |
|--|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Condición de la vía | eIRI | Velocidad km/h | N° de puntos | porcentaje (%) | eIRI m/km promedio | cIRI m/km promedio | Velocidad promedio |
| Bueno | < 2.2 | > 70 | 69 | 97.18 | 1.41 | 1.81 | 73.78 |
| Satisfactorio | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 | 2 | 2.82 | | | |
| No satisfactorio | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 | - | - | | | |
| Pobre | > 5.4 | < 30 | - | - | | | |
| TOTAL | | = | 71 | 100 | | | |

Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En la tabla se aprecia la condición de la vía según la aplicación roadroid que clasifica de acuerdo a los rangos de la rugosidad, lo cual se visualiza que se tiene un 97.18% del pavimento en estado “BUENO”, es decir que se encuentra en buenas condiciones en cuanto a la rugosidad del pavimento, se visualiza el eIRI promedio de 1.41m/km, asimismo el cIRI y la velocidad promedio del recorrido.

Por lo tanto, se concluye que la Avenida Ejercito carril derecho presenta una rugosidad de 1.41 m/km y la (Norma CE. 010 pavimentos urbanos) establece un parámetro admisible de < 2.5 m/km, lo cual se encuentra dentro del parámetro es decir cumple con el control de calidad del pavimento. Por ende, la validación del instrumento es bastante verídico para realizar el diagnostico de rugosidades, siempre y cuando hacerlo con el procedimiento correcto.

Tabla 25: Resultado final obtenido con la aplicación Roadroid Av. Ejercito

| AV. EJERCITO CARRIL DERECHO - IZQUIERDO | | | | | | | |
|---|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Condición de la vía | eIRI | Velocidad km/h | N° de puntos | porcentaje (%) | eIRI m/km promedio | cIRI m/km promedio | Velocidad promedio |
| Bueno | < 2.2 | > 70 | 139 | 95.89 | 1.45 | 1.83 | 74.15 |
| Satisfactorio | 2.2 - 3.8 | 50 - 70 | 4 | 2.76 | | | |
| No satisfactorio | 3.8 - 5.4 | 30 - 50 | 1 | 0.68 | | | |
| Pobre | > 5.4 | < 30 | 1 | 0.68 | | | |
| TOTAL | | = | 145 | 100.00 | | | |

Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: En la tabla se aprecia el promedio de todos los datos obtenidos de ambos carriles, asimismo se visualiza la condición de la vía según la aplicación roadroid que clasifica de acuerdo a los rangos de la rugosidad, donde se tiene un 95.89% del pavimento en estado “BUENO”, es decir que se encuentra en buenas condiciones en cuanto a la rugosidad del pavimento, asimismo se visualiza el eIRI promedio, el valor del cIRI y la velocidad promedio del recorrido.

Por lo tanto, la Avenida Ejercito (ambos carriles) presenta una rugosidad de 1.45 m/km y la (Norma CE. 010 pavimentos urbanos) establece un parámetro admisible de < 2.5 m/km, lo cual se encuentra dentro del parámetro es decir cumple con el control de calidad. Por ello se concluye que el uso de esta aplicación para realizar el diagnostico de rugosidades de la presente tesis es válida y confiable. siempre y cuando se realice con el procedimiento correcto de acuerdo a la guía de usuario Roadroid.

ANEXO 5: CERTIFICADO DE VALIDEZ
CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AV. ANDAHUAYLAS, CON LA APLICACIÓN ROADROID.

| Nº | VARIABLES/ DIMENSIONES/ INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | Evaluación Del Estado De Serviciabilidad De Pavimento Rígido | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1 | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 1 | Índice De Rugosidad Internacional (IRI) | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2. | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 3 | Mantenimiento En Pavimentos | | | | | | | |
| 4 | Beneficios del sistema Roadroid | | | | | | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE; | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | Mantenimiento Vial | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1: | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 5 | Tipos De Mantenimiento En Pavimentos. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2 | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 7 | Condiciones de la rugosidad del pavimento. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 3 | Si | No | Si | No | Si | No | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):
Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**
Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: JUAN DAVID GALLEGOS CHUMBILI **DNI:** 21501769

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

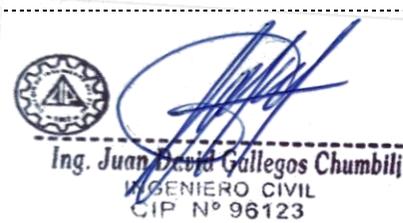
Junio del 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Ing. Juan David Gallegos Chumbili
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 96123
Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AV. ANDAHUAYLAS, CON LA APLICACIÓN ROADROID.

| Nº | VARIABLES/ DIMENSIONES/ INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| | Evaluación Del Estado De Serviabilidad De Pavimento Rígido | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1 | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| 1 | Índice De Rugosidad Internacional (IRI) | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2. | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| 3 | Mantenimiento En Pavimentos | | | | | | | |
| 4 | Beneficios del sistema Roadroid | | | | | | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE; | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| | Mantenimiento Vial | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1: | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| 5 | Tipos De Mantenimiento En Pavimentos. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2 | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |
| 7 | Condiciones de la rugosidad del pavimento. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 3 | (Si) | No | (Si) | No | (Si) | No | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg.: ING. FRANK EVER APAZA CRUZ DNI: 46756508

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Junio del 2021



Ing. Frank Ever Apaza Cruz
DNI: 46756508
Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:
LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AV. ANDAHUAYLAS, CON LA APLICACIÓN ROADROID.

| Nº | VARIABLES/ DIMENSIONES/ INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | Evaluación Del Estado De Serviabilidad De Pavimento Rígido | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1 | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 1 | Índice De Rugosidad Internacional (IRI) | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2. | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 3 | Mantenimiento En Pavimentos | | | | | | | |
| 4 | Beneficios del sistema Roadroid | | | | | | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE; | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | Mantenimiento Vial | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 1: | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 5 | Tipos De Mantenimiento En Pavimentos. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 2 | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 7 | Condiciones de la rugosidad del pavimento. | | | | | | | |
| | DIMENSIÓN 3 | Si | No | Si | No | Si | No | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):
Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**
Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg.: ING. ARTEMIO PACHECO BULEJE **DNI:** 23849213
Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL
Junio del 2021
¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Artemio Pacheco Buleje
 INGENIERO CIVIL
 REG. 48815
Firma del Experto Informante.

ANEXO 6: PANEL FOTOGRAFICO



Figura 37: Visualización del estado actual de la Av. Andahuaylas
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 38: losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-3
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 39: Pavimento con presencia de fisuras transversales
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 40: losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-2
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 41: Losa completamente dañada Av. Andahuaylas C-1
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 42: Despostillamiento de juntas
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 43: Desprendimiento de material C-1
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 44: Diseño antiguo - Carencia de cunetas
Fuente: Elaborado por los autores

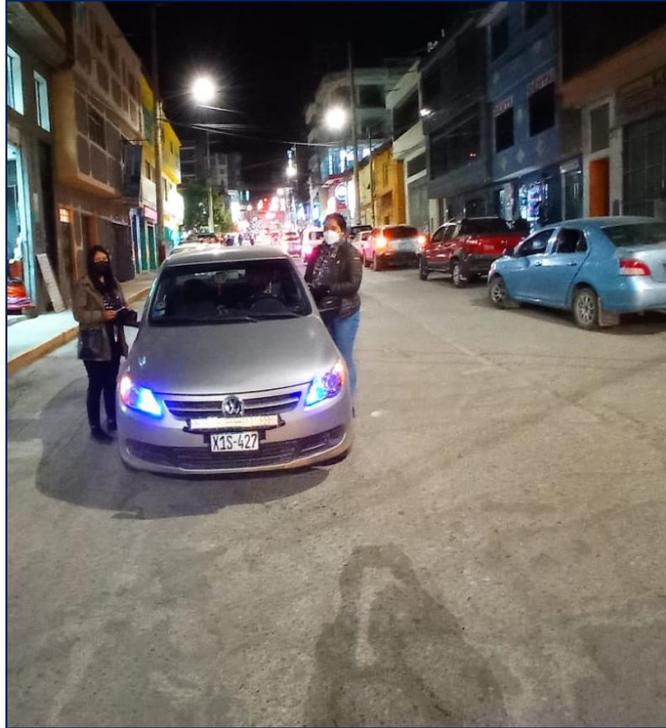


Figura 45: Vehículo seleccionado para la recolección de datos
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 46: Instalación de Sujetador y Smartphone
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 47: Apoyo para la recolección de datos
Fuente: Elaborado por los autores