

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“USO DEL APLICATIVO TOTALPAVE EN LA DETERMINACIÓN
DE LA RUGOSIDAD DE LA AV. VON HUMBOLDT, TRAMO: AV.
TARAPACÁ – AV. MUNICIPAL, DISTRITO GREGORIO
ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ANALI BUSTINZA HUAYLLAPUMA

Bach. JORGE LUIS CALDERON WIRACOCHA

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“USO DEL APLICATIVO TOTALPAVE EN LA DETERMINACIÓN DE LA
RUGOSIDAD DE LA AV. VON HUMBOLDT, TRAMO: AV. TARAPACÁ – AV.
MUNICIPAL, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA -
2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de junio del 2022, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mtro. SANTOS TITO GÓMEZ CHOQUEJAHUA

**VOCAL : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR
CALDERÓN JUÁREZ**

ASESOR : Mtro. MARTIN PAUCARA ROJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Anali Bustinza Huayllapuma identificado con DNI 75840487 y Jorge Luis Calderon Wiracocha identificado con DNI 47751876 en calidad de: Bachilleres en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

Declaramos bajo juramento que:

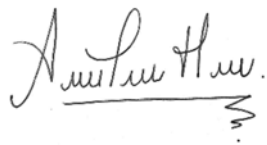
Somos autores de la tesis titulada: *“Uso Del Aplicativo Totalpave En La Determinación De La Rugosidad De La Av. Von Humboldt, Tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022”* la misma que presentamos para optar: Título Profesional De Ingeniero Civil.

1. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 18 de junio del 2022



Bach. Anali Bustinza Huayllapuma
DNI. 75840487



Bach. Jorge Luis Calderon Wiracocha
DNI. 47751876

DEDICATORIA

La presente va dedicada a mis padres Luis Santiago Bustinza y Lidia Huayllapuma, quienes con su esfuerzo e inmenso amor, me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más.

A mis hermanas Dayza y Carmen, por los consejos y constante motivación para seguir cumpliendo mis sueños.

Bach. Anali Bustinza Huayllapuma

DEDICATORIA

A mis amados padres Mariano y Angelica, por brindarme su confianza y apoyo incondicional durante mi formación profesional, por ser mi mayor motivación y ejemplo de perseverancia y superación.

Bach. Jorge Luis Calderon Wiracocha

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos sabiduría y brindarnos la protección a lo largo de este camino

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por impartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra formación profesional.

A nuestro asesor de tesis, al Mtro. Martin Paucara Rojas, por la paciencia y orientación en el desarrollo de esta investigación.

Bach. Anali Bustinza Huayllapuma

Bach. Jorge Luis Calderon Wiracocha

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO.....	II
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del Problema	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Justificación de la investigación	6
1.3.1. Justificación teórica.....	7
1.3.2. Justificación práctica.....	7
1.3.3. Justificación metodológica	7
1.3.4. Justificación social	7
1.4. Objetivos de la investigación.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis.....	8
1.5.1. Hipótesis General.....	8
1.5.2. Hipótesis Específicas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes del estudio	9
2.2. Bases Teóricas.....	16
2.2.1. Rugosidad del pavimento flexible	16
2.2.2. Transitabilidad.....	17
2.2.3. Serviciabilidad	17
2.2.4. Rugosidad.....	18
2.2.4.1. Causas posibles de la rugosidad.....	18
2.2.4.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos.....	18
2.2.4.3. Índice de rugosidad internacional (IRI)	19
2.2.4.4. Escalas y características del IRI	19

2.2.5.	Aplicación de teléfonos inteligentes	21
2.2.5.1.	TotalPave.....	23
2.2.5.2.	Aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes.....	24
2.3.	Definición de términos.....	31
2.3.1.	Rugosidad.....	31
2.3.2.	TotalPave.....	31
2.3.3.	IRI.....	31
2.3.4.	Transitabilidad.....	31
2.3.5.	Índice de serviciabilidad.....	31
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		32
3.1.	Tipo y Nivel de la investigación	32
4.1.1.	Tipo de investigación	32
4.1.2.	Nivel de la investigación.....	32
3.2.	Población y/o muestra de estudio	32
4.1.3.	Población	32
4.1.4.	Muestra	32
3.3.	Operacionalización de las variables.....	32
4.1.5.	Variable independiente	32
4.1.6.	Variable dependiente	33
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	34
4.1.7.	Técnicas.....	34
4.1.8.	Instrumentos	37
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		39
4.1.	Resultados del valor IRI obtenido del aplicativo TotalPave	39
4.1.1.	Datos obtenidos del aplicativo TotalPave	39
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		44
5.1.	Análisis del valor IRI obtenidos con el aplicativo TotalPave	44
5.2.	Determinación de la transitabilidad en función del valor IRI	45
CONCLUSIONES		47
RECOMENDACIONES.....		48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		49
ANEXOS		52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad	17
Tabla 2. Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente	19
Tabla 3. Valores IRI	21
Tabla 4. Cuadro normativo para el nivel del IRI tipos de superficie	21
Tabla 5. Datos importados del aplicativo TotalPave	28
Tabla 6. Valores IRI obtenido con el aplicativo TotalPave calzada derecho	39
Tabla 7. Valores IRI obtenido con el aplicativo TotalPave calzada izquierda.....	41
Tabla 8. Resultado del valor IRI	44
Tabla 9. Calificación del estado del pavimento	44
Tabla 10. Determinación de la transitabilidad en función del valor IRI	45
Tabla 11. Calificación de la transitabilidad	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vía investigada, Av. Von Humboldt, L=3,20 Km	3
Figura 2. Vista panorámica carril izquierdo Av. Von Humboldt.....	4
Figura 3. Vía investigada, presencia de rugosidad	4
Figura 4. Vía investigada, presencia de fallas	5
Figura 5. Vía investigada, desgaste en la capa de rodadura.....	5
Figura 6. Escala estándar del Banco Mundial para la cuantificación del IRI	20
Figura 7. Porcentaje de la población que se conectó a internet a través del móvil	22
Figura 8. Logo TotalPave.....	24
Figura 9. Interfaz del aplicativo TotalPave	24
Figura 10. Colocación del dispositivo en el parabrisas	25
Figura 11. Configuración de nivelación del dispositivo	26
Figura 12. Mapa de valores IRI por color.....	27
Figura 13. Soporte para el teléfono en posición nivelada	28
Figura 14. Dispositivo de nivel	29
Figura 15. Recopilación de datos IRI	30
Figura 16. Registros IRI	30
Figura 17. Camioneta Toyota Hilux utilizado en la determinación de la rugosidad	34
Figura 18. Montaje del Smartphone en medio del parabrisas	35
Figura 19. Configuración y registro del aplicativo	35
Figura 20. Inicio de la recopilación de los datos	36
Figura 21. Modo lento activado para obtener IRI.....	36
Figura 22. Recopilación de datos IRI en pleno ensayo.....	37
Figura 23. Datos de la información registrada en el TotalPave disponibles para descargar	38
Figura 24. Correlación de los valores IRI cada 100 m; de la calzada derecha.....	40
Figura 25. Desplazamiento por la calzada derecho utilizando aplicativo TotalPave	41
Figura 26. Correlación de los valores IRI cada 100 m; de la calzada izquierda	42
Figura 27. Desplazamiento por la calzada izquierda utilizando aplicativo TotalPave.....	43

RESUMEN

En la presente tesis de investigación, el objetivo principal es determinar la rugosidad del pavimento flexible mediante el uso del aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes para establecer la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal. La tesis de investigación es de tipo aplicativo y con enfoque cuantitativo, debido a que contribuye a generar e incrementar conocimientos respecto a la determinación de la rugosidad mediante el uso de metodologías de avanzada tecnología y en función de los resultados obtenidos se determinó la transitabilidad vehicular en una longitud de 3 200 m., ambas calzadas de 6.60 m. de ancho, para ello se utilizó un teléfono modelo Samsung Galaxy Note 10 instalado en una camioneta Toyota Hilux con velocidades entre 40 a 60 km/h, determinando un valor de IRI en la calzada derecha de 2.84 m/km, valor de IRI en la calzada izquierda de 2.51 m/km, posteriormente se obtuvo un promedio de valor IRI igual a 2,68 m/km. Considerando el valor del IRI promedio, se determinó la funcionalidad de la Av. Von Humboldt mediante la calificación del estado funcional del pavimento flexible y la transitabilidad, tomando el valor IRI promedio 2,68 m/km, calificando el estado funcional del pavimento como REGULAR y el valor PSI igual a 3,07 califica la transitabilidad como BUENA, recomendando llevar a cabo actividades de mantenimiento rutinario a nivel de la carpeta asfáltica.

Palabras Clave: Rugosidad, TotalPave, Transitabilidad, IRI, Uniformidad superficial, Índice de serviciabilidad.

ABSTRACT

In this research thesis, the main objective is to determine the roughness of the flexible pavement by using the TotalPave application on smartphones to establish the functionality of the Von Humboldt Avenue, section: Tarapacá Avenue - Municipal Avenue. The research thesis is of an applicative type and with a quantitative approach, because it contributes to generate and increase knowledge regarding the determination of roughness through the use of advanced technology methodologies and based on the results obtained, the vehicular trafficability was determined in a length of 3,200 m. both roadways of 6.60 m, For this purpose, a Samsung Galaxy Note 10 model phone installed in a Toyota Hilux pickup was used with speeds between 40 and 60 km/h, determining an IRI value on the right road of 2.84 m/km, IRI value on the left road of 2.51 m/km, subsequently an average IRI value of 2.68 m/km was obtained. Considering the average IRI value, the functionality of Von Humboldt Avenue was determined by rating the functional condition of the flexible pavement and the trafficability, taking the average IRI value 2.68 m/km, rating the functional condition of the pavement as REGULAR and the PSI value equal to 3.07 rating the trafficability as GOOD, recommending to carry out routine maintenance activities at the asphalt layer level.

Key words: Roughness, TotalPave, Walkability, IRI, Surface Uniformity, Serviceability Index.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa presenta un crecimiento poblacional acelerado y crecimiento del parque automotor, lo cual hace necesario una planificación en la infraestructura vial, en la presente tesis de investigación la determinación de la rugosidad en el pavimento flexible de la Av. Von Humboldt, una vía conformado por dos calzadas, y de dos carriles por sentido en una longitud de 3 200 m. una avenida con alta demanda del transporte interurbano de pasajeros y mercancías por ser un ingreso principal de salida al distrito de Tacna y viceversa.

En la presente tesis se observa que el pavimento flexible, presenta rugosidad a nivel de la carpeta asfáltica, la visibilidad de algunos baches, y ciertas fisuras transversales y longitudinales, imperfecciones relacionados principalmente con la calidad de la superficie, por lo que determinar es uno de los objetivos, para ello se empleó el uso del aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes, cuyo resultados facilitan a calificar el estado funcional y la transitabilidad del pavimento flexible, en función del valor de IRI obtenido.

La tesis está comprendido en 5 capítulos,

Primer capítulo, desarrollamos el planteamiento del problema, descripción del problema, formulación del problema, la justificación de la investigación, los objetivos generales y específicos, al mismo tiempo la hipótesis general y específicos.

Segundo capítulo, desarrollamos el marco teórico, identificando los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos.

Tercer capítulo, desarrollamos el marco metodológico, tipo y nivel de investigación, población, muestra, Operacionalización de variables, técnicas y análisis de datos de la investigación.

Cuarto capítulo, se presenta los resultados obtenidos con el aplicativo TotalPave.

Quinto capítulo, desarrollamos la discusión considerando el análisis de los resultados obtenidos contrastando con los resultados de los autores indicados en los antecedentes.

Finalizando con la presentación de las conclusiones y las recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Se considera componente fundamental para el desarrollo económico el estado funcional o superficial de las vías y para determinar el estado funcional existe un parámetro utilizado mundialmente, garantizando una adecuada comodidad y seguridad al usuario al circular por las vías, dicho parámetro viene a ser la rugosidad – IRI, desarrollado por el Banco Mundial.

En la actualidad la vía investigada es empleado para el transporte interurbano de pasajeros y mercancías en vehículos que circulan por la avenida, donde se genera desgaste y daños a nivel de la carpeta asfáltica, el incremento del deterioro del pavimento puede requerir la reconstrucción sin la necesidad de alcanzar su vida útil, en caso que no se realizan los mantenimientos adecuados. Para la determinación del Índice de rugosidad Internacional actualmente existen equipos diversos, siendo muy limitado en nuestra región por los altos costos de implementación y operación, por lo que se busca utilizar metodologías de bajo costo, pero con resultados confiables. En la tesis, para determinar la rugosidad – IRI se utilizará el aplicativo TotalPave empleando un teléfono inteligente con la finalidad de verificar la funcionalidad de la av. Von Humboldt, cuyos resultados obtenidos pueden ser empleados para la planificación de programas de mantenimiento y mejoramiento de la vía evaluada. La longitud de la vía investigada es de 3.20 km tal como se visualiza en la figura 1, cuenta con dos calzadas con dos carriles por cada sentido de 3.60 m. cómo se visualiza en la Figura 2, la avenida Von Humboldt es catalogado como una vía principal ya que posee altas demandas de transporte público y privado para el ingreso y salida al distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

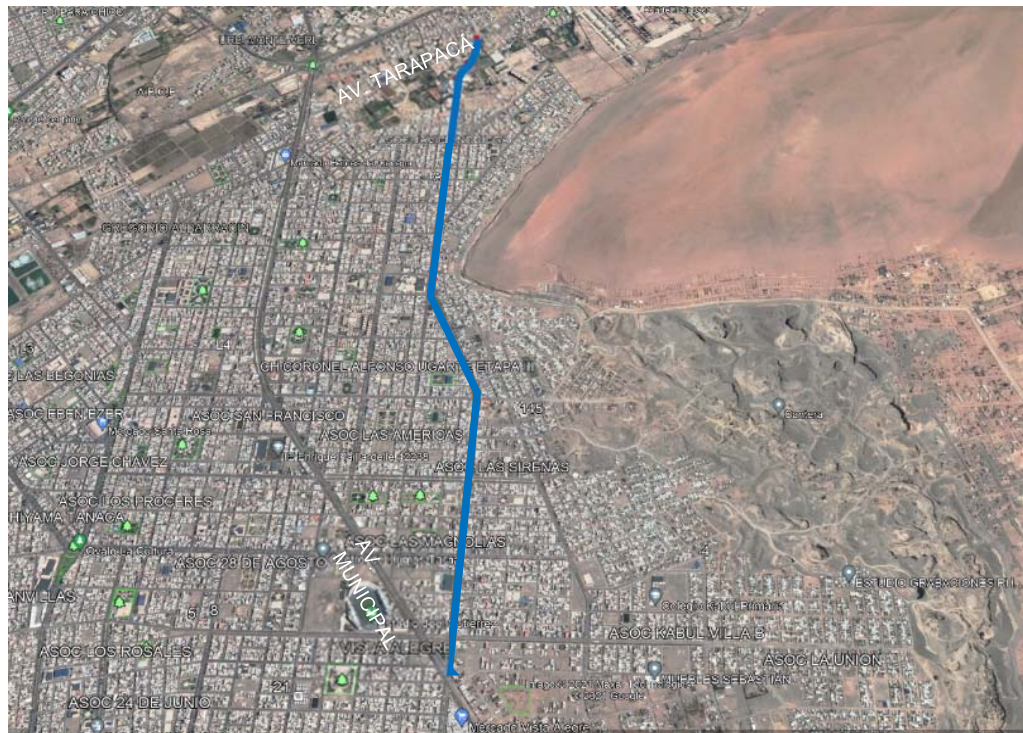
La avenida Von Humboldt se encuentra en adecuadas condiciones de funcionalidad, pero resulta necesario conocer el estado superficial de la carpeta asfáltica, teniendo en cuenta que la vía investigada, la avenida Humboldt es principal vía que se interconecta con la ciudad de Tacna, razón por el cual la infraestructura vial en esta zona del distrito debe mantenerse en óptimas condiciones de funcionalidad, puesto que la aparición de baches, fallas y rugosidades pronunciadas a nivel de carpeta asfáltica tal como se visualiza en las figuras 3, 4 y 5, originan elevado consumo de combustible, tiempo de viaje prolongado, costos elevados de operación vehicular, los

cuales se ven reflejados en la golpeada economía de quienes transitan por la avenida Von Humboldt.

La identificación de fallas presentes a nivel de carpeta asfáltica de la avenida Von Humboldt, genera la necesidad de determinar el Índice de Rugosidad Internacional por lo que es el objetivo de la investigación empleando metodologías modernas, de menor costo, de menor tiempo de evaluación y con resultados fiables, el uso de los teléfonos inteligentes, como el aplicativo TotalPave.

Figura 1

Vía investigada, Av. Von Humboldt, L= 3,20 Km



Nota. La figura muestra la zona de investigación, tomado de Google Earth

Figura 2

Vista panorámica carril izquierdo Av. Von Humboldt



Nota. Vista panorámica del carril izquierdo de la vía

Figura 3

Vía investigada, presencia de rugosidad



Nota. En la imagen se aprecia la presencia de rugosidades en la vía

Figura 4

Vía investigada, presencia de fallas



Nota. En la imagen se muestra la presencia de fallas en la vía

Figura 5

Vía investigada, desgaste en la capa de rodadura



Nota. En la figura se muestra el desgaste a nivel de la carpeta asfáltica

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el uso del aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes permite determinar la rugosidad en la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022?

b) ¿De qué manera el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes determina la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá–Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2022?

1.3. Justificación de la investigación

Para la determinación del Índice de Rugosidad Internacional en la presente tesis, se empleó el uso de aplicativo en teléfonos inteligentes con la finalidad de verificar la funcionalidad vehicular en la avenida Von Humboldt, tramo: A. Tarapacá – Av. Municipal del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, en la cual se determinó el IRI utilizando un aplicativo nuevo de origen Canadiense denominado TotalPave, usa una metodología sencillo, simple; cuyos resultados son fiables en la determinación de la rugosidad de la capa de rodadura para obtener resultados que ayudan a conocer una adecuada funcionalidad vehicular de la zona de investigación, los resultados obtenidos de la rugosidad nos ayudaran a realizar propuesta de solución referidos a una rehabilitación o reconstrucción. La aplicación de metodologías que involucren el uso de teléfonos inteligentes demanda la necesidad de conocimiento y aplicación por parte del ingeniero de la especialidad de transportes, las metodologías de los aplicativos conocidos como el TotalPave, Roadroid y Abakal usados en teléfonos inteligentes son muy eficientes para determinar la rugosidad del pavimento. Además, los aplicativos en teléfonos inteligentes tienen una aplicación intuitiva y no demandan emplear accesorios especiales, superando en costo y tiempo al rugosímetro de MERLIN obteniendo resultados similares.

1.3.1. Justificación teórica

Los aspectos teóricos y conceptuales del uso de los teléfonos inteligentes con aplicativos de avanzada que determinan la rugosidad en el pavimento, el caso de TotalPave, nos ayudaran a desarrollar las explicaciones sobre la incomodidad que generan el tránsito en la zona de investigación.

1.3.2. Justificación práctica

Los objetivos planteados en la investigación facilitan plantear soluciones específicas referidos a la rugosidad, utilizando los teléfonos inteligentes mediante aplicativos TotalPave, ABAKAL y ROADROID cuyos valores del Índice de Rugosidad Internacional obtenidos son confiables para conocer el estado funcional del pavimento y su adecuada funcionalidad vehicular, los cuales nos ayudaran realizar planteamiento de solución. La presencia de severas fallas a nivel de carpeta asfáltica, generan problemas en los vehículos que transitan en la avenida con: deterioros, desperfectos y consumo de combustible excesivo.

1.3.3. Justificación metodológica

Se empleará el uso del aplicativo TotalPave, cuya licencia tiene un costo, con la finalidad de evaluar y determinar la rugosidad del pavimento, en forma fácil, rápido y económico, cumpliendo al mismo tiempo con el manual de conservación vial y la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos.

1.3.4. Justificación social

Los resultados alcanzados de la vía investigada llegan a la sociedad, porque permitió conocer el estado funcional de la vía, los planteamientos de solución, donde el usuario como afectada vera la mejora de su calidad de seguridad y confort.

Se tiene conocimiento de que la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa no posee una programación respecto a la ejecución de un proyecto de inversión pública por la zona investigada, en consecuencia, la presente tesis contribuye con la información necesaria para de alguna manera incentivar una posible intervención con el propósito de mejorar la transitabilidad de la vía.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la rugosidad utilizando el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2022

1.4.2. Objetivos específicos

a) Calcular el valor de la rugosidad con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022.

b) Determinar la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2022 mediante los valores obtenidos con el aplicativo TotalPave.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La determinación de la rugosidad utilizando el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022, influyen negativamente.

1.5.2. Hipótesis Específicas

a) El cálculo del valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022, es deficiente.

b) La determinación de la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022 mediante los valores obtenidos con el aplicativo TotalPave, permite de manera óptima calificar el estado del pavimento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Tamrakar (2021), presento en la 4th-ICTG “Rapid Pavement Roughness Measurement of Geogrid Stabilized Roads, donde indican que los Métodos sofisticados de evaluación del estado del pavimento basados en computadora su uso se hace más frecuente, reemplazando a la metodología de evaluación manual de la carpeta asfáltica. Los beneficios de las metodologías de evaluación del pavimento, utilizando computadoras, está en la recopilación de datos en forma rápida, gestión de datos eficiente, amplia cobertura, se pueden repetir la obtención de datos a bajo costo. El sistema TotalPave, utiliza los teléfonos inteligentes para medir la rugosidad del pavimento, utilizando los acelerómetros del teléfono registrando de acuerdo al movimiento del vehículo los datos de la rugosidad (IRI). La investigación busca implementar el aplicativo TotalPave como un sistema de rápida medición del IRI de una carretera estabilizada con geomalla, desarrollar una base de datos georreferenciado de valores IRI del pavimento al mismo tiempo monitorear el rendimiento por hora. El TotalPave se ha utilizado en la determinación de los valores IRI en la zona oeste de la Carretera en Arizona. El valor del IRI del pavimento será evaluado y comparado con el Estándar IRI especificado para la carretera.

Staniek (2021), “Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdsourcing in smart cities”. Presentado por Marcin Staniek, 2021. Investigación que busca analizar la efectividad de una solución conocida como herramienta de condición del camino utilizando los datos de los teléfonos inteligentes en el sistema del transporte. La herramienta desarrollada por el autor en la investigación permite la identificación y evaluación de las irregularidades del pavimento de la carretera, mediante el análisis dinámico del movimiento del vehículo en la red de vías. Los usuarios del sistema de transporte equipados con un teléfono inteligente que registra datos de aceleraciones lineales, velocidad y ubicación del vehículo, envía información a un servidor de datos RCT en forma agregada. Los datos agregados se procesan en el criterio combinado de tiempo y ubicación, cuyo pavimento tiene una condición del estado funcional con un índice que se estima para mediciones fijas de 10 m de largo en secciones definidas en el sistema de gestión de pavimentos (PMS) utilizados por la administración de infraestructura vial municipal.

se compararon con un conjunto de datos de referencia del organismo de administración de la infraestructura vial que llevó a cabo encuestas que utilizan equipos

de medición altamente especializados. Los resultados de esta comparación, usando clasificadores binarios, confirman la solución RCT potencial propuesta por el autor. Esta solución permite monitorear globalmente el estado de la infraestructura vial de forma continua a través de numerosos usuarios del sistema de transporte, lo que garantiza que dicha evaluación se mantiene actualizada.

Según Gonzalo y Beingolea (2021), “Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021”, el uso de aplicativos en Smartphones inteligentes como ABAKAL y metodologías tradicionales como el rugosímetro de MERLIN los cuales son empleados para la determinación de la rugosidad del pavimento en la Av. Internacional, tramo: Av. Jorge Basadre Grohmann hasta Ciudad Nueva, viene a ser el objetivo, donde la investigación es aplicada con enfoque cuantitativo, debido a que aporta en el conocimiento con la aplicación directa a los problemas, evaluando la determinación de la rugosidad con el uso de metodologías nuevas, modernas, como es el uso de aplicativos que se utilizan en los teléfonos inteligentes, sin dejar de lado la metodología tradicional como el uso del rugosímetro de MERLIN, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinó los valores IRI utilizando el MERLIN, para la calzada derecha valor IRI = 4,07 m/ y para la calzada izquierda = 5,14 m/km, obteniendo un IRI promedio = 4,60 m/km, resultado que ayuda en la calificación del estado de pavimento flexible, como MALO. En la determinación de la rugosidad utilizando el aplicativo ABAKAL, con un Samsung Galaxy Note 10, se obtuvo valores IRI en la calzada derecha = 4,38 m/km, para la calzada izquierda = 4,49 m/km, y con la finalidad de comparar con los resultados recopilados por la metodología MERLIN, utilizamos el valor promedio = 4,44 m/km. cuyos valores obtenidos son indicadores de que el aplicativo ABAKAL obtuvo valor IRI similar al determinado por el rugosímetro de MERLIN, en consecuencia, los datos son confiables.

Según Reyes (2020), “Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN”, desarrollado por Bryan A. Reyes Pionce, 2020. Tesis que presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la carpeta asfáltica, mediante la rugosidad presente en la Avenida La Prensa del Cantón Jipijapa; haciendo uso del aplicativo desarrollado para smartphones inteligentes y el software Vial ProVAL en comparación a la metodología tradicional, el Rugosímetro de MERLIN. Todas las metodologías indicadas en la investigación se usan para calcular el valor de la rugosidad, valor del IRI en los pavimentos flexibles y rígidos, pero el Software ProVAL y los aplicativos para smartphones con metodologías prácticas

e innovadoras en la ingeniería, que se utilizan para calcular el valor IRI y el Rugosímetro de MERLIN considerada una metodología tradicional con mayor precisión para determinar la rugosidad. En el presente trabajo de investigación desarrollado en la Avenida La Prensa desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+945 se utilizaron el Rugosímetro de MERLIN, los aplicativos TotalPave IRI, ABAKAL IRI y el software ProVAL. Los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional promedio de la Avenida la Prensa se encuentran en el rango de 2m/km. Calificándolo como un pavimento nuevo. Y la determinación de la transitabilidad de acuerdo al valor IRI proporcionó un valor de 3,31, calificándolo como Bueno.

Según Zeballos y Vizcarra (2020), “Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El peligro – Emp. PE-40, Tacna - 2020”, se empleó los aplicativos en Smartphones inteligentes, para determinar la rugosidad, tales como ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020, viene a ser el objetivo de la investigación. La determinación del valor IRI empleando métodos tradicionales e innovadores, cuyos resultados en la determinación del IRI utilizando el rugosímetro de MERLIN, se determinó en el carril derecho IRI = 3,73 m/ y en el carril izquierdo = 3,53 m/km, calculando el IRI promedio = 3,63 m/km resultado que ayuda a calificar la condición del pavimento como REGULAR. El valor del IRI promedio se emplea para determinar el PSI el cual resulto igual a 2,59, por consiguiente, la transitabilidad se califica como REGULAR.

En la determinación del valor IRI mediante el aplicativo ROADROID, se obtuvo datos del IRI en el carril izquierdo = 3,44 m/km, en el carril derecho = 3,75 m/km y un valor de IRI promedio = 3,60 m/km. Finalmente se concluye que los datos obtenidos con el aplicativo ROADROID y el rugosímetro MERLIN son similares.

Tamrakar et al. (2019), “Use of an Innovative Technology for Measuring Surface Roughness of Pavements” presentado en la GEO St. Jhon’s 2019. Investigación realizada en la ciudad de Cranbrook, Columbia Británica, donde se rehabilitó algunas secciones del pavimento envejecido. Los efectos del envejecimiento en los pavimentos se vieron reflejados por la presencia de grietas de cocodrilo, grietas transversales y surcos superficiales. Se rehabilitaron la capa base de agregados estabilizados mecánicamente, para preservar el material para periodos largos. La estabilización mecánica mejora la capacidad de soporte razón por la cual en el diseño de pavimentos se busca optimizar las capas del pavimento y alcázar el mismo rendimiento o superior.

El valor IRI de la carpeta asfáltica de los pavimentos son parámetros para determinar el desempeño e influyen en la determinación de la calidad respecto a la transitabilidad del pavimento, además se ve afectada la estabilidad estructural del sistema y la respuesta del pavimento debido al tráfico y las fluctuaciones climáticas. Los valores IRI de la superficie que se utilizan comúnmente son el índice de capacidad de servicio actual (PSR). Recientemente, se introdujeron nuevas metodologías para la estimación del IRI de manera rentable y rápida. El artículo explica el uso de aplicativos en Smartphones inteligentes para realizar la estimación del valor IRI de pavimentos rehabilitados. Los datos del IRI para los pavimentos construidos con diferentes geomallas y diferentes condiciones de suelo se midieron, evaluaron y discutido.

Según Gondim (2019), “Influencia de la calidad del recubrimiento de asfalto en las emisiones de contaminantes de vehículo ligero en Fortaleza – CE”, presentado por Vitor M. Gondim Rocha, 2019. Investigación que realiza sobre las emisiones contaminantes a la atmósfera y sus efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, este trabajo evalúa la relación entre la calidad del revestimiento asfáltico en los centros urbanos y su influencia en la emisión de CO contaminantes al aire en la ciudad de Fortaleza, Ceará. Se utilizó una metodología en la que se compararon datos del International Roughness Index. (Índice internacional de rugosidad - IRI) y datos sobre la recopilación de emisiones contaminantes emitidas por la combustión incompleta de combustible en los gases emitidos por los vehículos de pasajeros. Además, se realizó un Estudio Visual Continuo (LVC), cuyos resultados se utilizaron para clasificar los caminos estudiados en cuanto al grado de deterioro del pavimento. Se utilizó una cámara de video de alta definición (HD) para filmar las pistas y usar la aplicación en teléfono móvil para relevar los tramos estudiados mediante el cálculo del IRI. Las rutas se eligieron de acuerdo con su potencial para generar y atraer viajes. Las emisiones se recolectaron lo más cerca posible de la fuente que emite los contaminantes, es decir, directamente en el escape de los vehículos ligeros. Con los resultados recopilados no se descarta la conexión entre la calidad del revestimiento asfáltico y su influencia directa en las emisiones. Sin embargo, el método de cálculo propuesto fue validado debido al grado de deterioro de la calzada que presenta características similares, como desgaste, parches y grietas. Las vías estudiadas fueron: calle Vicente Linhares, calle Tibúrcio Cavalcante, calle Érico Mota, avenida 13 de mayo, avenida Jovita Feitosa y avenida Senador Virgílio Távora.

Según Allaire y Hanson (2017), “Potential of road roughness data from smartphones as an input to spring weight restriction decisión-making” presentado por

Florence Allaire y Trevor Hanson, 2017. Investigación que desarrolla el monitoreo de la red de carreteras para detectar cambios críticos en tiempo real en la resistencia de las carreteras. Algunas agencias emplean evaluación subjetiva de los cambios de rugosidad de la carretera como un sustituto de los cambios en la resistencia y la necesidad de más restricciones de peso, aunque el alcance geográfico se limita a los viajes del supervisor de carreteras. El uso de Teléfonos inteligentes, ha demostrado que los dispositivos son plataformas móviles efectivas y precisas para recopilar datos del acelerómetro que se puede convertir en valores de índice de rugosidad internacional (IRI). Estos dispositivos tienen el potencial del alcance y la frecuencia del control de la rugosidad durante el deshielo primaveral si se instrumenta en vehículos de flota o de abastecimiento. Esto podría respaldar el desarrollo de valores desencadenantes objetivos para cambios en la rugosidad, para la toma de decisiones por parte de un ingeniero de distrito con respecto a la imposición de restricciones de pesos adicionales. Si los cambios en la rugosidad pudieran estar correlacionados con los cambios en la resistencia, puede ser posible aislar áreas específicas de debilidad de la carretera a alta velocidad y en tiempo real. Esta investigación exploró el potencial del uso de smartphones inteligentes para monitorear los cambios de rugosidad de la carretera en secciones de 1 km. de dos colectores cercanos y carreteras locales durante el período de SWR en New Brunswick del 15 de marzo al 17 de mayo, 2015. Los valores de IRI se calcularon a partir de un promedio tomado de cuatro corridas en 26 días diferentes a una velocidad de 80 km / h, reducido a 60 km / h en la carretera local debido al excesivo movimiento de la carretera. Los valores de IRI se duplicaron desde la línea de base al pico en ambas secciones (colector y línea de base local (pico): 1,35 m / km (2,54 m / km); 3,34 m / km, (6,60 m / km)) dentro de las dos primeras semanas de SWR, volviendo a los valores de línea de base dos semanas antes de que finalizara SWR. Recopilación de datos dos veces por semana capturaría la mayoría de los cambios significativos en los valores de IRI entre observaciones. El cambio desde un IRI de línea de base hasta el IRI máximo y viceversa dentro de la ventana de ROE, lo que sugiere que las fechas fueron apropiado si la rugosidad se correlacionó con la resistencia. El trabajo adicional debe explorar los valores desencadenantes que inician un protocolo para responder a los cambios climáticos drásticos y la relación entre la resistencia de la carretera y el IRI.

Según Montoya (2013), "Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú". En su tesis plantea el análisis de datos de IRI de un proyecto, con la finalidad de proponer mecanismos que permitan controlar las tolerancias en los contratos de concesiones de vías en función de valores de IRI.

Para lo cual, estableció la relaciono de los datos geométricos de la vía con los

datos IRI del diseño de la vía. Concluyendo que conociendo los datos del IRI del diseño y la geometría de la vía, facilitarían a mejorar las exigencias técnicas en futuros proyectos que involucren el pavimentado de las vías.

Según Cameron (2012), "Innovative means of collecting international roughness index using Smartphone technology", presentado por Coady Cameron, 2012. Investigación del índice internacional de rugosidad (IRI) como una medida de rendimiento del pavimento ampliamente utilizada recolectados con vehículos especialmente equipados; Sin embargo, el costo de la recopilación de datos puede limitar la capacidad de algunas autoridades viales para obtener los datos. Avances recientes en la tecnología de los teléfonos inteligentes ha despertado interés en su potencial para ser datos móviles de bajo costo. Esta investigación comparó el IRI de un generador de perfiles inercial con el IRI calculado a partir del acelerómetro en un tramo de prueba de 1 km de carretera en New Brunswick, Canadá. La investigación también incluyó cuatro pruebas de escenarios, para evaluar los efectos en los factores experimentales: tipo de vehículo, fabricante del dispositivo, disposición de montaje y velocidad. La correlación entre los resultados del teléfono inteligente y los recopilados mediante el perfilador inercial era del 88,9% para incrementos de 100 m a lo largo de la sección. Los escenarios arrojaron valores de IRI promedio que oscilan entre 0,8% y 85% diferentes a los IRI promedio de 2.60 m / km recolectado usando el perfilador inercial, aunque el teléfono inteligente tenía un coeficiente de variación más alto que oscilaba entre 2,05 y 9,11 en comparación al 1.12 del perfilador inercial.

Según Ramírez (2017), "Cálculo del IRI mediante acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarney – Casma de la carretera Panamericana Norte", cuyo autor es Brian Steve Ramírez Castro, en su tesis se aboca en la determinación de la similitud de los valores IRI obtenidos con el software Roadroid y el perfilómetro láser. En la Red Vial 4, la concesionaria a cargo realiza anualmente la recopilación de los datos de IRI con el perfilómetro láser con el objetivo de mantener en condiciones óptimas el estado de la vía y brindar un excelente nivel de serviciabilidad. Con los datos de IRI de la concesionaria y con los valores IRI obtenidos mediante el uso del software Roadroid, se realizó un análisis comparativo con el propósito de evaluar la eficiencia del uso del software en celulares.

La zona en estudio fue el tramo Huarney–Casma. Cuya vía es una autopista que cuenta con dos carriles por cada sentido, en direcciones de sur a norte y viceversa. El resultado de la evaluación con el software Roadroid fue 1.3 m/km y 1.2 m/km por cada carril de la vía y los resultados de la evaluación con el perfilómetro láser son de 1.3 m/km

y 1.2 m/km respectivamente. Finalmente, los valores de IRI estimados y calculados son correlacionarías.

Según Lloclla y Sánchez (2019) “Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN”, investigación que desarrolla la comparación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) obtenido del pavimento de la avenida la cultura entre la plaza Limacpampa y el paradero central de la ciudad de Cusco mediante el uso de metodologías como: rugosímetro MERLIN, rugosímetro electrónico Bump Integrador B1100A y aplicativos para Smartphones Roadroid, posteriormente se determinó el ratio de la serviciabilidad presente (PSR) en función de los valores IRI obtenidos en la investigación.

Los resultados de la evaluación de IRI en el carril de subida y en el de bajada de la avenida La Cultura de la ciudad de Cusco fueron los siguientes; mediante el rugosímetro MERLIN, rugosímetro electrónico Bump Integrador y el aplicativo Roadrid se determinó valores de IRI de bajada de 7.31m/km, 6.75 m/km y 6.79 m/km y valor promedio de 6.95 m/km y para el carril de subida valores de IRI de 3.88 m/km, 3.98 m/km y 3.04 m/km con promedio de 3.63 m/km poniendo en evidencia que el estado del carril de bajada esta más deteriorada que el carril de subida. Además, con los valores IRI promedio se afirma que se sitúan fuera de los parámetros mencionados en la norma NTP CE 0.10 Pavimentos Urbanos, donde el valor máximo permisible es de IRI 2.5 m/km en casos de pavimento flexible.

Según Laura (2016), “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN - 2016”, en el desarrollo de la investigación el autor busca establecer el porcentaje de similitud de los valores de IRI obtenidos mediante el uso del aplicativo Roadroid y el rugosímetro tipo MERLIN en la evaluación del pavimento de la vía Cusco-Urcos del departamento de Cusco.

De la evaluación del IRI en la vía mediante el rugosímetro MERLIN y el aplicativo Roadroid, se concluyó que mediante el uso del aplicativo Roadroid presenta una similitud de 89% en comparación al rugosímetro MERLIN. En consecuencia, se concluyó que el aplicativo Roadroid es una metodología confiable y costo de operación muy bajo en comparación a las metodologías tradicionales.

Según Almenara (2015), “Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la

rugosidad de pavimentos urbanos en Lima”, en la cual el autor realiza la evaluación de la rugosidad de la vía expresa en Lima – Perú mediante el uso del aplicativo Roadroid con la finalidad de determinar si los cambios bruscos de velocidad durante la recopilación de datos afectan en la lectura de los valores IRI.

En conclusión, se determinó que el uso del aplicativo Roadroid en teléfonos inteligentes permite realizar una mejor gestión vial ya que permite tomar prontas acciones en función de la variación de la rugosidad. Además, se determinó que la ejecución de la investigación a velocidades superiores a 60 km/h se asemejan al valor IRI de la vía en estudio.

Según Camacho (2018), “Evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosímetro de MERLIN”, en la presente investigación el autor realiza la comparación de los valores de la rugosidad obtenidas en la evaluación de la av. Floral de la ciudad de Puno empleando el rugosímetro MERLIN y el aplicativo Roadroid. Teniendo como conclusión que el uso del aplicativo Roadroid proporciona valores de rugosidad semejantes al rugosímetro de MERLIN, aseverando que los rendimientos son más satisfactorios si se emplea el aplicativo Roadroid.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Rugosidad del pavimento flexible

El concepto de rugosidad se define como la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.” (ASTM, 2012).

El termino de regularidad es adoptado y empleado por algunos autores debido a que se relaciona más con su definición en ingles Roughness, razón por la cual existe bibliografía que desarrolla distintamente el termino rugosidad y regularidad, no obstante; en la presente investigación se empleara el uso del término de rugosidad haciendo referencia a la irregularidad existente en la superficie del pavimento.

El Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index, IRI), es un estándar estadístico propuesto en 1986 por el Banco Mundial con el propósito de facilitar la cuantificación de la calidad de rodadura de una carretera. Además, según Badilla (2009), define IRI mediante un modelo matemático, cuarto de carro, el cual consiste en la acumulación de movimientos verticales que experimenta la suspensión de un vehículo al recorrer a 80 km/h la superficie de un camino.

2.2.2. *Transitabilidad*

La transitabilidad según el MTC (2018), define transitabilidad como la posibilidad de que un vehículo sea capaz de transitar de manera ininterrumpida en un trayecto o lugar. Además, según Pomasonco de la Cadena (2010), en el Perú el término de "transitabilidad" está definido como la "disponibilidad de uso" de una carretera, es decir, el tránsito público por la carretera no fue interrumpida por motivos como manifestaciones populares, deterioro del pavimento, mantenimiento del pavimento, fuerzas de la naturaleza como: huaicos, erosiones causado por ríos, desprendimiento de rocas, pérdida de la carpeta asfáltica, caída de puentes, etc. Estos últimos factores se presentan con mayor frecuencia en las temporadas de lluvias.

2.2.3. *Serviciabilidad*

Según Armijos (2009), define la serviciabilidad del pavimento como "la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento", el cual debiera ser evaluado mediante la opinión del usuario; sin embargo, para medir la calidad del pavimento depende de la metodología que se use para su evaluación ya que dependerá de si se busca conocer la funcionalidad superficial o la situación estructural indistintamente de los equipos y herramientas que se use para su evaluación.

Para Pomasonco de la Cadena (2010), El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), es un parámetro empleado para realizar la evaluación de la serviciabilidad de un pavimento con la finalidad de determinar la capacidad de servicio actual y la condición funcional del pavimento. Cuyo concepto es producto de las pruebas AASHO, EN 1957, donde se realiza la evaluación empleando escalas que varían de 0 a 5, donde 0 representa un pavimento con una superficie de pésimas condiciones y 5 representa un pavimento con superficie perfecta, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Escala de índice de serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy buena
4	Muy buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Nota. En la tabla podemos verificar la tabla de serviciabilidad indicando la calidad del pavimento asfáltico. Fuente: (Sachún, 2016).

2.2.4. Rugosidad

El MTC (2013), define la rugosidad como un “Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI)”.

Para facilitar la determinar la rugosidad de un pavimento, el Banco Mundial estableció la medida denominada índice de rugosidad internacional (IRI), con rangos que varían de 0 (representa un pavimento sin imperfecciones) hasta 12 (representa un pavimento completamente intransitable). Dicho parámetro, es empleando en la actualidad para calcular la rugosidad de la superficie del pavimento mediante la efectuación de la sumatoria de los desplazamientos verticales en un tramo el cual es dividido entre la longitud total del tramo.

2.2.4.1. Causas posibles de la rugosidad

La existencia de anomalías tales como fisuras, grietas, baches, etc. en un pavimento nuevo o existente, se atribuye ausencia de las políticas de mantenimiento de parte de las autoridades o por no verificar el cumplimiento de los controles de calidad en los procesos constructivos durante la ejecución del proyecto. Generando como consecuencia la aparición de irregularidades en la carpeta asfáltica del pavimento.

2.2.4.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Los pavimentos con rugosidades relativamente inferior brindan al usuario la sensación de confort al transitar sobre ella, es por ello que es importante conocer los parámetros que determinan la rugosidad de la carpeta asfáltica del pavimento. A continuación, se mencionarán algunos parámetros que repercuten de manera negativa en la rugosidad de un pavimento tales como; tiempo de vida útil del pavimento, el índice medio diario anual (IMDA), conformación de la estructura del pavimento, Numero estructural del pavimento, propiedades de los materiales de la sub rasante, base y base granular (índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas y el porcentaje de finos que pasa la malla 200). Además de las características del medio ambiente que en condiciones extremas propician la aparición de fallas, fisuras y grietas en la capa de rodadura del pavimento.

2.2.4.3. Índice de rugosidad internacional (IRI)

La norma de ensayos ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Prevention Systems, establece el término “roughness” como “desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.”

Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index, IRI). Es una escala de cuantificación de la rugosidad de la superficie de rodadura de un pavimento, dicha metodología fue implementada por el Banco Mundial con el propósito de estandarizar la calidad de rodadura sobre un pavimento los cuales se expresan en metros por kilómetro. (Sayers, M. y Karamihas, S., 1998).

2.2.4.4. Escalas y características del IRI

Las unidades del IRI son mm/m, m/km o in/mi, varia de 0 a 20 m/km o 0 a 126 in/mi, donde la rugosidad igual a 0 m/km representa un camino perfecto mientras que rugosidad igual a 20m/km representa un camino imposible de transitar, tal como se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2

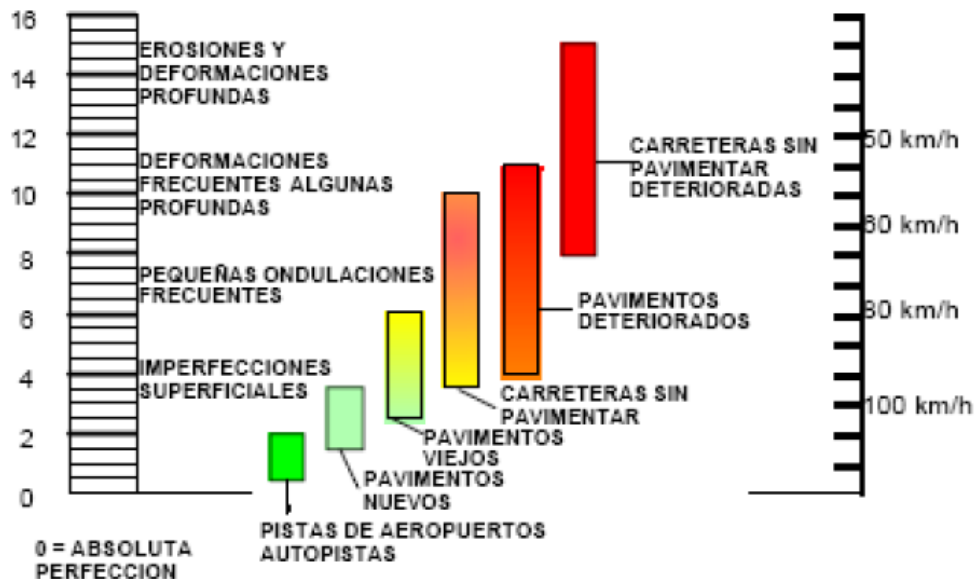
Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente

País	Bueno	Regular	Malo	Rechazo	Recepción
EE.UU	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7		
España	0 – 2,5	2,5 – 4,0	> 5,0	2,85	1,85
Chile	0 – 3,0	3,0 – 3,6	> 4,0	2,50	2,5
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0		
Uruguay	< 3,9	4,0 – 6,0	> 4,6		

Fuente: Alvarenga (2002).

Figura 6

Escala estándar del Banco Mundial para la cuantificación del IRI



Nota. En la figura se muestra la escala estándar empleado por el Banco Mundial para la determinación del IRI en función del tipo de vía

Sayers y Karamihas (1998), presentaron un parámetro estándar con la finalidad de cuantificar los valores IRI para los diferentes tipos de vías; en la cual, cada tipo de vía está representado por un determinado valor de IRI.

IRI de 0 a 12 : Vías pavimentadas

IRI de 0 a 20 : Vías no pavimentadas

Para caminos pavimentados, la escala de IRI establece en el rango de 0 a 12 m/km, en la que 0 representa un camino perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; en el caso de las vías no pavimentadas la escala se extiende hasta 20 m/km.

En la norma peruana se establece la obligación de obtener un valor IRI máximo de 2.5 m/km para las vías expresas como buenas, tal como se observa en la tabla 3, para lo cual se deberá tener en cuenta el límite máximo de velocidad para diseñar la vía con velocidades de entre 80 y 100 km/h. Además, la evaluación del IRI se realiza en función al tipo de superficie a evaluar, como de aprecia en la tabla 4 referido al requerimiento del IRI según tipo de superficie.

Tabla 3*Valores IRI*

País	Estado Del Pavimento		
	Bueno	Regular	Malo
EE.UU.	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7
Chile	0 – 3,0	3,0 – 4,0	> 4,0
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
Uruguay	< 3,9	4,0 – 4,6	> 4,6
Perú	< 2,5	2,5 – 4,5	> 4,5

*Fuente: Alvarenga (2002).***Tabla 4***Cuadro normativo para el nivel del IRI tipos de superficie*

Normativa u Organización	Requerimiento de IRI por Tipo de superficie	
	Descripción	Superficie
ASTM E 867	IRI obtenido en sub lotes de 0,1 km	Presenta dos escalas de valores IRI, que se emplean para la evaluación de vías pavimentada y no pavimentada.
Banco Mundial	Promedio global de toda la medición	Presenta una escala de rugosidad según el tipo de vías.

Nota. En la tabla se muestra las descripciones y la superficie de la organización de requerimiento IRI y el Banco Mundial.

2.2.5. Aplicación de teléfonos inteligentes

De acuerdo a los estudios realizados por Global Web Index en 2018, el 50% de los jóvenes consumen del 90% al 100% de su tiempo empleando como herramienta de navegación la pantalla de los móviles, lo cual según el estudio son calificados como mobile first.

En la actualidad, la integración del uso de los smartphones inteligentes y las aplicaciones móviles a las actividades diarias tiene un enorme potencial que ayuda a mejorar los rendimientos. Es decir, cada vez empleamos más los teléfonos inteligentes para realizar trabajos, relacionarnos o entretenernos. Lo cual genera la optimización de tiempos si es bien planificado.

Durante la presente década, la masificación del uso del smartphone y la disponibilidad al acceso de internet tuvo un crecimiento significativo, es así que los usuarios son capaces de acceder a redes sociales o páginas web desde un dispositivo móvil solo con la condición de poseer datos móviles o estar conectado a una red wifi. Según Telefónica (2019), la proyección para el 2025 es que el 60% de la población mundial acceda a las redes mediante el uso de un dispositivo móvil, en el caso de las regiones de Europa y Norteamérica se espera que la cifra sea mucho mayor, llevando a valores de 82% y 80% de usuarios conectados a internet a través de un dispositivo móvil respectivamente.

En la figura 7 se aprecia el porcentaje de usuarios que se conectaron a internet a través del móvil en las diferentes regiones en el año 2021.

Figura 7

Porcentaje de la población que se conectó a internet a través del móvil



Nota. Adaptado de GSMA (2021).

En julio del 2008, Apple lanzo al mercado la App Store a través de una actualización de iTunes, en octubre del mismo año, Google introdujo al mercado a Android Market que posteriormente pasaría a llamarse Google Play. Dando así el inicio de era de las plataformas online, donde los usuarios de los sistemas operativos Android y iOS tengan la facilidad de acceder y descargar aplicativos para dispositivos móviles de forma gratuita y en algunos casos haciendo el pago respectivo.

En la actualidad, los aplicativos móviles cumplen un rol trascendental en la vida cotidiana, ya que se usa para poder acceder a redes sociales, juegos, realizar compras online, realizar trámites bancarios, ordenar comida a domicilio, solicitar servicios de transporte, acceder a educación online, planificar y monitorear actividades deportivas, procesar cálculos estadísticos, calcular la cantidad de materiales para realizar una construcción, calcular la rugosidad de un pavimento y entre otra actividades en la cual el uso de una app puede facilitarnos (Telefónica, 2019)

Los aplicativos para **iOS** más descargadas de todos los tiempos son: Facebook, Facebook Messenger, YouTube, Instagram, WhatsApp Messenger, Google Maps, Snapchat, Skype, WeChat (China) y QQ (China).

Los aplicativos para-Android más descargadas son: Facebook, Facebook Messenger, WhatsApp Messenger, Instagram, Skype, Subway Surfers, Twitter, Clean Master: Space Cleaner & Antivirus, Candy Crush Saga y Snapchat (Telefónica, 2019)

2.2.5.1. TotalPave

Es un aplicativo de paga que fue desarrollado por TotalPave Inc., una empresa de origen canadiense con sede en New Brunswick cuyo objetivo principal es el desarrollo de softwares (aplicativos) para la ingeniería de pavimentos, el aplicativo permite la recolección de información del estado de la carretera a través del uso del GPS y el magnetómetro que viene incorporado en el dispositivo móvil; para la recopilación de datos, es necesario que el rango de la velocidad del vehículo oscile entre 20 km/h a 110 km/h con el propósito de no afectar la recopilación de datos. Luego de finalizar la recolección de datos en el tramo evaluado, se envía los datos al servidor de la nube de TotalPave a través de datos móviles o mediante WIFI para determinar los valores IRI de la carretera. En la figura 8 se aprecia el logo de la empresa TotalPave Inc.

Figura 8

Logo TotalPave



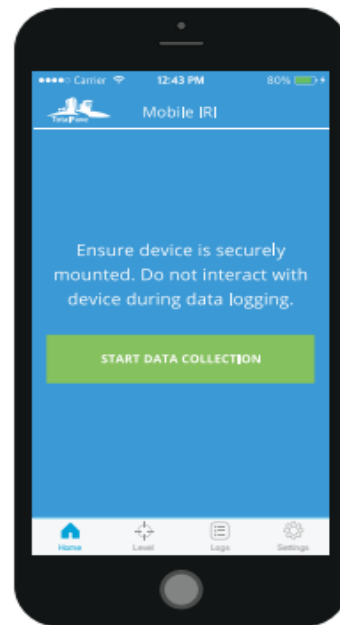
Nota. Adaptado de Reyes (2020).

2.2.5.2. Aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes

El aplicativo TotalPave, utiliza los teléfonos inteligentes para medir la rugosidad del pavimento, utilizando los acelerómetros del teléfono registrando de acuerdo al movimiento del vehículo los datos de la rugosidad (IRI). En la figura 9, se presenta el interfaz del aplicativo TotalPave.

Figura 9

Interfaz del aplicativo TotalPave



Nota. Se muestra el interfaz del aplicativo instalado en el Smartphone.

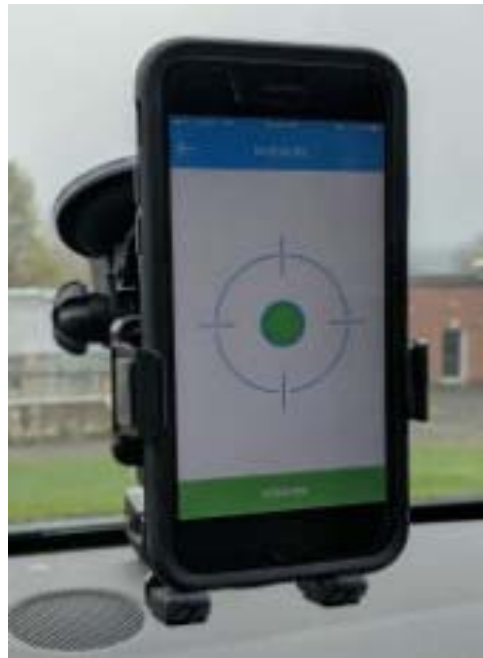
TotalPave se emplea para la recopilación de datos IRI siguiendo los siguientes procedimientos:

Montaje del dispositivo.

- Instalar el soporte del móvil en el parabrisas del vehículo
- Colocar el Smartphone en el soporte en posición nivelada
- Ajustar la base del soporte con el Smartphone en forma segura, como se visualiza en la figura 10.

Figura 10

Colocación del dispositivo en el parabrisas



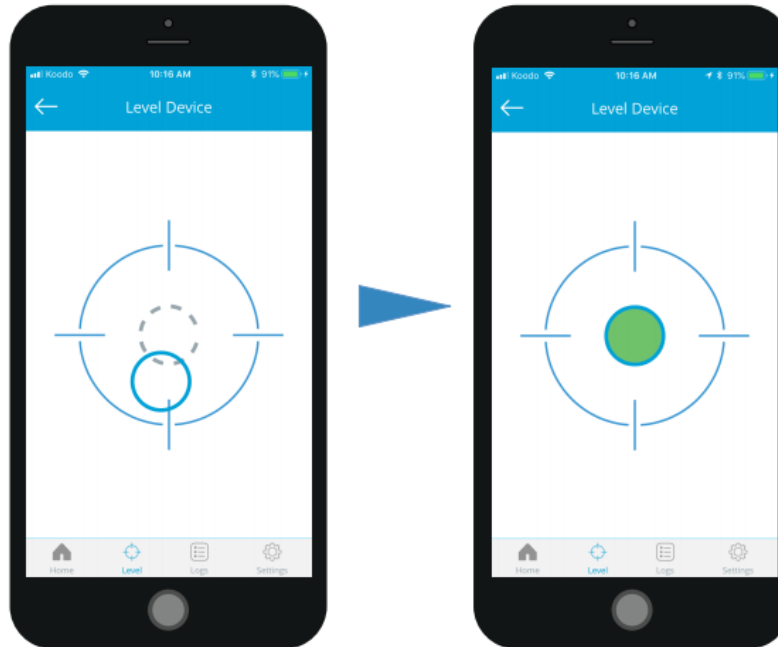
Nota. En la figura se muestra el ajuste del dispositivo nivelado en el parabrisas del vehículo.

Nivelación del Smartphone

- Una vez asegurado el dispositivo en el soporte del parabrisas, procedemos a nivelar desde el sistema del aplicativo, haciendo clic en Nivel, donde la burbuja ingrese al centro de la pantalla y coloque en color verde, como se aprecia en la figura 11, luego se procede a la medición, haciendo clic en Inicio.

Figura 11

Configuración de nivelación del dispositivo



Nota. En la figura se muestra la forma de calibración del dispositivo

Secciones de conducción

Para la recopilación de datos, el aplicativo TotalPave cuenta con un sistema de precargado de las secciones de la vía lo cual facilita el cálculo de los valores IRI siempre en cuando sea haya cubierto una determinada longitud. Una vez terminado con el ensayo, se procederá a cargar los datos a la nube de TotalPave con el propósito de obtener los valores de IRI, los cuales estarán disponibles en la página web.

A continuación, se describe el procedimiento para obtener los datos IRI.

- Presione "Iniciar recopilación de datos".
- Durante la prueba, mantenga un rango de velocidad uniforme de 20 km/h a 110 km/h.
- Durante el trayecto de la recopilación de datos, de ninguna manera interactúe con el teléfono.
- Una vez culminado la recopilación de datos en el tramo deseado, presiones "Detener recopilación de datos"

Carga de registros

Los datos recopilados de almacenaran en el dispositivo móvil, es decisión del usuario cargar a la cuenta de TotalPave en el momento y según la disposición de tener una conexión estable a través de datos móviles o Wi-Fi.

El registro se cargará en la página principal del aplicativo, si se realiza correctamente, se podrá visualizar una máscara de verificación (check) al costado del registro.

De acuerdo con la información obtenida a través del soporte técnico del aplicativo, se informó que los valores de IRI están expresados en m/km. El software calcula el desnivel longitudinal de la calzada en función de su longitud mediante la vibración del sensor del Smartphone. Después de la recopilación, el IRI se muestra en un mapa de colores que representa la escala en relieve, tal como se aprecia en la imagen 12. Además, es posible realizar la descargar los datos en un archivo de Excel, un claro ejemplo de ellos se visualiza en la tabla 5 (Gondim, 2019).

Figura 12

Mapa de valores IRI por color



Nota. Adaptado de Gondim (2019).

Tabla 5*Datos importados del aplicativo TotalPave*

TPID	IRI 2019	Nombre de la calle	Longitud	ciudad	Nombre de la sucursal	Latitud de inicio	Longitud de inicio	Latitud final	Longitud final	Te dio
767644	4,9	Avenida 13 de Mayo	195,732	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,383	- 385,223	- 375,363	- 385,205	20 de julio de 2019
767645	5,13	Avenida 13 de Mayo	208,168	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,347	- 385,205	- 375,367	- 385,224	20 de julio de 2019
767646	3,45	Avenida 13 de Mayo	123,52	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,367	- 385,224	- 375,378	- 385,235	20 de julio de 2019
767647	3,72	Avenida 13 de Mayo	129,961	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,394	- 385,234	- 375,383	- 385,223	20 de julio de 2019
767648	3,19	Avenida 13 de Mayo	131,593	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,378	- 385,235	- 375,333	- 385,245	20 de julio de 2019
767649	2,92	Avenida 13 de Mayo	142,561	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,346	- 385,246	- 375,394	- 385,234	20 de julio de 2019
767650	1,92	Avenida 13 de Mayo	952,125	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,333	- 385,245	- 375,275	- 385,252	20 de julio de 2019
767651	3,33	Avenida 13 de Mayo	964,395	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 37,529	- 385,253	- 375,346	- 385,246	20 de julio de 2019
767652	4,42	Avenida 13 de Mayo	95,072	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,234	- 385,259	- 37,529	- 385,253	20 de julio de 2019
767653	4,2	Avenida 13 de Mayo	953,637	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,275	- 385,252	- 37,522	- 385,258	20 de julio de 2019
767654	4,23	Avenida 13 de Mayo	868,975	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 37,522	- 385,258	- 375,169	- 385,264	20 de julio de 2019
767655	5,99	Avenida 13 de Mayo	889,475	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,182	- 385,265	- 375,234	- 385,259	20 de julio de 2019
767656	6,03	Avenida 13 de Mayo	867,458	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,169	- 385,264	- 375,118	- 38,527	
767657	4,69	Avenida 13 de Mayo	814,874	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,135	- 385,271	- 375,182	- 385,265	20 de julio de 2019
767658	3,81	Avenida 13 de Mayo	668,473	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,095	- 385,276	- 375,135	- 385,271	20 de julio de 2019
767659	3,58	Avenida 13 de Mayo	110,013	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,118	- 38,527	- 375,054	- 385,278	20 de julio de 2019
767660	3,44	Avenida 13 de Mayo	145,603	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,054	- 385,278	- 374,968	- 385,288	20 de julio de 2019
767661	2,47	Avenida 13 de Mayo	733,391	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,051	- 385,281	- 375,095	- 385,276	20 de julio de 2019
767662	7,49	Avenida 13 de Mayo	395,069	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 375,028	- 385,283	- 375,051	- 385,281	20 de julio de 2019
767663	4,41	Avenida 13 de Mayo	770,111	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 374,983	- 385,289	- 375,028	- 385,283	20 de julio de 2019
767664	5,98	Avenida 13 de Mayo	826,876	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 374,934	- 385,294	- 374,983	- 385,289	20 de julio de 2019
767665	2,39	Avenida 13 de Mayo	839,045	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 374,968	- 385,288	- 374,918	- 385,293	20 de julio de 2019
767666	5,03	Avenida 13 de Mayo	83,244	fuerza	Avenida 13 de Mayo	- 374,918	- 385,293	- 37,487	- 385,299	20 de julio de 2019

Nota. En la imagen se muestra los datos obtenidos de la página principal del aplicativo.

Fuente: Adaptado de Gondim (2019).

Descripción General de la prueba TotalPave

- a) **Monte el teléfono:** asegúrese de que el teléfono esté montado de forma muy segura en el parabrisas del vehículo, como se aprecia en la figura 13.

Figura 13

Soporte para el teléfono en posición nivelada



Nota. En la figura podemos observar el apoyo y colocación en el parabrisas del vehículo en forma segura y directa.

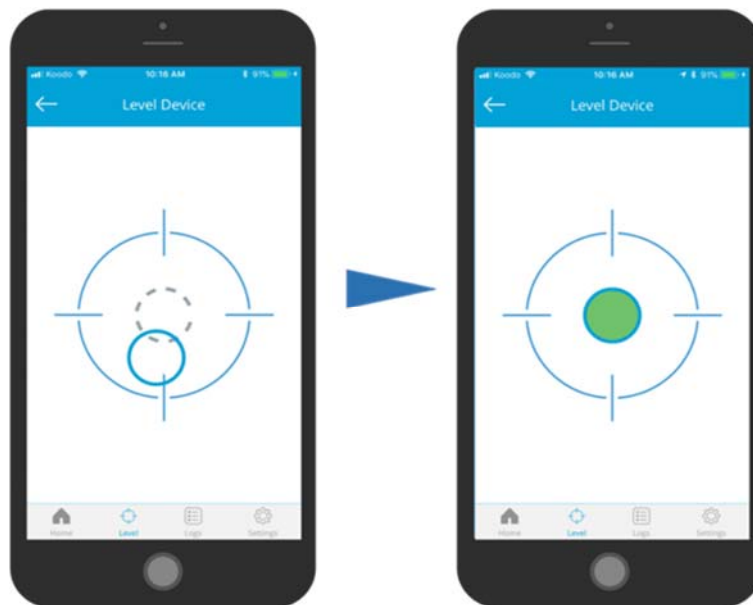
El montaje adecuado es fundamental. Si el soporte utilizado no puede sujetar el dispositivo de forma segura, los resultados podrían verse afectados.

b) Nivelado del dispositivo verticalmente: Use la herramienta "Nivel" para asegurarse de que el dispositivo esté montado verticalmente y realice ajustes finos. La nivelación del dispositivo mediante la aplicación se realizará de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Ingrese con su cuenta al aplicativo TotalPave
- En la interfaz del aplicativo, Haga clic en "Nivel"
- Realice ajustes del teléfono según requiera la burbuja para posicionarse en el centro y el marque color verde, como se visualiza en la figura 14.
- Una vez completada la nivelación, se podrá iniciar con la recopilación de datos presionando en "inicio".

Figura 14

Dispositivo de nivel



Nota. En la figura se muestra la nivelación del teléfono inteligente empleando el nivel del aplicativo TotalPave.

c) Secciones de accionamiento: La primera vez que conduzca un segmento, se mapeará una línea en su portal web de TotalPave según el lugar al que haya conducido. La línea se segmentará en un intervalo de su elección determinado en el

momento de la configuración de la cuenta (predeterminado 100m). Las ejecuciones posteriores en el mismo segmento asignarán los datos IRI a los segmentos existentes, un claro ejemplo de ellos se visualiza en la figura 15.

Figura 15

Recopilación de datos IRI



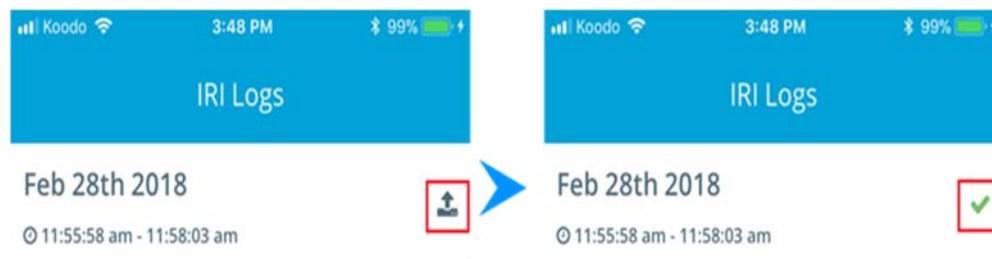
Nota. En la figura se muestra, el mapa de ubicación mostrando el portal Web TotalPave indicando los niveles y resultados de cada tramo.

Tenga en cuenta que la primera vez que recopila datos en un proyecto, la línea puede demorar entre 24 y 48 horas en aparecer en la cuenta. Las ejecuciones posteriores en los segmentos existentes aparecerán en la cuenta en unos minutos.

d) Cargar registros: después de la carga, el sistema calcula los valores de IRI y los pone a disposición en el portal web de su organización, dicho procedimiento se visualiza en la figura 16.

Figura 16

Registros IRI



Nota. En la imagen se muestra, que el registro se cargó correctamente, mostrando una marca de verificación junto al registro.

En el inicio de sesión por primera vez, el aplicativo le pedirá el acceso a su ubicación GPS, lo cual es necesario para mapear datos IRI.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Rugosidad

Es un parámetro que sirve para determinar la condición funcional de la carpeta superficial del pavimento, el cual se expresa a través del Índice de Rugosidad Superficial (MTC, 2013).

2.3.2. TotalPave

Aplicativo desarrollado para smartphones inteligentes con la finalidad de cuantificar la rugosidad de un pavimento con precisión y de manera económica (Gondim, 2019).

2.3.3. IRI

El Índice de Rugosidad Internacional es un parámetro empleado para evaluar la rugosidad de un pavimento y reflejar el confort y seguridad de los usuarios (Alvarenga E. , 2002).

2.3.4. Transitabilidad

Se define como la posibilidad de que un vehículo sea capaz de transitar de manera ininterrumpida en un trayecto o lugar (MTC, 2018).

2.3.5. Índice de serviciabilidad

Viene a ser la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un momento determinado (Pomasonco de la Cadena, 2010).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de la investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La investigación es tipo aplicada, debido a que se caracteriza en la búsqueda de la ampliación de conocimiento y está relacionado con el diseño de campo ya que la manipulación de variables es nula (Hernández, et al., 2014).

4.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo – exploratorio, debido a que involucra la observación y descripción de eventos con el propósito de generar nuevos conocimientos; exploratorio, debido a que busca realizar la investigación en un ámbito poco explorado marcando pautas para las próximas investigaciones (Hernández, et al., 2014).

3.2. Población y/o muestra de estudio

4.1.3. Población

En la presente investigación, la población en estudio comprende la carpeta asfáltica de todas las avenida y calles del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. vías como la Av. Von Humboldt que interconectan con la ciudad de Tacna. Las cuales resulta necesario conocer el estado del pavimento.

4.1.4. Muestra

La muestra de estudio es el pavimento flexible de la avenida Von Humboldt cuya geometría es de dos calzadas de 7.20 m. carriles de 3.60 m. de ancho Tramo. Av. Tarapacá – Av. Municipal, que comprende una longitud de 3.20 km.

3.3. Operacionalización de las variables

4.1.5. Variable independiente

X1= **Uso del aplicativo TotalPave**

- **Definición conceptual.**

El aplicativo fue desarrollado para teléfonos inteligentes, y mediante el uso de herramientas preinstaladas en el dispositivo posee la capacidad hacer mediciones precisas y económicas acerca de la rugosidad de un pavimento.

- **Definición operacional.**

El aplicativo TotalPave mide la rugosidad cumpliendo los lineamientos de la NTP CE.010.

Indicadores:

- Teléfonos inteligentes
- Aplicativo para teléfonos inteligentes TotalPave.
- Velocidad de evaluación
- Índice IRI TotalPave.
- Mapa de valores IRI

4.1.6. Variable dependiente

Y1 = **Determinación de la rugosidad**

- **Definición conceptual.**

Conjunto de irregularidades que posee una superficie de rodadura del pavimento.

- **Definición operacional.**

0 m/km camino uniforme perfecto y 20 m/km camino imposible de transitar.

Indicadores:

- Rugosidad
- Factores que afectan la rugosidad
- Índice Internacional de rugosidad-IRI
- Escala y características del IRI
- Cálculo del índice de rugosidad

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

En la presente investigación, se empleó el uso de un teléfono inteligente como metodología de investigación, haciendo uso del aplicativo TotalPave, con la finalidad de determinar los valores IRI del pavimento y facilitar el cálculo de la transitabilidad. Posteriormente, se indicará el tratamiento necesario que permita restablecer la transitabilidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal.

4.1.7. Técnicas

La técnica empleada para la recopilación de los valores IRI es el uso del aplicativo TotalPave, utilizando una camioneta Toyota Hilux, tal como se aprecia en la figura 17, por lo cual es un aplicativo que se ha usado en un Smartphone Samsung Galaxy Note 10 que va ser configurada para la utilización de la aplicación móvil, colocado en el parabrisas del auto.

Para un montaje adecuado del Smartphone, se estaciono el vehículo en una superficie nivelada, fijando el soporte en la parte del medio del parabrisas del vehículo, colocando el teléfono móvil en la base del soporte en una posición nivelada y se ajustó la base del soporte para asegurar al teléfono móvil, tal como se visualiza en la figura 18.

Figura 17

Camioneta Toyota Hilux utilizado en la determinación de la rugosidad



Nota. Vehículo empleado para realizar la evaluación de la rugosidad del pavimento de la Av. Von Humboldt.

Figura 18

Montaje del Smartphone en medio del parabrisas



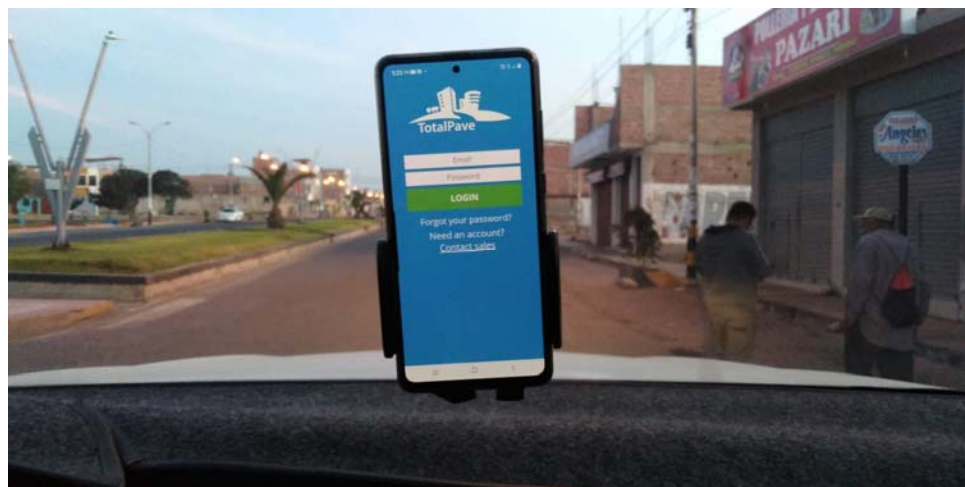
Nota. En la imagen se aprecia el montaje del teléfono inteligente en el parabrisa del vehículo empleado para la recopilación de datos IRI.

En cuanto al aplicativo TotalPave se ha usado la versión más reciente, para lo cual se realizó el registro del usuario y la generación de la cuenta en el sitio Web. Finalmente se realizó la configuración de modelo del vehículo y el teléfono inteligente para la recopilación de datos.

En la figura 19 se observa el interfaz del aplicativo que espera el ingreso del usuario y contraseña, y en la figura 20 se visualiza la pantalla del dispositivo antes de iniciar con la recopilación de datos.

Figura 19

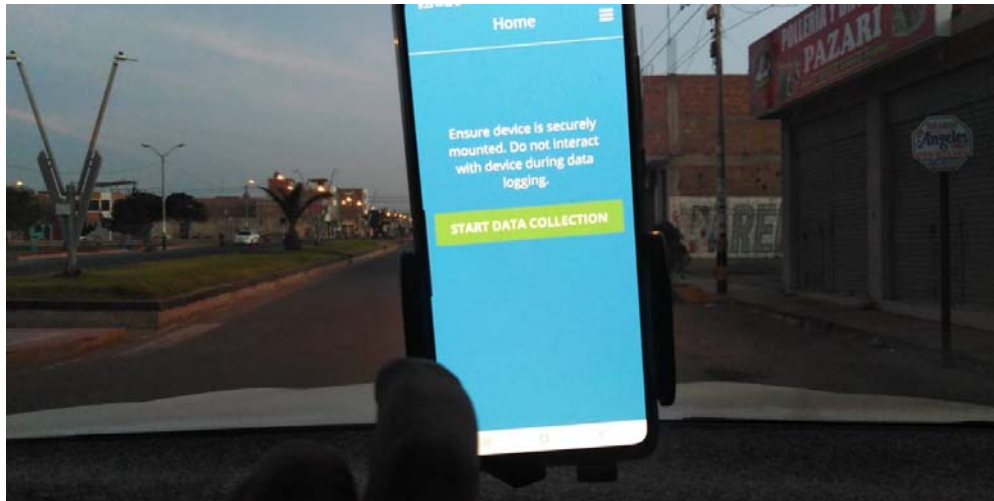
Configuración y registro del aplicativo



Nota. En la imagen se visualiza la interfaz del aplicativo.

Figura 20

Inicio de la recopilación de los datos



Nota. En la imagen se visualiza el interfaz del "iniciar recopilación de datos" para dar inicio a la recopilación de datos.

Para iniciar con la evaluación de datos IRI, se sitúa el vehículo al inicio de la carretera y en el aplicativo se dirige en la página principal, desde la cual se presiona la opción "Iniciar recopilación de datos", como se visualiza en las figuras 21 y 22. Durante la ejecución de la evaluación, el vehículo debe mantener velocidades entre el rango de 40 km/h a 60 km/h de manera constante e ininterrumpida.

Figura 21

Modo lento activado para obtener IRI

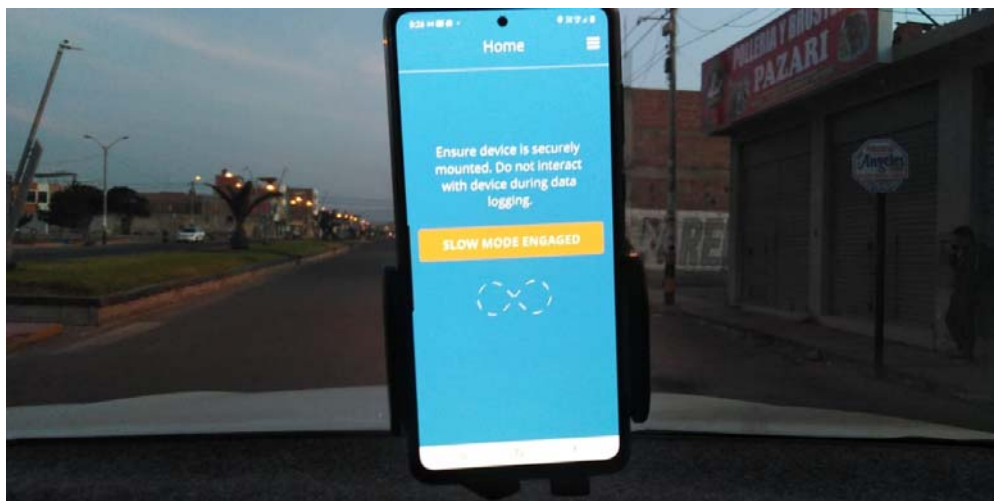
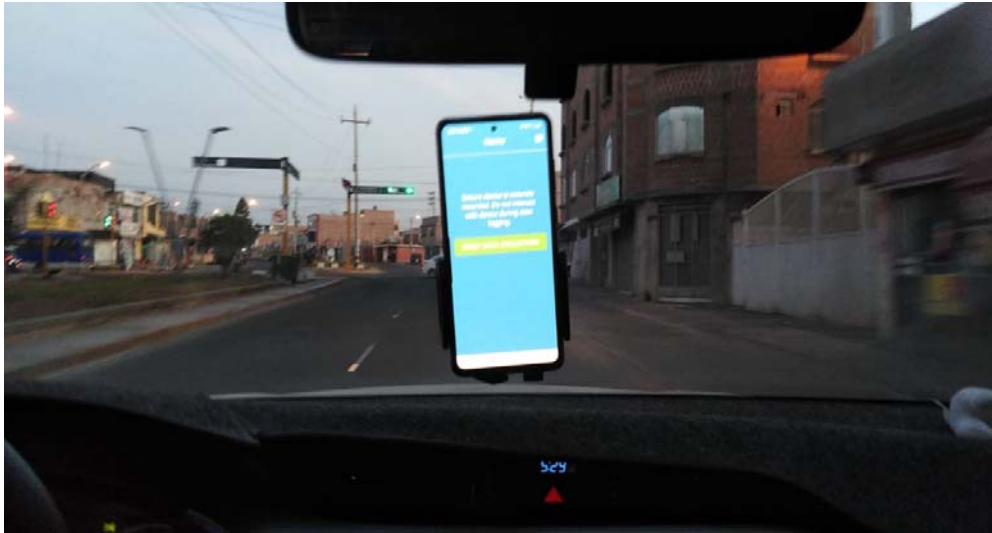


Figura 22

Recopilación de datos IRI en pleno ensayo



4.1.8. Instrumentos

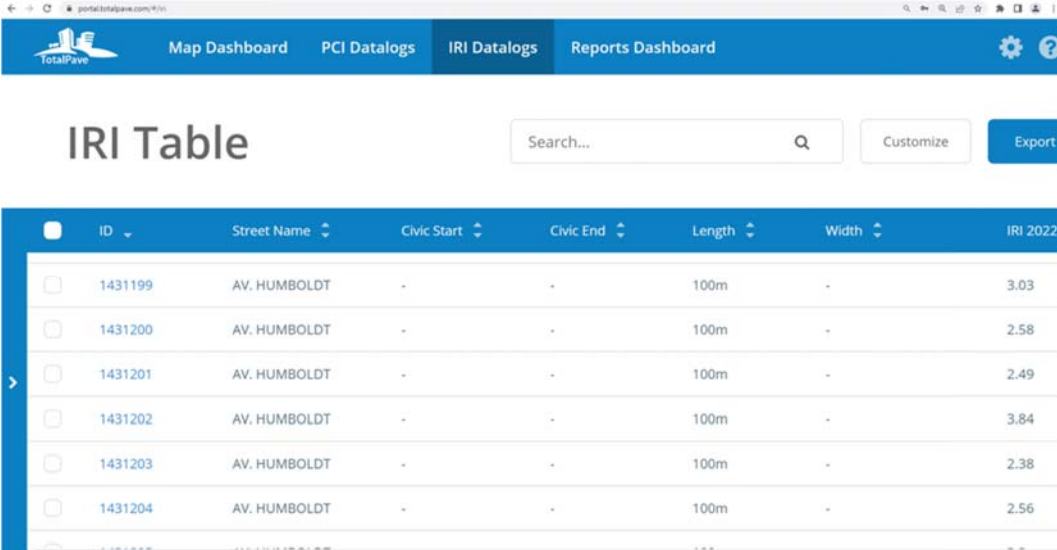
- Smartphone Samsung Galaxy Note 10.
- Soporte para el smartphone.
- Aplicativo TotalPave.
- Camioneta Toyota Hilux.
- Reportes del TotalPave.
- Cámara fotográfica.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos IRI se encuentran en la página web de TotalPave, la información recopilada en campo se almacena en el dispositivo móvil hasta que decida cargarlos a la nube del aplicativo TotalPave mediante una conexión estable vía Wi-Fi o datos móviles. Para proceder a descargar los valores IRI obtenidos, basta con acceder a la cuenta y descargar, como se visualiza en la figura 23.

Figura 23

Datos de la información registrada en el TotalPave disponibles para descargar



The screenshot shows the 'IRI Table' interface in the TotalPave application. The table lists street segments with columns for ID, Street Name, Civic Start, Civic End, Length, Width, and IRI 2022. The data shown is as follows:

ID	Street Name	Civic Start	Civic End	Length	Width	IRI 2022
1431199	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	3.03
1431200	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	2.58
1431201	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	2.49
1431202	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	3.84
1431203	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	2.38
1431204	AV. HUMBOLDT	-	-	100m	-	2.56

Nota. En la imagen se aprecia los registros de las evaluaciones realizadas en campo que están disponibles su descarga

Para determinar los valores IRI de la carpeta asfáltica de la avenida Humboldt utilizando el aplicativo TotalPave, se evaluarán en las dos calzadas, bajada y subida, y en la determinación de los ponderados IRI se procesarán mediante la hoja de cálculo Excel. Además, se determinará el estado de conservación y la funcionalidad vehicular del pavimento flexible empleando los datos del IRI ponderado.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados del valor IRI obtenido del aplicativo TotalPave

La evaluación se realizó en las calzadas izquierda y derecha de la av. Von Humboldt en un tramo de 3.200 m. por cada sentido y manteniendo un rango de velocidad constante de 40 a 60 km/h.

4.1.1. Datos obtenidos del aplicativo TotalPave

La evaluación se efectuó en la Av. Von Humboldt en la calzada derecha (ingreso) y la calzada izquierda (salida), para determinar la rugosidad en unidades IRI del pavimento, se empleó el uso del aplicativo TotalPave cuyos resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Valores IRI obtenido con el aplicativo TotalPave calzada derecho

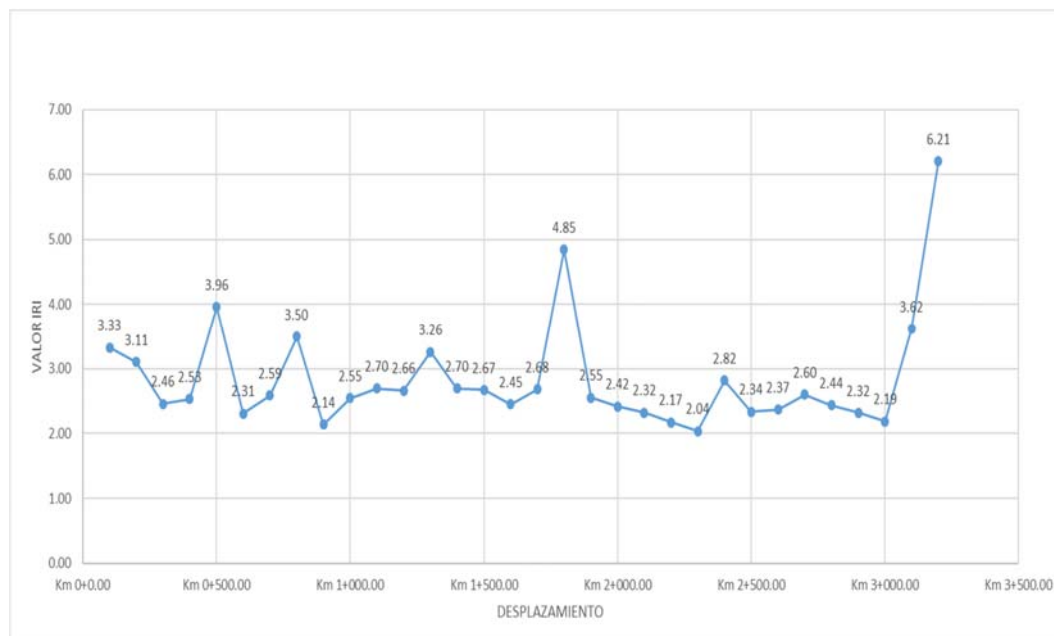
Progresiva Inicio	Progresiva Final	IRI 2022
Km 0+0.00	Km 0+100.00	3,33
Km 0+100.00	Km 0+200.00	3,11
Km 0+200.00	Km 0+300.00	2,46
Km 0+300.00	Km 0+400.00	2,53
Km 0+400.00	Km 0+500.00	3,96
Km 0+500.00	Km 0+600.00	2,31
Km 0+600.00	Km 0+700.00	2,59
Km 0+700.00	Km 0+800.00	3,50
Km 0+800.00	Km 0+900.00	2,14
Km 0+900.00	Km 1+000.00	2,55
Km 1+000.00	Km 1+100.00	2,70
Km 1+100.00	Km 1+200.00	2,66
Km 1+200.00	Km 1+300.00	3,26
Km 1+300.00	Km 1+400.00	2,70
Km 1+400.00	Km 1+500.00	2,67
Km 1+500.00	Km 1+600.00	2,45
Km 1+600.00	Km 1+700.00	2,68
Km 1+700.00	Km 1+800.00	4,85
Km 1+800.00	Km 1+900.00	2,55
Km 1+900.00	Km 2+000.00	2,42
Km 2+000.00	Km 2+100.00	2,32

Progresiva Inicio	Progresiva Final	IRI 2022
Km 2+100.00	Km 2+200.00	2,17
Km 2+200.00	Km 2+300.00	2,04
Km 2+300.00	Km 2+400.00	2,82
Km 2+400.00	Km 2+500.00	2,34
Km 2+500.00	Km 2+600.00	2,37
Km 2+600.00	Km 2+700.00	2,60
Km 2+700.00	Km 2+800.00	2,44
Km 2+800.00	Km 2+900.00	2,32
Km 2+900.00	Km 3+000.00	2,19
Km 3+000.00	Km 3+100.00	3,62
Km 3+100.00	Km 3+200.00	6,21

Nota. Representación de los valores IRI determinados en la evaluación utilizando el aplicativo TotalPave en la calzada derecho. Fuente: Anexo N° 02 del Reporte del aplicativo TotalPave – Calzada Derecha.

Figura 24

Correlación de los valores IRI cada 100 m; de la calzada derecha



Nota. En la figura se puede ver en el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación de la calzada derecha.

Figura 25

Desplazamiento por la calzada derecho utilizando aplicativo TotalPave



Nota. En la figura se puede ver el desplazamiento por la Av. Von Humboldt considerando colores de acuerdo al valor IRI.

Tabla 7

Valores IRI obtenido con el aplicativo TotalPave calzada izquierda

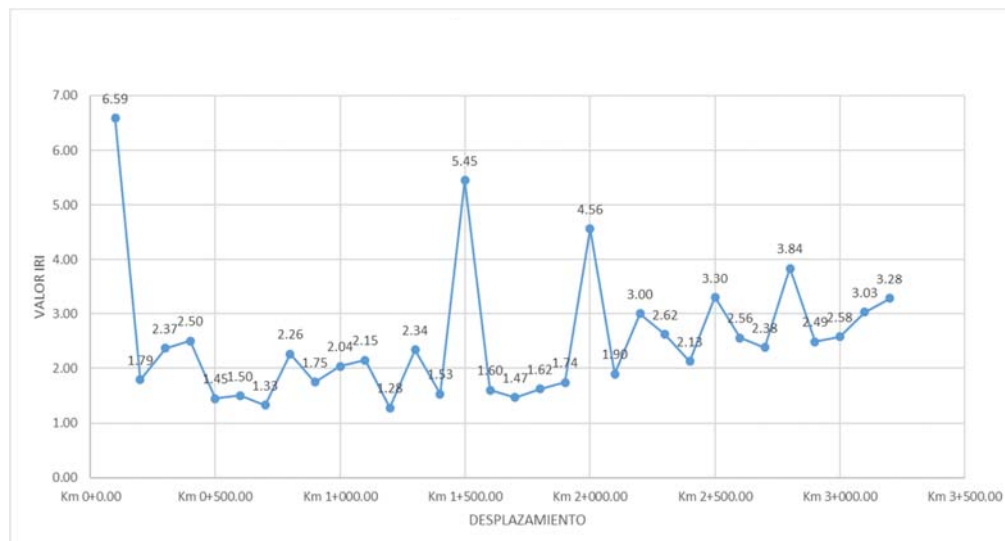
Progresiva Inicio	Progresiva Final	IRI 2022
Km 0+0.00	Km 0+100.00	6,59
Km 0+100.00	Km 0+200.00	1,79
Km 0+200.00	Km 0+300.00	2,37
Km 0+300.00	Km 0+400.00	2,50
Km 0+400.00	Km 0+500.00	1,45
Km 0+500.00	Km 0+600.00	1,50
Km 0+600.00	Km 0+700.00	1,33
Km 0+700.00	Km 0+800.00	2,26
Km 0+800.00	Km 0+900.00	1,75
Km 0+900.00	Km 1+000.00	2,04
Km 1+000.00	Km 1+100.00	2,15
Km 1+100.00	Km 1+200.00	1,28
Km 1+200.00	Km 1+300.00	2,34

Progresiva Inicio	Progresiva Final	IRI 2022
Km 1+300.00	Km 1+400.00	1,53
Km 1+400.00	Km 1+500.00	5,45
Km 1+500.00	Km 1+600.00	1,60
Km 1+600.00	Km 1+700.00	1,47
Km 1+700.00	Km 1+800.00	1,62
Km 1+800.00	Km 1+900.00	1,74
Km 1+900.00	Km 2+000.00	4,56
Km 2+000.00	Km 2+100.00	1,90
Km 2+100.00	Km 2+200.00	3,00
Km 2+200.00	Km 2+300.00	2,62
Km 2+300.00	Km 2+400.00	2,13
Km 2+400.00	Km 2+500.00	3,30
Km 2+500.00	Km 2+600.00	2,56
Km 2+600.00	Km 2+700.00	2,38
Km 2+700.00	Km 2+800.00	3,84
Km 2+800.00	Km 2+900.00	2,49
Km 2+900.00	Km 3+000.00	2,58
Km 3+000.00	Km 3+100.00	3,03
Km 3+100.00	Km 3+200.00	3,28

Nota. Representación de los valores IRI determinados en la evaluación utilizando el aplicativo TotalPave en la calzada izquierda. Fuente: Anexo N° 03 del Reporte del aplicativo TotalPave – Calzada Izquierda.

Figura 26

Correlación de los valores IRI cada 100 m; de la calzada izquierda



Nota. En la figura se puede ver en el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación de la calzada derecha.

Figura 27

Desplazamiento por la calzada izquierda utilizando aplicativo TotalPave



Nota. En la figura se puede ver el desplazamiento por la Av. Von Humboldt considerando colores de acuerdo al valor IRI.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Análisis del valor IRI obtenidos con el aplicativo TotalPave

En la evaluación del tramo de la Av. Von Humboldt, se utilizó un teléfono modelo Samsung Galaxy Note 10, con la cual se obtuvo datos del IRI promedio en la calzada derecha IRI = 2,84 m/km y en la calzada izquierda IRI = 2,51 m/km, en consecuencia, el valor de IRI promedio fue igual a 2,68 m/km, como se ve reflejado en la tabla 8.

Tabla 8

Resultado del valor IRI

	IRI	
Calzada Derecha av. Von Humboldt	2,84	2,68 m/km
Calzada Izquierda av. Von Humboldt	2,51	

Nota: la tabla refleja los resultados de los valores de IRI promedio por calzada evaluada en la av. Von Humboldt.

El valor IRI promedio determinado en la Av. Von Humboldt es igual a 2,68 m/km, valores promedios tomados de los valores IRI determinados en la calzada derecho y calzada izquierda, cuyo resultado califica el estado del pavimento como **Regular**, considerando para la calificación lo indicado por Alvarenga (2002)

Tabla 9

Calificación del estado del pavimento

País	Estado del Pavimento		
	Bueno	Regular	Malo
EE.UU.	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7
Chile	0 – 3,0	3,0 – 4,0	> 4,0
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
Uruguay	< 3,9	4,0 – 4,6	> 4,6
Perú	< 2,5	2,5 – 4,5	> 4,5

Fuente: Adaptado de Alvarenga (2002).

5.2. Determinación de la transitabilidad en función del valor IRI

Una vez calculado el valor IRI promedio, se procede a determinar la transitabilidad mediante el uso de las fórmulas de Williams Paterson, con la cual se calculó un valor de 3,07, y mediante el uso de la tabla 10 y 11 se califica el pavimento como **Transitabilidad Buena**.

Tabla 10

Determinación de la transitabilidad en función del valor IRI

IRI	2,68 m/km
PSI	3,07
Clasificación del PSI	TRANSITABILIDAD BUENA

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11

Calificación de la transitabilidad

PSI	Transitabilidad
0 - 1	Muy Mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy Buena

Nota. Adaptado de Sachún (2016).

Los resultados permitieron establecer que el uso del aplicativo mediante teléfonos inteligentes contribuye a determinar el estado del pavimento y la calificación de la transitabilidad en la av. Von Humboldt, en la cual el aplicativo TotalPave permitió determinar un valor de IRI promedio de 2.68 m/km y un psi igual 3,07, donde se calificó la condición del pavimento como REGULAR y la transitabilidad como BUENO, finalmente con los valores determinado afirmamos que existe la necesidad de un mantenimiento rutinario a nivel de la carpeta asfáltica.

Dichos resultados concuerdan con lo logrado por Tamrakar et al. (2021), quien concluye que el aplicativo TotalPave se ha utilizado en la determinación de los valores IRI en la zona oeste de la Carretera en Arizona. El valor del IRI del pavimento será evaluado y comparado con el Estándar IRI especificado para la carretera, el sistema TotalPave, utiliza los teléfonos inteligentes para medir la rugosidad del pavimento,

utilizando los acelerómetros del teléfono registrando de acuerdo al movimiento del vehículo los datos de la rugosidad (IRI).

Los resultados obtenidos por Cameron (2012), son de gran similitud, debido a que concluye que la correlación entre los resultados del teléfono inteligente y los recopilados mediante el perfilador inercial era del 88,9% para incrementos de 100 m a lo largo de la sección. Los escenarios arrojaron valores de IRI promedio que oscilan entre 0,8% y 85% diferentes a los IRI promedio de 2,60 m / km recolectado usando el perfilador inercial, aunque el teléfono inteligente tenía un coeficiente de variación más alto que oscilaba entre 2,05 y 9,11 en comparación al 1,12 del perfilador inercial.

Existe resultados relacionados con los datos obtenidos por Ramirez (2017), donde empleando el aplicativo tuvo como resultado valores de IRI de 1,2 m/km y 1,3 m/km por cada calzada y empleando el perfilómetro láser tuvo resultados de IRI igual a 1,11 m/km y 1,16 m/km por cada calzada de la vía. Además, se corrobora que, si el vehículo empleado para realizar la prueba viaja a velocidades en rangos de 75 a 90 km/h, el IRI calculado y estimado son correlacionaros.

Existe resultados relacionados con los datos obtenidos por Laura (2016), que llega a la conclusión de que los datos recopilados con el aplicativo ROADROID presentan un 89% de similitud en comparación con los resultados del Rugosímetro de MERLIN. En consecuencia, se puede aseverar que la determinación de la rugosidad superficial de un pavimento empleando el aplicativo ROADROID genera datos de forma eficiente. Además, el uso del aplicativo disminuye el tiempo de evaluación en tramos largos lo cual genera un ahorro en el uso de recursos y personal calificado con comparación al rugosímetro de MERLIN.

CONCLUSIONES

Se ha determinado la evaluación de la rugosidad en el pavimento asfáltico de la avenida Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal utilizando el aplicativo TotalPave obteniendo valores IRI en la calzada derecho y calzada izquierda los cuales ayudan a la evaluación funcional del pavimento resultando como REGULAR y a la transitabilidad en función del valor IRI, resultando como BUENA.

Se calculó la rugosidad del pavimento asfáltico de la Av. Von Humboldt, utilizando el aplicativo TotalPave en un teléfono modelo Samsung Galaxy Note 10 en velocidades entre 40 km/h a 60 km/h, resultando valores IRI promedio en la calzada derecho igual a 2,84 m/km y en la calzada izquierda igual a 2,51 m/km, para la calificación del estado funcional del pavimento se determina el valor promedio del IRI obtenido con el aplicativo TotalPave resultando el IRI igual a 2,68 m/km, calificándolo como REGULAR el estado del pavimento.

Se determinó la funcionalidad de la Av. Von Humboldt tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, considerando el valor IRI promedio determinado por el aplicativo TotalPave, luego de la evaluación de todos los resultados se obtiene la calificación de la transitabilidad, tomando el valor determinado del PSI en base al IRI promedio 2,68 m/km, utilizando la fórmula de William Paterson, obtenemos un PSI promedio igual a 3,07, calificando la transitabilidad como BUENA.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones al Gobierno Regional, a los Gobiernos Locales, provinciales y distritales de Tacna, utilizar el aplicativo TotalPave de procedencia canadiense, metodología de bajo costo y un alto rendimiento, donde para determinar la evaluación funcional del pavimento flexible y la transitabilidad en las calles y avenidas, no se requiere personal calificado para obtener los valores IRI determinados cada 100 m.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa usar los valores IRI determinados con el aplicativo TotalPave en la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, los valores determinados del IRI promedio ayudaran a programar planes de mantenimiento rutinario con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento asfaltico de la vía investigada.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa considerar la calificación funcional del pavimento y la transitabilidad para programar un plan de mantenimiento de parchado y resane de baches y fisuras presentes en la vía investigada con la finalidad de prolongar la vida útil del pavimento y mejorar el nivel de servicio para el usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allaire, F. y Hanson, T. (2017). *Potential of road roughness data from smartphones as an input to spring weight restriction decision-making*. Canadá: The Innovations in Pavement Management, Engineering and Technologies Group.
- Almenara, C. (2015). *Aplicación de telefonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alvarenga. (2002). *Determinacion del Indice de Regularidad Internacional IRI*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alvarenga, E. (2002). *Indices de medición de la regularidad de un pavimento*. Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano.
- ASTM, E.-0. (2012). *Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems*.
- Camacho P, S. (2018). *Evaluacion y analisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosimetro de MERLIN*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velásquez.
- Cameron, C. (2012). *Innovative means of collecting international roughness index using smartphone technology*. Canadá: University of New Brunswick.
- Caro, F. y Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI) en vias urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Inteknia*, 57-72.
- Gondim, V. (2019). *Influencia de la calidad del recubrimiento asfalto en la emisión de contaminantes de un vehículo ligero en Fortaleza-CE*. Fortaleza - Brasil: Universidad Federal de Ceará.
- Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021). *Aplicacion del Smartphone y el rugosimetro de MERLIN para la medicion de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- GSMA. (2021). *Estado de la conectividad de internet móvil*. GSMA Asia Pacific: GSMA Association.

- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta edición*. México: McGRAW-HILL-Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Laura, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Lloclla, A. y Sánchez, K. (2019). *Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Montoya, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Lima: Universidad de Piura.
- Perera, R. y Kohn, S. (2002). Issues in pavement smoothness. *NCHRP Web Document*, 42.
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ramirez, B. (2017). *Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sayers, M. y Karamihis, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Staniek, M. (2021). Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdssourcing in smart cities. *Journal of traffic and transportation engineering*, 8(4) 554-567.

- Tamrakar, P. Wayne, M. Fountain, G. Schlessing, A. y Cameron. (2021). Rapid Pavement Roughness Measurement of Geogrid Stabilized Roads. *4th-ICTG*, , 270.
- Tamrakar, P. Wayne, M. y Broadhead, K. (2019). Use of an Innovative Technology for Measuring Surface Roughness of Pavements. *GEO St. Jhon's*, s/p.
- Telefónica. (2019). Teléfonos inteligentes. ahriendo las puertas al mundo digital. *Fundación telefónica*, 1-23. Obtenido de https://www.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2019/12/PROFESIONES_DIGITALES_5.pdf: <https://www.fundaciontelefonica.com/>
- TotalPave. (2014). *TotalPave - continuous road condition monitoring with smartphones. A multi-disciplinary approach to improve capacity & safety for road transport in Africa*. South Africa: Pretoria.
- Zeballos, G.; Vizcarra, C. . (2020). *Aplicacion de telefonos inteligentes y el rugosimetro de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro - Emp. PE-40, Tacna - 2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera el uso del aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes permite determinar la rugosidad en la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo Totalpave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022?</p> <p>b) ¿De qué manera el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes determina la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá–Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2022?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la rugosidad utilizando el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2022.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Calcular el valor de la rugosidad con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022.</p> <p>b) Determinar la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2022 mediante los valores obtenidos con el aplicativo TotalPave.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La determinación de la rugosidad utilizando el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022, influyen negativamente.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) El cálculo del valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo TotalPave en teléfonos inteligentes de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022, es deficiente.</p> <p>b) La determinación de la funcionalidad de la Av. Von Humboldt, tramo: Av. Tarapacá – Av. Municipal, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2022 mediante los valores obtenidos con el aplicativo TotalPave, permite de manera óptima calificar el estado del pavimento.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1= Uso del aplicativo TotalPave.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teléfonos inteligentes • Aplicativo para teléfonos inteligentes TotalPave. • Velocidad de evaluación • Índice IRI TotalPave. • Mapa de valores IRI 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada con enfoque cuantitativo <p>Diseño de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva - exploratoria <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carpeta asfáltica de las Calles y avenidas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carpeta asfáltica de la avenida Von Humboldt, tramo Av. Tarapacá – Av. Municipal. <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación. - Metodología del aplicativo en Smartphone TotalPave <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Smartphone Samsung Note 10. - Soporte para el smartphone - Metodología TotalPave - Vehículo el ensayo - Reportes del TotalPave
			<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1 = Determinación de la rugosidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rugosidad • Factores que afectan la rugosidad • Índice Internacional de rugosidad-IRI • Escala y características del IRI • Cálculo del índice de rugosidad 	

ANEXO 2

Reporte del aplicativo TotalPave – Calzada Derecha

FECHA DE EVALUACIÓN	ZONA DE EVALUACION	LONGITUD	PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FINAL	TIPO DE SUPERFICIE	LATITUD INICIAL	LATITUD FINAL	IRI 2022
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+0.00	Km 0+100.00	ASFALTADO	-18.0546	-18.0537	3,33
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+100.00	Km 0+200.00	ASFALTADO	-18.0537	-18.0528	3,11
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+200.00	Km 0+300.00	ASFALTADO	-18.0528	-18.0519	2,46
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+300.00	Km 0+400.00	ASFALTADO	-18.0519	-18.051	2,53
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+400.00	Km 0+500.00	ASFALTADO	-18.051	-18.0501	3,96
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+500.00	Km 0+600.00	ASFALTADO	-18.0501	-18.0492	2,31
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+600.00	Km 0+700.00	ASFALTADO	-18.0492	-18.0483	2,59
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+700.00	Km 0+800.00	ASFALTADO	-18.0483	-18.0473	3,50
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+800.00	Km 0+900.00	ASFALTADO	-18.0473	-18.0464	2,14
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+900.00	Km 1+000.00	ASFALTADO	-18.0464	-18.0455	2,55
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+000.00	Km 1+100.00	ASFALTADO	-18.0455	-18.0446	2,70
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+100.00	Km 1+200.00	ASFALTADO	-18.0446	-18.0438	2,66
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+200.00	Km 1+300.00	ASFALTADO	-18.0438	-18.043	3,26
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+300.00	Km 1+400.00	ASFALTADO	-18.043	-18.0421	2,70
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+400.00	Km 1+500.00	ASFALTADO	-18.0421	-18.0413	2,67
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+500.00	Km 1+600.00	ASFALTADO	-18.0413	-18.0405	2,45
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+600.00	Km 1+700.00	ASFALTADO	-18.0405	-18.0396	2,68
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+700.00	Km 1+800.00	ASFALTADO	-18.0396	-18.0387	4,85
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+800.00	Km 1+900.00	ASFALTADO	-18.0387	-18.0378	2,55
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+900.00	Km 2+000.00	ASFALTADO	-18.0378	-18.0369	2,42
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+000.00	Km 2+100.00	ASFALTADO	-18.0369	-18.036	2,32
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+100.00	Km 2+200.00	ASFALTADO	-18.036	-18.0351	2,17
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+200.00	Km 2+300.00	ASFALTADO	-18.0351	-18.0342	2,04
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+300.00	Km 2+400.00	ASFALTADO	-18.0342	-18.0333	2,82
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+400.00	Km 2+500.00	ASFALTADO	-18.0333	-18.0324	2,34
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+500.00	Km 2+600.00	ASFALTADO	-18.0324	-18.0315	2,37
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+600.00	Km 2+700.00	ASFALTADO	-18.0315	-18.0306	2,60
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+700.00	Km 2+800.00	ASFALTADO	-18.0306	-18.0297	2,44
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+800.00	Km 2+900.00	ASFALTADO	-18.0297	-18.0288	2,32
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+900.00	Km 3+000.00	ASFALTADO	-18.0288	-18.0279	2,19
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 3+000.00	Km 3+100.00	ASFALTADO	-18.0279	-18.0271	3,62
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 3+100.00	Km 3+200.00	ASFALTADO	-18.0271	-18.0263	6,21

ANEXO 3*Reporte del aplicativo TotalPave – Calzada Izquierda*

FECHA DE EVALUACIÓN	ZONA DE EVALUACION	LONGITUD	PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FINAL	TIPO DE SUPERFICIE	LATITUD INICIAL	LATITUD FINAL	IRI 2022
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+0.00	Km 0+100.00	ASFALTADO	-18.0263	-18.0271	6,59
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+100.00	Km 0+200.00	ASFALTADO	-18.0271	-18.0279	1,79
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+200.00	Km 0+300.00	ASFALTADO	-18.0279	-18.0288	2,37
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+300.00	Km 0+400.00	ASFALTADO	-18.0288	-18.0297	2,50
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+400.00	Km 0+500.00	ASFALTADO	-18.0297	-18.0306	1,45
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+500.00	Km 0+600.00	ASFALTADO	-18.0306	-18.0315	1,50
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+600.00	Km 0+700.00	ASFALTADO	-18.0315	-18.0324	1,33
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+700.00	Km 0+800.00	ASFALTADO	-18.0324	-18.0333	2,26
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+800.00	Km 0+900.00	ASFALTADO	-18.0333	-18.0342	1,75
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 0+900.00	Km 1+000.00	ASFALTADO	-18.0342	-18.0351	2,04
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+000.00	Km 1+100.00	ASFALTADO	-18.0351	-18.036	2,15
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+100.00	Km 1+200.00	ASFALTADO	-18.036	-18.0369	1,28
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+200.00	Km 1+300.00	ASFALTADO	-18.0369	-18.0378	2,34
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+300.00	Km 1+400.00	ASFALTADO	-18.0378	-18.0387	1,53
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+400.00	Km 1+500.00	ASFALTADO	-18.0387	-18.0396	5,45
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+500.00	Km 1+600.00	ASFALTADO	-18.0396	-18.0405	1,60
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+600.00	Km 1+700.00	ASFALTADO	-18.0405	-18.0413	1,47
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+700.00	Km 1+800.00	ASFALTADO	-18.0413	-18.0421	1,62
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+800.00	Km 1+900.00	ASFALTADO	-18.0421	-18.043	1,74
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 1+900.00	Km 2+000.00	ASFALTADO	-18.043	-18.0438	4,56
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+000.00	Km 2+100.00	ASFALTADO	-18.0438	-18.0446	1,90
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+100.00	Km 2+200.00	ASFALTADO	-18.0446	-18.0455	3,00
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+200.00	Km 2+300.00	ASFALTADO	-18.0455	-18.0464	2,62
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+300.00	Km 2+400.00	ASFALTADO	-18.0464	-18.0473	2,13
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+400.00	Km 2+500.00	ASFALTADO	-18.0473	-18.0483	3,30
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+500.00	Km 2+600.00	ASFALTADO	-18.0483	-18.0492	2,56
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+600.00	Km 2+700.00	ASFALTADO	-18.0492	-18.0501	2,38
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+700.00	Km 2+800.00	ASFALTADO	-18.0501	-18.051	3,84
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+800.00	Km 2+900.00	ASFALTADO	-18.051	-18.0519	2,49
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 2+900.00	Km 3+000.00	ASFALTADO	-18.0519	-18.0528	2,58
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 3+000.00	Km 3+100.00	ASFALTADO	-18.0528	-18.0537	3,03
3/04/2022	AV. HUMBOLDT	100 m.	Km 3+100.00	Km 3+200.00	ASFALTADO	-18.0537	-18.0546	3,28