

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y
TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA
AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-
2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ROY AXEL TICONA CHOQUE

Bach. CARMEN RUTH CHURA CONDORI

TACNA – PERÚ

2022

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

TESIS

**“RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y
TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA
AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-
2022”**

**Tesis sustentada y aprobada el 04 de junio del 2022; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

SECRETARIO: Mag. YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

VOCAL : Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR : Mtra. ELVIRA ALVARADO AMONES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Roy Axel Ticona Choque, identificado con DNI N° 47728830 y Carmen Ruth Chura Condori, identificada con DNI 71321493 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:

1. Somos autores de la tesis titulada: "*Rugosidad Del Pavimento Flexible, Y Transitabilidad Vehicular en un Tramo de la Avenida Los Angeles, Distrito de Pocollay, Tacna-2022*" la misma que presentamos para optar: *título profesional de ingeniero civil*.
2. 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.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. 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, sometiéndose a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de junio del 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roy Axel Ticona Choque', written over a horizontal line.

Bach. Roy Axel Ticona Choque

DNI. 47728830

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carmen Ruth Chura Condori', written over a horizontal line.

Bach. Carmen Ruth Chura Condori

DNI. 71321493

DEDICATORIA

A Dios: por permitirme lograr mi objetivo.

A mi Madre: Mauricia Choque Cárdenas, por creer en mí y brindarme el apoyo necesario.

A mi Familia en General: Por su apoyo durante los años de estudio.

Bach. Roy Axel Ticona Choque

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mis padres Mario Chura y Carmen Condori quienes me han apoyado para llegar a esta instancia de mis estudios, ya que siempre han estado presentes con sus consejos y enseñanzas, velaron por mi bienestar y me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.

A mis tíos que estuvieron en momentos difíciles y me ayudaron a salir adelante.

Bach. Carmen Ruth Chura Condori

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos lograr nuestro objetivo.

A nuestra asesora de tesis Ing. Elvira Alvarado Amones, por su consejo para la elaboración de la presente tesis.

A nuestra casa superior de estudios la Universidad Privada de Tacna, que nos acogió en sus aulas para nuestra formación profesional.

A los docentes, por impartir sus conocimientos y experiencias durante el periodo de formación, gracias a los cuales ha sido posible realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
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 ambiental.....	7
1.3.2 Justificación social	7
1.3.3 Justificación económica	7
1.3.4 Justificación científica	8
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Hipótesis	9
1.5.1 Hipótesis general	9
1.5.2 Hipótesis específicas	9

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Antecedentes de estudio.....	10
2.1.1 A Nivel Internacional.....	10
2.1.2 A Nivel Nacional.....	12
2.1.3 A Nivel Local.....	13
2.2 Bases Teóricas	14
2.2.1 Rugosidad.....	14
2.2.2 Causas posibles de la rugosidad.....	15
2.2.3 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos.....	15
2.2.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	15
2.2.5 Escalas y características del (IRI).....	16
2.2.6 Índice de serviciabilidad.....	17
2.2.7 Transitabilidad.....	18
2.2.8 Cálculo de serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI	18
2.2.9 Rugosímetro de MERLIN.....	19
2.2.10 Modo de uso	20
2.2.11 Cálculo de la rugosidad	23
2.2.12 Factor de corrección	24
2.2.13 Cálculo del Rango D corregido.....	24
2.2.14 Aplicación de teléfono inteligente abakal.....	25
2.2.15 Velocidad de ensayo	26
2.2.16 Ubicación del teléfono inteligente.....	26
2.2.17 Tipos de cálculo.....	27
2.2.18 Generación de informe	28
2.3 Definición de Términos	28
2.3.1 Rugosidad.....	28
2.3.2 Rugosímetro de Merlín	29
2.3.3 Transitabilidad.....	29

2.3.4	Serviciabilidad.....	29
2.3.5	Evaluación funcional.....	29
2.3.6	Evaluación estructural.....	30
2.3.7	Abakal.....	30
2.3.8	IRI.....	30
2.3.9	Pavimento flexible.....	31
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		32
3.1	Tipo y Diseño de la Investigación	32
3.1.1	Tipo de estudio	32
3.1.2	Diseño de investigación	32
3.1.3	Nivel de la Investigación	32
3.2	Población y/o muestra de estudio.....	33
3.2.1	Población	33
3.2.2	Muestra.....	33
3.3	Operacionalización de variables	34
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	35
3.4.1	Técnicas.....	35
3.4.2	Instrumentos	35
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	36
3.5.1	Rugosímetro de Merlín	36
3.5.2	Aplicativo abakal.....	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		43
4.1	Cálculo de la Rugosidad utilizando el Rugosímetro de merlín.....	43
4.1.1	Muestra 01 calzada derecha.....	43
4.1.2	Muestra 02 calzada derecha.....	44
4.1.3	Muestra 03 calzada derecha.....	45
4.1.4	Muestra 04 calzada derecha.....	46
4.1.5	Muestra 05 calzada derecha.....	47

4.1.6	Muestra 06 calzada derecha.....	48
4.1.7	Muestra 01 calzada izquierda.....	49
4.1.8	Muestra 02 calzada izquierda.....	50
4.1.9	Muestra 03 calzada izquierda.....	51
4.1.10	Muestra 04 calzada izquierda.....	52
4.1.11	Muestra 05 calzada izquierda.....	53
4.1.12	Muestra 06 calzada izquierda.....	54
4.2	Reporte del aplicativo abakal IRI calzada derecha.....	55
4.3	Reporte del aplicativo abakal IRI carril izquierdo.....	57
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		60
5.1	Análisis de resultados del rugosímetro de merlín.....	60
5.1.1	Clasificación del estado del pavimento.....	61
5.1.2	Análisis de la transitabilidad usando el rugosímetro de Merlín.....	65
5.2	Análisis de resultados del aplicativo abakal IRI.....	66
5.2.1	Análisis de la transitabilidad el aplicativo abakal IRI.....	68
5.3	Similitud de resultados del rugosímetro de merlín y abakal IRI.....	68
CONCLUSIONES.....		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
ANEXOS.....		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad.....	17
Tabla 2. La calificación de la transitabilidad de una vía.	18
Tabla 3. Operacionalización de Variables	34
Tabla 4. Muestra 01 0+000 – 0+400.....	43
Tabla 5. Muestra 02 0+400 – 0+800.....	44
Tabla 6. Muestra03 0+800 – 1+200.....	45
Tabla 7. Muestra 04 1+200 – 1+600.....	46
Tabla 8. Muestra 05 1+600 – 2+000.....	47
Tabla 9. Muestra 06 2+000 – 2+400.....	48
Tabla 10. Muestra 01 0+000 – 0+400.....	49
Tabla 11. Muestra 02 0+400 – 0+800.....	50
Tabla 12. Muestra 03 0+800 – 1+200.....	51
Tabla 13. Muestra 04 1+200 – 1+600.....	52
Tabla 14. Muestra 05 1+600 – 2+000.....	53
Tabla 15. Muestra 06 2+000 – 2+400.....	54
Tabla 16. Reporte de abakal IRI calzada derecha	55
Tabla 17. Reporte de abakal IRI calzada izquierda.....	57
Tabla 18. Resumen de valores IRI – Av. Los Ángeles	60
Tabla 19. Valores IRI para determinar el estado vial en Perú	61
Tabla 20. Estado del pavimento mediante el rugosímetro de Merlin.....	61
Tabla 21. Calificación de la transitabilidad con el Rugosímetro de Merlín	66
Tabla 22. Valores obtenidos del aplicativo abakal IRI a cada 400 m	67
Tabla 23. Calificación de la transitabilidad con el uso del abakal IRI	68
Tabla 24. Porcentaje de similitud IRI	69
Tabla 25. Porcentaje de similitud de transitabilidad	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red Vial Nacional del Perú.....	2
Figura 2. Ejes Longitudinales de la Red Vial Nacional	3
Figura 3. Red Transversal y Variante de la Red Vial Nacional.....	3
Figura 4. Avenida Los Ángeles L=2,4 km	4
Figura 5. Presencia de parches y desgaste de la carpeta asfáltica	5
Figura 6. Desgaste de la carpeta asfáltica	5
Figura 7. Escala de Rugosidad.....	16
Figura 8. Detalles del Rugosímetro Merlín	19
Figura 9. Detalles del Rugosímetro Merlín	20
Figura 10. Formato para la recolección de datos	21
Figura 11. Configuración de tablero del Merlín.....	22
Figura 12. Histograma de la distribución de frecuencias.....	23
Figura 13. Modelo del cuarto de carro.....	25
Figura 14. Aplicativo abakal IRI	26
Figura 15. Ubicación del Smartphone en el parabrisas del vehículo.....	27
Figura 16. Ejecución del ensayo.....	28
Figura 17. Tramo de estudio.....	33
Figura 18. Rugosímetro Modelo TM171	35
Figura 19. vehículo para ensayo	36
Figura 20. Punto de inicio para ensayo	37
Figura 21. Manipulación del Equipo Progresiva 0+400	37
Figura 22. Operación del Rugosímetro.....	38
Figura 23. Manipulación del Equipo Progresiva 2+400	38
Figura 24. Flujograma de procedimiento para el Rugosímetro Merlín	39
Figura 25. Aplicativo Abakal IRI v2019.....	40
Figura 26. Smartphone en el soporte	40
Figura 27. Icono de conteo	41
Figura 28. Botón de parar el ensayo	41
Figura 29. Flujograma de procedimiento para el abakal IRI.....	42
Figura 30. Distribución de Frecuencias del Muestra 01-derecha	44
Figura 31. Distribución de Frecuencias del Muestra 02-derecha	45
Figura 32. Distribución de Frecuencias del Muestra 03-derecha	46
Figura 33. Distribución de Frecuencias del Muestra 04-derecha	47

Figura 34. Distribución de Frecuencias del Muestra 05-derecha	48
Figura 35. Distribución de Frecuencias del Muestra 06-derecha	49
Figura 36. Distribución de Frecuencias del Muestra 01-izquierda.....	50
Figura 37. Distribución de Frecuencias del Muestra 02-izquierda.....	51
Figura 38. Distribución de Frecuencias del Muestra 03-izquierda.....	52
Figura 39. Distribución de Frecuencias del Muestra 04 -izquierda.....	53
Figura 40. Distribución de Frecuencias del Muestra 05-izquierda.....	54
Figura 41. Distribución de Frecuencias del Muestra 06-izquierda.....	55
Figura 42. Reporte del recorrido calzada derecha	56
Figura 43. Comportamiento del valor IRI calzada derecha	57
Figura 44. Reporte del recorrido calzada izquierda.....	58
Figura 45. Comportamiento del valor IRI calzada izquierda.....	59
Figura 46. Parcheo y acometida de servicio publico	62
Figura 47. Parcheo y meteorización prog.0+000 - 0+400	63
Figura 48. Parcheo y meteorización prog.0+400 - 0+800	63
Figura 49. Filtración y daños en la estructura del pavimento	64
Figura 50. Meteorización prog.1+600 - 2+000.....	64
Figura 51. Meteorización y vehículo de gran carga.....	65
Figura 52. Huecos en la vía.....	65
Figura 53. Similitud de rugosidad en la calzada derecha	70
Figura 54. Similitud de rugosidad en la calzada izquierda	70
Figura 55. Similitud de PSI en la calzada derecha	71
Figura 56. Similitud de PSI en la calzada izquierda	71

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se determina la rugosidad del pavimento flexible, con la obtención del valor IRI es posible establecer una calificación de transitabilidad, para llevar a cabo este trabajo se usó como método tradicional el rugosímetro de merlín y el método vanguardista aplicativo abakal IRI, este último hace uso de un Smartphone. Ambas metodologías fueron usadas en un tramo de la avenida los Ángeles distrito de Pocollay, partiendo de la avenida Jorge Basadre Grohmann con una longitud de 2,4 km. El objetivo de esta investigación es evaluar la influencia de la rugosidad del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022 y de acuerdo a los resultados recomendar soluciones viables a fin de mejorar la transitabilidad de la vía en estudio. La investigación considera un diseño descriptivo correlacional y como tipo de investigación aplicada de enfoque cuantitativo que genera un conocimiento y reúne los datos mediante la obtención de la rugosidad y posterior influencia en la transitabilidad. Al evaluar la influencia de la rugosidad del pavimento flexible utilizando el aplicativo abakal y el rugosímetro de Merlín, el valor promedio igual a 2,42 califica el estado del pavimento como “*regular*”. de la Av. Los Ángeles distrito de Pocollay. mediante el rugosímetro de Merlín el resultado para la calzada derecha IRI=3,45 m/km, para la calzada izquierda IRI=4,30 m/km, que representan el IRI promedio. El valor IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda es igual a 3,88 m/km, se puede calificar el estado del pavimento como “*regular*”. mediante el aplicativo abakal IRI, los resultados para la calzada derecha es 3,86 m/km, para la calzada izquierda es 4,45 m/km, que representan el IRI promedio. El valor IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda es igual a 4,16 m/km, y se puede calificar el estado del pavimento como “*malo*”.

Palabras Claves: Transitabilidad, Rugosímetro de Merlín, serviciabilidad, IRI, Influencia, ABAKAL IRI.

ABSTRACT

In the present thesis work, the roughness of the flexible pavement is determined, with the obtaining of the IRI value it is possible to establish a passability rating, to carry out this work the merlin roughness meter and the avant-garde application method ABAKAL IRI were used as a traditional method. , the latter makes use of a Smartphone. Both methodologies were used in a section of Los Angeles Avenue, Pocollay district, starting from Jorge Basadre Grohmann Avenue with a length of 2,4 km. The objective of this research is to evaluate the influence of the roughness of the flexible pavement on vehicular passability in a section of Los Angeles Avenue, Pocollay-Tacna-2022 district and, according to the results, recommend viable solutions in order to improve passability. of the road under study. The research considers a descriptive correlational design and as a type of applied research with a quantitative approach that generates knowledge and gathers data by obtaining roughness and subsequent influence on passability. When evaluating the influence of the roughness of the flexible pavement using the ABAKAL application and the Merlin roughness meter, the average value equal to 2,42 qualifies the state of the pavement as regular. from Av. Los Angeles district of Pocollay. Using the Merlin roughness meter, the result for the right road IRI=3,45 m/km, for the left road IRI=4,30 m/km, which represent the average IRI. The average IRI value of the right and left lanes is equal to 3,88 m/km, the condition of the pavement can be classified as REGULAR. using the ABAKAL IRI application, the results for the right roadway is 3,86 m/km, for the left roadway it is 4,45 m/km, which represent the average IRI. The average IRI value of the right and left lanes is equal to 4,16 m/km, and the condition of the pavement can be classified as BAD.

Keywords: Walkability, Merlin Roughness Tester, serviceability, IRI, Influence, ABAKAL IRI.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad podemos observar un constante crecimiento del parque automotor a nivel nacional y local, según la Asociación Automotriz del Perú (AAP) la adquisición de vehículos alcanzó el 2021 las 157 100 unidades (automóviles, camionetas, pick up, y furgonetas) respecto del 2020, esto representa un 40% de incremento. Para la ciudad de Tacna el incremento en los vehículos alcanza las 5 775 unidades y dentro de los vehículos pesados (camiones, tracto camiones, ómnibus) la cifra es de 233 unidades. Las cifras mencionadas nos dejan claro que las vías tienen una relación directa con el desarrollo de las actividades económicas, sociales, etc. La vía en estudio avenida Los Ángeles, permite la comunicación entre el centro de la ciudad y la campiña de Tacna, haciendo posible la conexión con el distrito de Calana, Pachia y los diferentes destinos turísticos de la zona.

La comodidad y confort son parámetros que deberían estar presentes en cada vía ejecutada, a su vez, están ligadas a los conceptos de Transitabilidad y Serviciabilidad, y según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú se tiene valores para cualificar la transitabilidad de una vía mediante la obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI). En el presente estudio aplicamos dos metodologías para conseguir el valor IRI, usualmente el rugosímetro de merlín y el método novedoso Aplicativo ABAKAL IRI. Se toma como muestra de estudio la longitud de 2 400 m de la avenida los Ángeles calzada derecho e izquierdo con una sección aproximada a 7,20 m, partiendo de la avenida Jorge Basadre Grohmann en el Distrito de Pocollay.

La presente investigación cuenta con cinco capítulos: en el capítulo I desarrollamos el planeamiento del problema, justificación de la investigación, objetivos e hipótesis. En el capítulo II ampliamos la información por medio de los antecedentes, bases teóricas y definición de términos. En el capítulo III: marco metodológico definimos el tipo y diseño de la investigación, población y/o muestra de estudio, Operacionalización de variables, técnicas para la recolección de datos y el procesamiento y análisis de datos. En el capítulo IV se expresa los resultados obtenidos por medio del Rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI. En el capítulo V discusión elucidamos mediante tablas los resultados obtenidos en la investigación y discutimos acerca de los resultados respecto a los antecedentes, objetivos e hipótesis planteados.

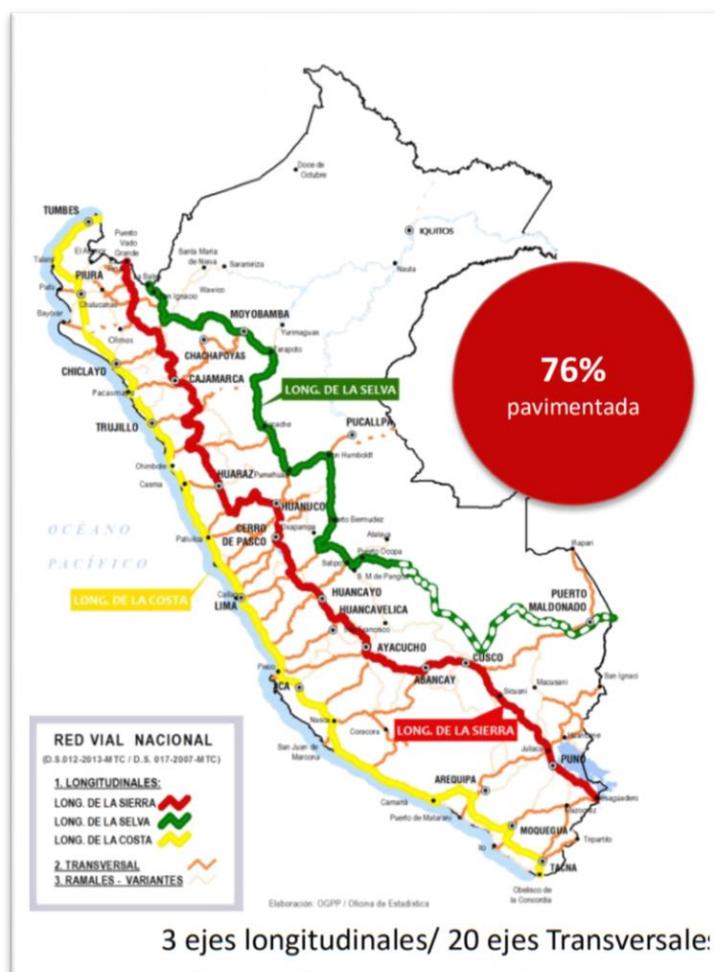
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

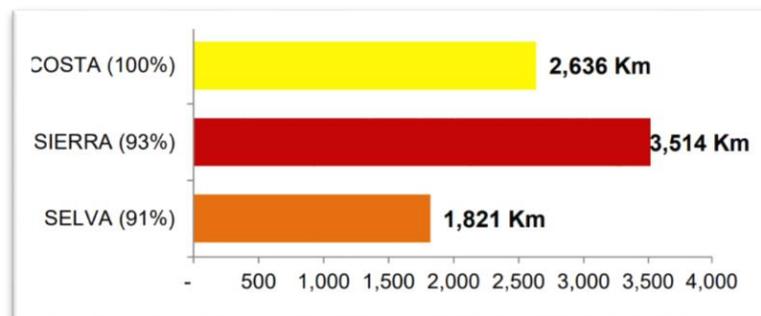
El Registro Nacional de Carreteras (RENAC) es un instrumento de gestión de carácter oficial en el cual se inscriben las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) (figura 1, 2, 3). Este registro incluye, entre otros, información relacionada con sus longitudes, características generales de la superficie de rodadura, etc. El RENAC es conducido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) – MTC. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012)

Figura 1

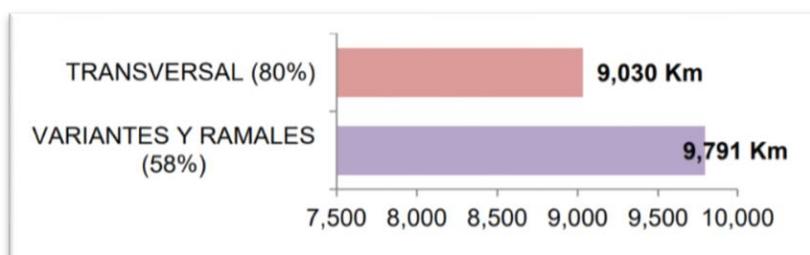
Red Vial Nacional del Perú



Nota. Tomado de: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017)

Figura 2*Ejes Longitudinales de la Red Vial Nacional*

Nota. La figura muestra el avance del estado pavimentado en los ejes longitudinales. Tomado de: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017)

Figura 3*Red Transversal y Variante de la Red Vial Nacional*

Nota. La figura muestra el avance del estado pavimentado en los ejes transversales y variantes. Tomado de: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017)

La situación actual de las carreteras en el Perú muestra un deterioro debido a su uso constante por los vehículos automotores de cuatro ruedas o más, que en algunas ocasiones transportan cargas de gran tonelaje sometiendo a la estructura del pavimento a una sobrecarga y posterior falla, esto a su vez se ve reflejado en la carpeta de rodadura, donde es posible observar fallas tales como: hundimientos, corrugaciones, grietas, pulimiento de agregados, baches y meteorización de agregados, este último corresponde a la desintegración superficial de la capa de

rodadura debido a una pérdida gradual de agregados. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por tránsito continuo. (Leguía y Pacheco, 2016). La meteorización de agregados está presente en los carriles de la avenida Los Ángeles (subida y bajada).

En el registro nacional de carreteras para la red vial de Tacna, indica que presenta 512,70 km de red vial, de los cuales 85 km están en condición de pavimentado y 427,70 km en condición de no pavimentado. Por otro lado, la ciudad de Tacna se desarrolla rápidamente lo que genera la creación de nuevas vías y el mantenimiento constante de las vías existentes, que muchas veces no se da por la falta de actualización de información o falta de evaluaciones periódicas.

Es posible apreciar el uso continuo de la avenida los ángeles en el distrito de Pocollay debido a que es una vía que conecta el centro de la ciudad y la campiña de Tacna. El estado actual del pavimento flexible de la avenida los ángeles desde la avenida Jorge Basadre con una longitud de 2 400 m (figura 4), en el distrito de Pocollay presenta un deterioro y es uno de los principales problemas en la infraestructura vial. Actualmente los ciudadanos que hacen uso de la avenida los ángeles presentan un malestar debido a las condiciones de la carpeta de rodadura, por otro lado, se ven obligados a esquivar las fallas y una constante vibración en el trayecto, lo que predispone a un desgaste prematuro del vehículo.

Figura 4

Avenida Los Ángeles L=2,4 km



Nota. Zona de Investigación Avenida Los Ángeles L=2,4 km. Adaptado de: Google Maps (2022).

En la figura 5 y 6 se observa la presencia de parches y desgaste de la carpeta asfáltica de la av. Los Ángeles.

Figura 5

Presencia de parches y desgaste de la carpeta asfáltica.



Figura 6

Desgaste de la carpeta asfáltica.



1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye la rugosidad del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles?
- b. ¿Cuál es la rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el aplicativo abakal IRI en un tramo de la avenida los ángeles?
- c. ¿Existe similitud entre los resultados del aplicativo abakal IRI y el rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad para calcular el Índice de Rugosidad Internacional encontramos variedad de equipos, como el caso del nivel y la mira o los perfilómetros laser que tienen buena precisión, pero su costo es elevado y el rugosímetro de Merlín el cual está diseñado exclusivamente para la hallar la rugosidad del pavimento, es un instrumento sencillo de manipular, que está autorizado por el Banco Mundial por su efectividad al hallar los valores del IRI, sin embargo, la aplicación Abakal IRI se presenta como una innovadora metodología de medición que acelera y proporciona el cálculo de la rugosidad en vías pavimentadas convirtiéndose una alternativa eficiente.

La presente investigación da a conocer el índice de rugosidad internacional (IRI) en el pavimento mediante el rugosímetro de Merlín y la aplicación para teléfonos inteligentes abakal IRI en la avenida Los Ángeles, en un tramo de 2,4 km desde la Av. Jorge Basadre, con los resultados se efectuará una comparación para determinar la similitud de la rugosidad y el estado del pavimento. También se podrá conocer la

transitabilidad de la avenida y recomendar la intervención que pueda realizarse para mantener la avenida en condiciones óptimas.

Las metodologías abakal IRI y el rugosímetro de merlín son sencillas al momento de calcular los valores de rugosidad, pero con resultados confiables, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un parámetro de referencia en la medición de la calidad de un pavimento por eso es necesario calcular y determinar el estado de las avenidas en la ciudad de Tacna.

1.3.1 Justificación ambiental

Los resultados de la investigación muestran que el estado de la avenida es regular y requiere mantenimiento para evitar dificultades en el vehículo y posibles accidentes de tránsito, además de un mayor consumo de combustible y aumento en la contaminación del medio ambiente.

1.3.2 Justificación social

La actual investigación es de importancia, los resultados, beneficiarán a las personas que viven en la zona, peatones que transitan en la avenida y a los conductores. Sin duda es de interés para las autoridades, gobiernos regionales y locales, los cuales están encargados del mantenimiento, rehabilitación y construcción de las vías de Tacna, ellos deben contar con datos actualizados de las vías a intervenir.

1.3.3 Justificación económica

El no dar un mantenimiento a tiempo en las avenidas genera un gran costo a futuro, al no asignarle los recursos necesarios para su conservación y un buen nivel de servicio. Los conductores son afectados por la existencia de fallas de gran severidad que se encuentran en la superficie del pavimento, los que ocasionan desgaste o averías en los medios de transporte que circulan por la vía, esto ocasiona un mayor presupuesto en el mantenimiento de sus unidades, por eso es necesario

saber el índice de rugosidad internacional (IRI) para conocer las posibles soluciones que tendrá el pavimento y así ahorrar recursos de financiamiento.

1.3.4 Justificación científica

Es importante tener acceso a la información acerca del rugosímetro de Merlín y la aplicación abakal IRI para conocer el índice de rugosidad Internacional (IRI) de la avenida los ángeles. El aplicativo abakal IRI se adapta a las nuevas tecnologías en este caso los Smartphone que son de uso diario y cotidiano, el aplicativo aprovecha los sensores incorporados en el Smartphone para facilitar la recolección de datos y la presentación de resultados de una manera versátil.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la rugosidad del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022.

1.4.2 Objetivos específicos

- a.** Determinar la rugosidad del pavimento flexible, mediante el rugosímetro de merlín un tramo de la avenida los ángeles
- b.** Determinar la rugosidad del pavimento flexible, mediante el aplicativo abakal IRI un tramo de la avenida los ángeles
- c.** Contrastar los resultados determinados mediante el aplicativo abakal IRI y el Rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La rugosidad del pavimento flexible, influye negativamente en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay – Tacna - 2022.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a.** La rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el rugosímetro de merlín. Es regular.
- b.** La rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el aplicativo abakal IRI. Es mala.
- c.** Existe similitud significativa de resultados mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.1.1 A Nivel Internacional

Según, Pionce (2020) desarrolló la investigación titulada “Determinación del Índice de Rugosidad Internacional en la Av. La Prensa, Usando Aparatos Inteligentes y el Rugosímetro de Merlín”. Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Estatal del Sur de Manabí – Ecuador. Tesis que tiene la finalidad de demostrar la similitud que existe entre los resultados de medición de la regularidad superficial del pavimento o IRI de la avenida La Prensa del Cantón Jipijapa; para ello se hace uso de dos aplicativos y un software para el análisis vial denominado ProVAL el que será comparado con el Rugosímetro de Merlín. Estos métodos miden la regularidad superficial del pavimento. El análisis con el software ProVAL se presenta como una herramienta innovadora y practica al momento de analizar las vías y obtener el IRI. Por otro lado, el equipo Rugosímetro de Merlín es conocido y usado en la región, según el Banco Mundial se caracteriza por ser uno de los equipos con precisión al momento de realizar el ensayo. Los datos tomados de IRI determinaran la rugosidad de la avenida La Prensa y el valor IRI varía desde los 2 m/km esto los clasifica como un pavimento nuevo. La correlación que se obtuvo del IRI con el PSI es igual a 3,31 (serviciabilidad) y refleja un valor cualitativo de bueno (transitabilidad).

Según, Sornoza (2019) desarrollo la investigación titulada “Evaluación de las Condiciones de Seguridad y Comodidad de la Capa de Rodadura de la Avenida de Los Choferes (Km 1+044,62)”, Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Estatal del Sur de Manabí – Ecuador. tesis que tiene como objetivo evaluar las principales características que debe cumplir un pavimento se refiere a disponer de una superficie sin irregularidades, las cuales afectan la seguridad, la comodidad, el confort y el costo de los usuarios, jugando un rol muy importante en los aspectos de funcionalidad y seguridad vial. En esta investigación se presenta la evaluación de la capa de rodadura de la avenida Choferes, tomamos en consideración parámetros de macrotextura, microtextura e IRI, estos conceptos permiten obtener valores de rugosidad el cual implica una fricción y una resistencia al deslizamiento. También hacemos mención a la relación

de la velocidad de un pavimento mojado con la fricción. Como resultado de esta investigación se destacan las ventajas de contar con la propuesta para calcular el Índice de Fricción Internacional (IFI) hecha por la organización Permanent International Association of Road Congresses (PIARC), aplicando normas del MTOP y basándose en el modelo mencionado. Los resultados evidencian el estado de la vía (regular), esto conlleva a que con el transcurrir del tiempo se presente problemas en la transitabilidad de no tomarse las medidas correctivas necesarias.

Según Díaz y Ramírez (2021) desarrollaron la tesis “Estudio de la Correlación del Índice de Estado IRI Índice de Rugosidad Internacional, Respecto de la Capacidad Estructural del Pavimento, Específicamente con los Cuencos de Deflexión para Concesiones de Cuarta Generación 4G”. Este Trabajo de Grado realizado para obtener el Título de Magister en Infraestructura Vial por la Universidad Santo Tomas de Bogotá. En el cual indica un deterioro funcional de la estructura de pavimento puede derivarse de una baja condición estructural del mismo y que son escasos los estudios que integran este tipo de parámetros, dada la disyuntiva entre lo estructural y lo funcional; en el presente estudio se estudia el comportamiento del Índice de Regularidad Internacional “IRI” y de la capacidad estructural definida por la toma de deflexiones, en una vía del departamento de Cundinamarca, perteneciente a un proyecto concesionado. La finalidad de la es encontrar una correlación entre ellos, que permita predecir y/o entender el nivel de deterioro que puede presentar la infraestructura vial y poder así llegar a una toma de decisiones a priori y a una priorización de recursos e intervenciones sobre la estructura de pavimento, tanto en etapas de estructuración para quien concibe proyectos, como de operación de los activos viales, en el Caso del privado “Concesionario”. Para tal fin, se realizó una selección, integración y análisis estadístico de los valores históricos (2017 – 2020) de los indicadores IRI y capacidad estructural, respectivamente, a lo largo del sector 4 Esquinas (Guasca) – Sesquilé. Se consideró que, si actualmente la medición del IRI con equipos de alto rendimiento demanda menores tiempos de ejecución que la toma de deflexiones; al correlacionar los dos parámetros y/o indicadores y obtener resultados positivos, se tendría ya de por sí, una reducción en tiempo y costos, aspectos claves en las etapas ya mencionadas de estructuración y maduración de proyectos de tipo carretero, pues con medidas de IRI se podría tener una medida de la condición estructural del pavimento. El hallazgo principal ha sido la relación existente entre la capacidad estructural del pavimento (conjunto de capas) y la tasa de deterioro de la condición de regularidad a lo largo de la vida útil del mismo. Aunque en el inicio (año 2017) los dos parámetros no mostraban una relación directa, al

evaluarlo en años posteriores, se evidenció su correlación, luego de verificado el desgaste de la estructura de pavimento y el incumplimiento de algunos indicadores.

2.1.2 A Nivel Nacional

Según, Arce (2020) desarrollo la tesis “Cálculo de índice de rugosidad internacional (IRI) usando el aplicativo Abakal para Smartphone en la avenida universitaria del distrito de Pillco Marca - 2020”, Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de Huánuco en el Perú. Se determina el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) usando el aplicativo abakal en el tramo de 1 300 m de longitud de la avenida mencionada. Por medio de esta investigación se llegó a la conclusión que los resultados obtenidos fueron óptimos, al momento de realizar la comparación se evidencia la gran similitud en los valores esto indica la efectividad en el uso del aplicativo abakal. Para llegar a esta conclusión se efectuó un trabajo de campo y análisis respectivo de la toma de datos mediante el método tradicional de nivel y mira cada 5 m obteniendo un perfil longitudinal similar al del aplicativo.

Según, Lloclla y Sánchez (2019) desarrollaron la tesis “Análisis comparativo del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento de la av. La cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de merlín”. Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Andina del Cusco en el Perú. Tiene como objetivo emplear los tres métodos mencionados para luego realizar el procesamiento de datos y análisis respectivo, también pudo calcularse el ratio de serviciabilidad (PSR) en función de Índice de Rugosidad Internacional. Se concluyó que existe una variación en las metodologías mencionadas en promedio es de 18,92% (porcentaje de variación).

Según, Laura (2016) desarrollo la tesis titulada “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín - 2016”. Esta tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Andina del Cusco en el Perú. En esta tesis se investigó la similitud existente entre la aplicación ROADROID y el Rugosímetro de Merlín. Concluyendo que existen ventajas al momento de hacer uso de la aplicación respecto al Rugosímetro, se halló la serviciabilidad del pavimento y es posible comparar la regularidad de las calzadas.

Se concluye que los resultados tienen un 89% de similitud y que el aplicativo ROADDROID se presenta como una herramienta versátil que proporciona datos de manera eficiente, es decir que podemos estudiar tramos más largos con un procesamiento de datos en un periodo muy corto mostrando una eficiencia respecto al método tradicional que lo sitúa como un método de bajo rendimiento en la toma de datos y procesamiento.

2.1.3 A Nivel Local

Según, Aguirre y Chambilla (2021) desarrollo la tesis “Evaluación superficial del pavimento en calle Tarapacá tramo ovalo Cuzco hasta avenida Gustavo Pinto, distrito de Tacna - 2021”. Esta tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna en el Perú. En la cual se realizó la evaluación superficial del Pavimento Flexible para obtener el estado de deterioro, en Calle Tarapacá Tramo Ovalo Cuzco hasta Avenida Gustavo Pinto, utilizando los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) e Índice de rugosidad internacional (IRI).

En la cual se concluye la calificación del estado de la vía, con el método Índice de condición del pavimento (PCI) se obtuvo un estado “*regular*”, caso contrario con el rugosímetro de Merlín se obtuvo un estado “*malo*”.

Según, Gonzalo y Beingolea (2021) desarrollaron la tesis titulada “Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna – 2021”. Esta tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna en el Perú. En esta investigación se hace uso de dos metodologías para determinar la rugosidad del pavimento flexible, el rugosímetro de Merlín y el aplicativo Abakal, los mismos que fueron ejecutados en la av. Internacional que tiene una longitud de 3 200 m, la vía en mención se ubica en el distrito Alto de la Alianza y el distrito de Ciudad Nueva.

La investigación consta de 16 muestras y cada una tiene una longitud de 400 m, para la calzada de subida y bajada. Se concluye una rugosidad igual a 4,07 m/km (calzada derecha), y una rugosidad igual a 5,14 m/km (calzada izquierda). De esta manera el valor promedio IRI es igual a 4,61 m/km.

Mediante el aplicativo Abakal IRI se obtiene los siguientes resultados: rugosidad igual a 4,59 m/km (calzada derecha), y una rugosidad igual a 4,43 m/km (calzada izquierda). De esta manera el valor promedio IRI es igual a 4,51 m/km.

Los resultados que se obtuvieron nos permiten calificar el estado de la avenida Internacional como “*malo*” y el aplicativo abakal IRI se obtuvo valores aproximados; por lo tanto, son datos confiables.

Según, Mamani y Vallejos (2020) desarrollaron la tesis titulada “Calculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Juan Moore, tramo: calle Argentina - calle Precursores, Tacna - 2020”. Esta tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna en el Perú. Se analizó las fallas existentes y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la avenida Juan Moore, que se ubica en el Distrito Alto de la Alianza y termina en el Distrito de Ciudad Nueva, la vía en mención presenta un ancho de calzada de 7,20 m y una longitud aproximada de 1,90 km. El IRI de la calzada derecha es igual 7,98 m/km y de la calzada izquierda es igual a 7,15 m/km, el promedio de ambas calzadas es igual a 7,57 m/km. El valor obtenido le asigna una calificación al pavimento de “*malo*”. Para el Índice de Condición del Pavimento se utiliza 12 unidades de muestra, el valor de PCI es igual a 26,60, que califica la vía con una condición “*malo*”, por otro lado, para calcular la transitabilidad obtenemos un valor de 1,6 que califica como transitabilidad mala. Se infiere que los resultados del IRI y del PCI establecen una condición de “*malo*”, es evidente que el pavimento presenta deficiencias en la transitabilidad.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Rugosidad

Definición asociada a la desviación de una superficie respecto a una superficie completamente horizontal (en teoría), esto afecta la dinámica del vehículo, calidad del manejo, cargas dinámicas y el drenaje, podemos tomar como patrón el perfil longitudinal, perfil transversal. De este modo queda señalado en la norma de ensayo ASTM E 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.2 Causas posibles de la rugosidad

Las irregularidades en la capa de rodadura de una vía nueva o existente, posiblemente se deba a una ausencia en la administración de los mantenimientos u omisiones al momento del procedimiento constructivo de alguna carretera, la falta de control ha ocasionado las deformaciones presentes. (Mamani Resalazo, B. A., & Vallejos Sardón, H. S., 2020).

2.2.3 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Las investigaciones han demostrado que existen muchos factores que afectan la regularidad superficial del pavimento de estos los más relevantes son (Allende García, 2017):

- Tiempo de vida.
- Niveles de tráfico.
- Espesores del pavimento.
- El numero estructural.
- Características y propiedades físicas del asfalto como: vacíos de aire, gravedad específica, y contenido de asfalto.
- Parámetros ambientales: temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Mal uso de equipos y maquinaria defectuosos en el proceso constructivo
- No cumplir con las especificaciones constructivas de carreteras

2.2.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El funcionamiento en una carretera depende de la superficie la cual debe brindar la comodidad y seguridad a los usuarios, su funcionalidad muchas veces

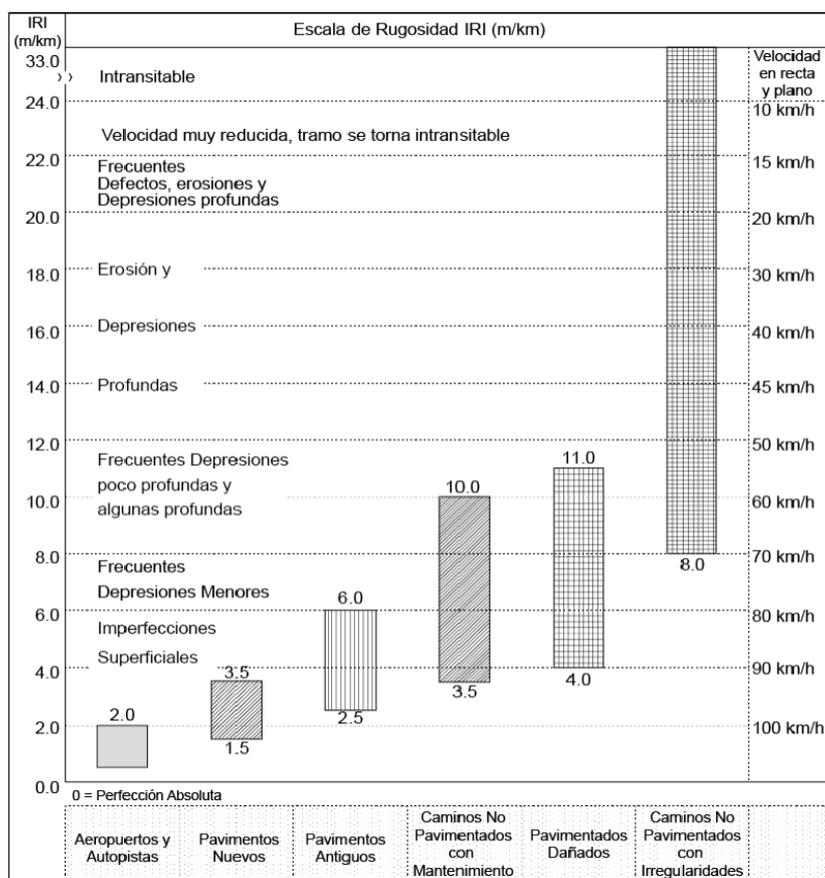
incide en la operación de los vehículos y en la conservación de una carretera. Adicionalmente la uniformidad superficial de la vía depende de la velocidad de circulación, desgaste de llantas y gasto de combustible, estos factores afectan el costo para el beneficiario. (Almanza Mendoza, 2014).

2.2.5 Escalas y características del (IRI)

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi.
- El rango de escala varía de 0 a 33 m/km
- La Rugosidad 0 m/km es una superficie perfectamente uniforme y 33 m/km un camino intransitable (figura 7).

Figura 7

Escala de Rugosidad



Nota. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para clasificar los caminos según su IRI Tomado de: (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2014).

2.2.6 Índice de serviciabilidad

El Índice de Serviciabilidad se define como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable.

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue (Dusan Dujisin, Q., & Alvaro Arroyo, A. , 1995):

- Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del usuario.
- El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
- La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad (PSR).
- Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
- El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

El pavimento fue clasificado con numeraciones cuyos valores extremos varían desde 0, para un pavimento intransitable, hasta 5 para un pavimento en óptimas condiciones, (Laura Hirpahuanca, 2016) como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Escala de índice de serviciabilidad

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

Nota. La tabla indica que el índice 5 determina una serviciabilidad muy buena por el contrario 0, determina como pésima.

2.2.7 *Transitabilidad*

La concepción de transitabilidad en el Perú es definida por la disponibilidad de uso de la vía. Es de conocimiento que la geografía del Perú hace que en algunas ocasiones las vías presenten erosión por ríos o deslizamientos, a pesar de estas circunstancias de deterioro por fuerza natural que ocasionan cortes repentinos en su longitud, a fin de perjudicar al conductor se encuentran vías de emergencia en disponibilidad de uso. (Pomasonco De La Cadena, 2010).

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos: (Del Aguila, 1999)

2.2.8 *Cálculo de serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI*

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en campo, es necesario obtener el rango "D", para visualizar a distribución de frecuencias de las lecturas, también se debe usar el factor de corrección el valor "FC" proviene de la calibración del Rugosímetro en una superficie horizontal. (Sologorre Huayta, J. D., 2005).

La tabla 2 muestra los parámetros de transitabilidad que van de muy mala en un rango de 0-1 y muy buena en un rango de 4-5.

Tabla 2

La calificación de la transitabilidad de una vía.

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

Nota. Tomado de: (Sachún Quispe, 2016).

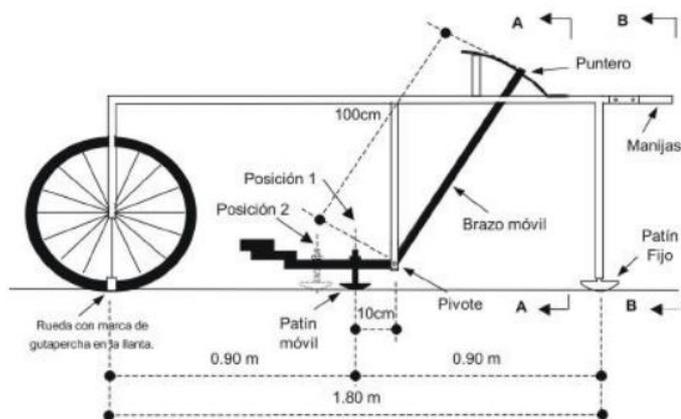
2.2.9 Rugosímetro de MERLIN

La palabra MERLIN proviene del acrónimo M = Machine; E= Evaluating; R= Roughness; L= Low cost; IN= Instrumentation. Este equipo fue diseñado especialmente para medir la rugosidad de un pavimento, su versatilidad y fácil transporte hace del Rugosímetro un instrumento de manipulación sencilla. (Cundill, 1991).

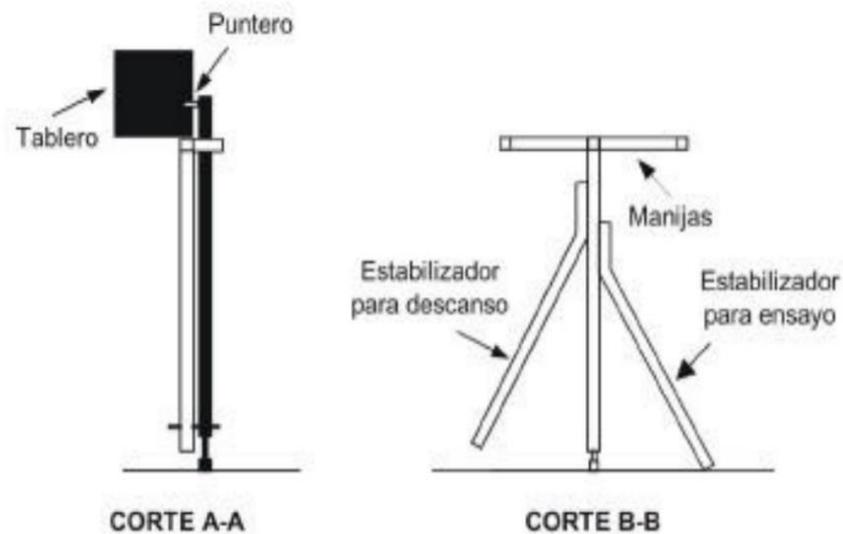
El Rugosímetro de Merlín fue diseñado como la variación del perfilómetro estático en Banco Mundial lo coloca como un método clase 1 para obtener la rugosidad de un pavimento. La relación de valores obtenidos con el equipo Merlín y la escala IRI presenta el coeficiente más cercano a la unidad ($R^2=0,98$). el equipo es de gran exactitud y apenas es superado por el método topográfico (mira y nivel), ciertos fabricantes lo utilizan con el propósito de calibración para los rugosímetros de tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.). El equipo Merlín posee un diseño simple como se muestra en la figura 8 y 9, formado por marcos horizontales y verticales, también cuenta con un brazo móvil el cual usa de pivote el patín móvil. El modo de operación es sencillo puesto que se desplaza con ayuda de la rueda delantera y por la parte posterior cuenta con dos soportes inclinados, al lado izquierdo y derecho, estos aseguran la fijación en el suelo. (Del Aguila, 1999).

Figura 8

Detalles del Rugosímetro Merlín



Nota. Vista adyacente del equipo. Tomado de: (Del Aguila, 1999)

Figura 9*Detalles del Rugosímetro Merlin*

Nota. Vista frontal del equipo. Tomado de: (Del Aguila, 1999)

2.2.10 Modo de uso

En la ejecución del ensayo es necesario un mínimo de dos personas, el operador del equipo (Figura 10) y el auxiliar encargado de la anotación de lecturas (Figura 11). El procedimiento se realiza en tramos de 400 m, sobre la carpeta asfáltica, las mediciones son realizadas en la rodada externa del tráfico. Para establecer el valor de rugosidad se efectuarán 200 anotaciones de las “irregularidades que representa el pavimento” (desviación promedio a la cuerda promedio), cada valor sobre la superficie es obtenido a través del patín móvil ubicado en la parte baja del equipo, a su vez el movimiento vertical indica una posición sobre el tablero graduado, de esta manera se genera la lectura. Durante la ejecución se estaciona el equipo por un periodo corto de tiempo, el intervalo usual es de 2 m de distancia, de manera práctica podemos fijar como referencia la circunferencia de la rueda, la cual se aproxima a la dimensión mencionada. Vale decir que cuando la rueda haya dado una vuelta se ha realizado un ensayo. Para cada observación el equipo Merlin descansa en los tres puntos fijos: la rueda, el apoyo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición del puntero indicara una lectura que varía de

1 al 50, ese valor se anotara en el formato de campo. El formato comprende una tabla de 10 columnas y 20 filas. El llenado se realiza empezando por el casillero (1,1), de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. (Del Aguila, 1999).

Figura 10

Formato para la recolección de datos

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
 SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
 TRAMO : _____ FECHA : _____
 CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											AFIRMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9											SELLO <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Nota. Formato para la toma de datos en campo para el rugosímetro de Merlín tomado de: (Del Aguila, 1999).

Figura 11

Configuración de tablero del Merlín

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

Nota. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento. Tomado de: (Del Aguila, 1999)

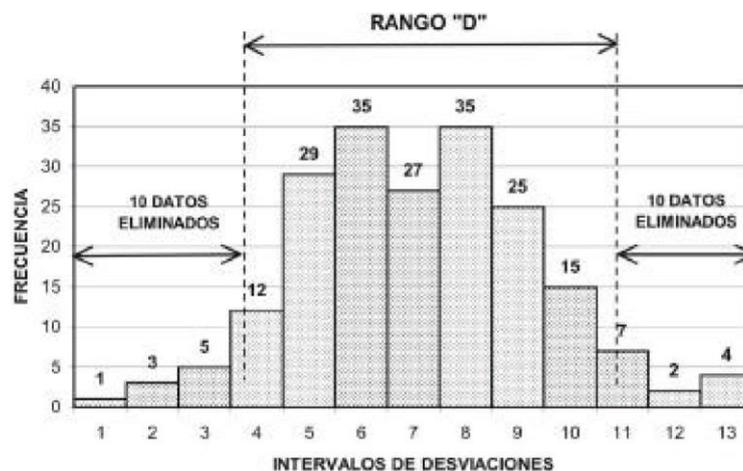
2.2.11 Cálculo de la rugosidad

Para generar los 200 datos requeridos para determinar un valor de rugosidad, el equipo Merlín emplea una escala arbitraria de 50 unidades acomodado sobre el tablero. El tablero es aprovechado para registrar las 200 posiciones por medio del brazo móvil. La partición N°25 Sobre el tablero indica que el perfil de la superficie coincide con la cuerda promedio, las posiciones adoptadas por el puntero cercanas o iguales a la partición N°25 se denominaran dispersión baja y demuestra que el pavimento tiene un perfil cercano a una línea recta (rugosidad baja). Mientras que, las posiciones adoptadas por el puntero lejanas a la partición N°25 se denomina dispersión alta, ello demuestra que el pavimento presenta un perfil con inflexiones múltiples (rugosidad elevada). (Del Aguila, 1999).

La disociación de los datos obtenidos con el equipo merlín, se examinan calculando la distribución de frecuencias de las lecturas (posiciones adoptadas por el puntero), estos datos se expresan en forma de histograma (Figura 12). Seguido se establece el rango de frecuencia (D), seguidamente se descarta el 10% de datos, ellos corresponden a posiciones del puntero de poca representación o erráticas. De manera práctica se excluye el 5% equivalente a 10 datos, para el extremo inferior y superior del histograma. (Del Aguila, 1999).

Figura 12

Histograma de la distribución de frecuencias.



Nota. Tomado de: (Del Aguila, 1999)

Una vez descartado los datos, se calcula el ancho del histograma, aquí debemos considerar las fracciones que puedan resultar como consecuencia de suprimir el 5% de datos. En la figura 12 realizamos el procedimiento para obtener el rango D, se excluye 10 datos pertenecientes a los intervalos 1, 2,3 y el un dato que pertenece al intervalo 4, como resultado se tiene una fracción igual a $11/12=0,92$. Caso semejante sucede en el extremo superior del histograma obtenemos una fracción igual a $3/7=0,43$. Entonces el rango es de $0,90+6+0,43=7,35$ unidades.

El rango D calculado se expresa en milímetros, para ello debemos multiplicar el número calculado por el valor de partición de cada unidad.

$$\text{Rango D} = 7,35 \times 5 \text{ mm} = 36,75 \text{ mm}$$

2.2.12 Factor de corrección

$$F.C. = \frac{EP \times 10}{Li - Lf} \times 5 \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

2.2.13 Cálculo del Rango D corregido

$$D_c = D \times FC \dots \dots \dots (2)$$

Cálculo de IRI

- Visto que el valor IRI se encuentra en el rango mayor a 2,4 y menor que 15,9, se emplea la ecuación: $IRI = 0,593 + 0,0471 \cdot D$ (la ecuación expresada se aplica en la evaluación de pavimentos en funcionamiento)
- Visto que el valor IRI es menor a 2,4, se emplea la ecuación $IRI = 0,0485 \cdot D$ (la ecuación expresada se aplica en la evaluación de pavimentos de reciente ejecución).

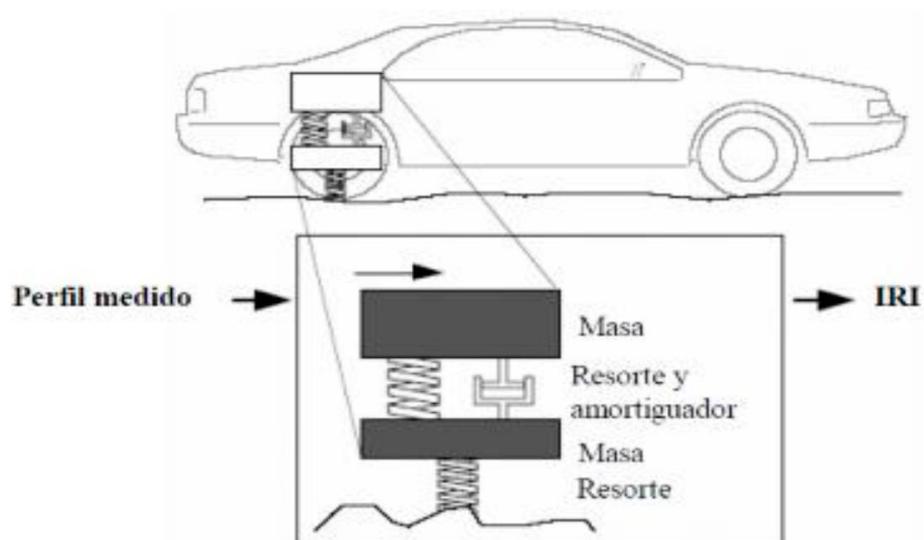
2.2.14 Aplicación de teléfono inteligente abakal

Para el cálculo del IRI hace uso de los sensores de vibración y el sistema de posicionamiento global (GPS) que se encuentran en el Smartphone basado el sistema operativo Android (Figura 14). El aplicativo realiza un informe cada 100 m de longitud y su principio se basa en la simulación del modelo de cuarto de carro. (Sayers y Karamihas, 1998).

El modelo representa a una rueda posterior de carro, por medio de masas, resortes y amortiguadores con coeficientes de patrón, el modelo imita la masa del carro, la más de la rueda, el amortiguador y la flexibilidad de la llanta, (Figura 13). El modelo mide las irregularidades del perfil longitudinal por medio del movimiento vertical de sus componentes. (Sayers y Karamihas, 1998).

Figura 13

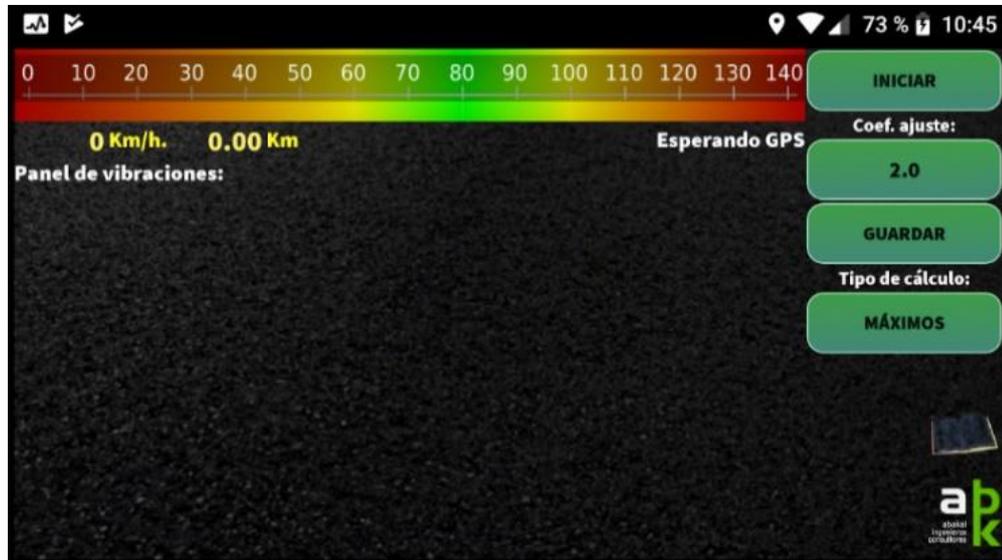
Modelo del cuarto de carro



Nota. Esquema de suspensión de amortiguadores. Tomado de: (Sayers y Karamihas, 1998).

Figura 14

Aplicativo abakal IRI



Nota. Pantalla Principal del Aplicativo abakal IRI. Tomado de: (Nieto, 2018).

2.2.15 Velocidad de ensayo

La velocidad debe ser constante alrededor de los 80km/h en carreteras, en la interfaz del aplicativo se mostrará una barra de velocidad la cual se torna verde cuando se alcanza la velocidad mencionada. (Nieto, 2018).

2.2.16 Ubicación del teléfono inteligente

El Smartphone debe ser colocado de preferencia en el parabrisas figura 15 para asegurar la toma correcta de datos, pero solo probando es posible saber la ubicación ideal. Para el coeficiente de ajuste y el sistema de cálculo se debe tener un dato previo de IRI, obtenido de por algún método convencional. (Nieto, 2018).

Figura 15

Ubicación del Smartphone en el parabrisas del vehículo.



Nota. Tomado de: (Nieto, 2018).

2.2.17 Tipos de cálculo

Se definen dos métodos de cálculos máximos y estadísticos. El método estadístico proviene de la vibración que transmite el vehículo al dispositivo móvil, a su vez, estos derivan de la ponderación relativa del primer y segundo orden. El coeficiente de ajuste establecido previamente incrementa (o reduce) dicha ponderación. El método de máximos introduce un valor límite para el ensayo, a partir de este valor se pondera el ensayo. Bajar el límite equivale a elevar el ensayo, por esta razón el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo. Se debe precisar que no es posible establecer el mejor sistema que se adapte al tándem vehículo - Smartphone. Debido a esto se recurre a un resultado previo del valor IRI. En el caso de originarse cambios de vehículo o Smartphone se debe rehacer el ensayo. El aplicativo IRI grafica en la parte inferior una escala vertical de tipo logarítmica (figura 16).

Figura 16

Ejecución del ensayo



Nota. Tomado de: (Nieto, 2018).

2.2.18 Generación de informe

El aplicativo abakal IRI genera archivos independientes, en donde se muestra los resultados obtenidos durante su ejecución. Estos archivos se guardan en la memoria interna del Smartphone con directorio: “/storage/0/Abakal/IRI”. A continuación, se mencionan los archivos:

- Informe IRI.csv; se muestra con extensión .csv el cual posibilita su apertura con el programa Excel (hoja de cálculo).
- Informe IRI2.csv; en el archivo se muestra dos columnas con las progresivas y los valores IRI.
- Informe IRI.kml; el archivo muestra la trayectoria del ensayo.

2.3 Definición de Términos

2.3.1 Rugosidad

La rugosidad del pavimento se divide en tres escalas; rugosidad, macrotextura y microtextura. Los tres son irregularidades superficiales de naturaleza aleatoria. Las líneas divisorias entre ellos se basan en consideraciones funcionales como la seguridad del tráfico y la calidad del viaje. La rugosidad es la escala más grande con longitudes de onda características de 0,1 a 100 m y amplitudes de 1,0 a 100 mm. Las

dos escalas de textura tienen longitudes de onda y amplitudes del mismo orden de magnitud que cubren un rango de 0,01 a 10 mm con una línea divisoria en aproximadamente 0,25 mm; su función está generalmente relacionada con las características de tracción pavimento-neumático. (Hegmon, 1979).

2.3.2 Rugosímetro de Merlín

Es un instrumento para medir el perfil de la autopista. Instrumento que requiere de un trabajo físico. De esta manera se posibilita la obtención de los valores en secciones regulares de la superficie, la toma de lecturas se realiza sin esfuerzo mediante el tablero del equipo. La rugosidad del camino es posible medirla con la rugosidad estándar. El atractivo de este método se basa en la simple ejecución, fácil de trabajar y mantener. (Das, 2014).

2.3.3 Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.3.4 Serviciabilidad

Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados. Se establece como la condición de la superficie del pavimento que cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2010).

2.3.5 Evaluación funcional

Expresa como objetivo hallar aquellas deficiencias que se encuentran en la superficie y un estado de condición del pavimento flexible, en el cual se resaltan

factores que repercuten desfavorablemente en la comodidad y seguridad; se pueden obtener a través de esta evaluación deficiencias tales como: rugosidad, fallas en la superficie, merma de fricción, costo de usuario y medio ambiente. (Del Aguila, 1999).

2.3.6 Evaluación estructural

La capacidad estructural de las vías se determina en gran medida por las relaciones carga-deflexión de los materiales que conforman las capas del pavimento, dicha capacidad se puede medir en los laboratorios por medio de los ensayos destructivos, sin embargo, con el fin de no alterar la estructura del pavimento construida, se desarrollaron distintas pruebas que permiten evaluar la capacidad estructural de los pavimentos sin afectar su estructura llamados como ensayos no destructivos. (Instituto Nacional de Vias, 2008).

2.3.7 Abakal

Aplicativo que se puede ejecutar en el sistema operativo Android, que permite calcular el IRI a través de los sensores de vibración y el Sistema de Posicionamiento Global del Smartphone. Por otro lado, puede realizar gráficos e informes con los resultados que obtiene.

2.3.8 IRI

El IRI es un producto de la unificación de la International Road Roughness Experiment (IRRE). El IRI representa el nivel de confort que percibe un usuario que viaja en un vehículo a una velocidad promedio de 80 km/h y ha sido simulado por medio de un modelo dinámico denominado "Quarter-car", que tiene en cuenta la acumulación del movimiento vertical que experimenta la suspensión de una rueda. (Caicedo, B., Murillo, C.A., & Trisancho, J.A., 2003)

2.3.9 Pavimento flexible

Es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y, de ser el caso, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1 *Tipo de estudio*

El tipo de estudio es aplicada cuantitativa, porque se busca la utilización o aplicación de los conocimientos obtenidos de la rugosidad del pavimento. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Murillo W., 2008).

3.1.2 *Diseño de investigación*

Esta investigación es no experimental, según Behar (2008) el cual expresa que el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo.

3.1.3 *Nivel de la Investigación*

De acuerdo a la naturaleza del estudio el diseño de investigación es: descriptivo-correlacional, que implica observar y describir situaciones sin influir sobre ellos, además de la relación existente de las variables. Es decir, cómo se manifiesta el fenómeno de la rugosidad del pavimento en la transitabilidad vehicular.

El trabajo de investigación se realizará en la ciudad de Tacna, específicamente en el distrito de Pocollay - Tacna, para obtener los datos será necesario realizar visitas a campo a fin de constatar el estado de un tramo de la avenida los Ángeles comenzando de la Avenida Jorge Basadre con una longitud de 2 400m.

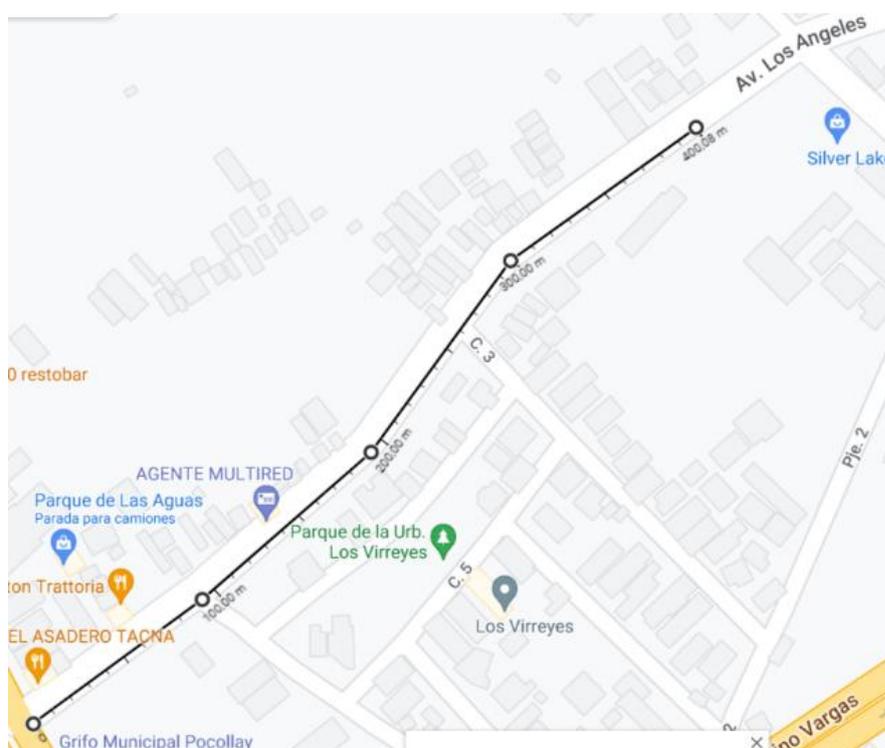
3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población

Conformado por la Avenida Los Ángeles en el Distrito de Pocollay, Tacna. Esta avenida empieza en la avenida Basadre y Forero y termina en cerca de la plaza General Varela en el distrito de Calana como se observa en la figura 17.

Figura 17

Tramo de estudio



Nota. Tomado de Google maps (2022).

3.2.2 Muestra

La muestra viene a ser 12 tramos de 400 m en la avenida, calzada de subida y bajada, esta muestra empieza en la Avenida Jorge Basadre.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de Variables

	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Independiente			
Rugosidad del pavimento flexible	Representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular, en cuanto a seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes del vehículo. (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Rugosímetro de Merlín • abakal IRI 	<ul style="list-style-type: none"> • cálculo del rango D (mm) • factor de corrección (fc) • cálculo del IRI (m/km) • relación rango D - IRI
Dependiente			
Transitabilidad vehicular	Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Rugosidad Internacional • Índice de Serviciabilidad 	Estado del pavimento flexible <ul style="list-style-type: none"> • Bueno • Regular • Malo • Muy malo Transitabilidad del pavimento <ul style="list-style-type: none"> • Muy Buena • Buena • Regular • Mala • Muy mala

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

La técnica para la recolección de datos fueron el uso del rugosímetro de Merlín y el aplicativo abakal, el primero es un método tradicional de ejecución lenta, el segundo es de ejecución continúa debido a que va instalado en el vehículo (camioneta) para la toma de datos. De esta manera con los valores obtenidos se procede a realizar los trabajos de gabinete de ambas técnicas para realizar cuadros comparativos de los valores obtenidos los cuales conllevaran a disponer alguna metodología de intervención de ser necesario.

3.4.2 Instrumentos

- Rugosímetro de MERLIN serie 607, modelo TM171 (figura 18)
- Smartphone Samsung A30s
- Aplicativo abakal IRI versión Civil-K 2019
- Camioneta Toyota Hilux 2021 (figura 19)
- Ficha de recopilación de datos

Figura 18

Rugosímetro Modelo TM171



Figura 19
vehículo para ensayo



3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Rugosímetro de Merlín

Siendo las 9:30 h en el mes de marzo, se procedió al traslado del equipo desde el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna hacia la avenida Los Ángeles intersección con la avenida Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay. Esta intersección fue el punto de inicio para el ensayo del Rugosímetro de Merlín como se observa en la figura 20.

Para iniciar el uso del rugosímetro de Merlín como primer paso debemos de calibrar el equipo, para ello es necesario ubicarlo en una superficie totalmente horizontal, ahora procedemos al ajuste de los puntos de apoyo empezando con el patín móvil y asegurándonos que en el tablero se marque la partición N°25.

El ensayo se realizó en ambas calzadas de la avenida los Ángeles, se tomaron tramos de 400 m los cuales involucran la toma consecutiva de 200 datos, los mismos que se anotan en el formato correspondiente que incluye una tabla de 10 columnas y 20 filas, este formato se llena de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, empezando por el primer casillero extremo superior izquierdo.

Figura 20

Punto de inicio para ensayo



El operador toma el equipo por las manijas elevándolo y desplazándolo (figura 21, 22 y 23), hasta que la rueda alcance una vuelta completa, en seguida el equipo se apoya en los tres puntos fijos que tiene. En el tablero el puntero adopta una posición entre el 1 y 50, este valor se anotará en el formato de campo. Este procedimiento se realiza sucesivamente hasta alcanzar los 200 datos equivalente a los 400 m mencionados anteriormente.

Figura 21

Manipulación del Equipo Progresiva 0+400



Figura 22

Operación del Rugosímetro

**Figura 23**

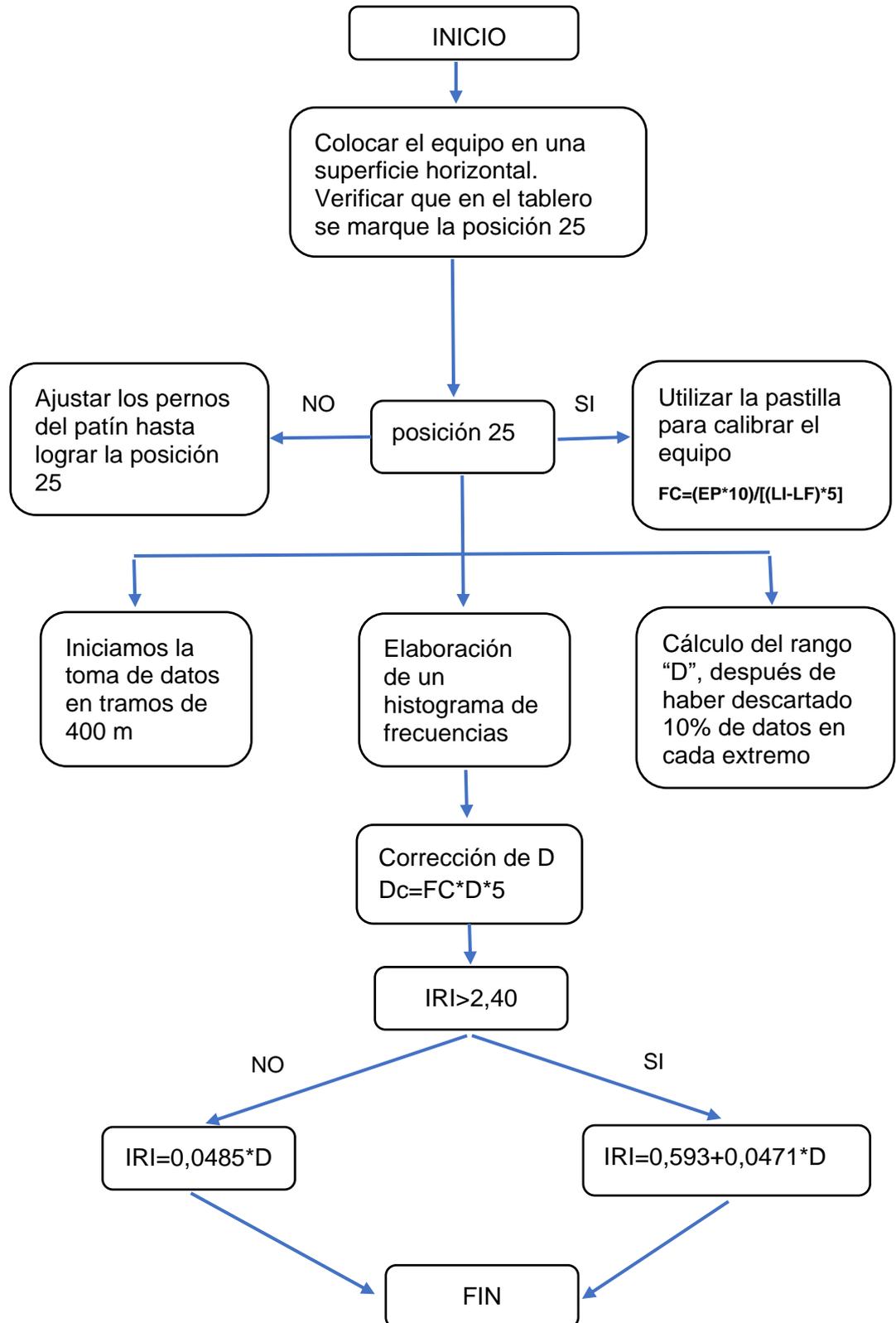
Manipulación del Equipo Progresiva 2+400



Se observa en la figura 24 esquema para obtener el valor IRI.

Figura 24

Flujograma de procedimiento para el Rugosímetro Merlín



3.5.2 *Aplicativo abakal*

Aplicativo que se puede ejecutar en el sistema operativo Android, que permite calcular el IRI a través de los sensores de vibración y el Sistema de Posicionamiento Global del Smartphone. Por otro lado, puede realizar gráficos e informes con los resultados que obtiene.

- A. Instalar el aplicativo abakal IRI en el celular (figura 25).

Figura 25

Aplicativo Abakal IRI v2019



- B. Colocar el soporte para Smartphone en el parabrisas del vehículo (figura 26).

Figura 26

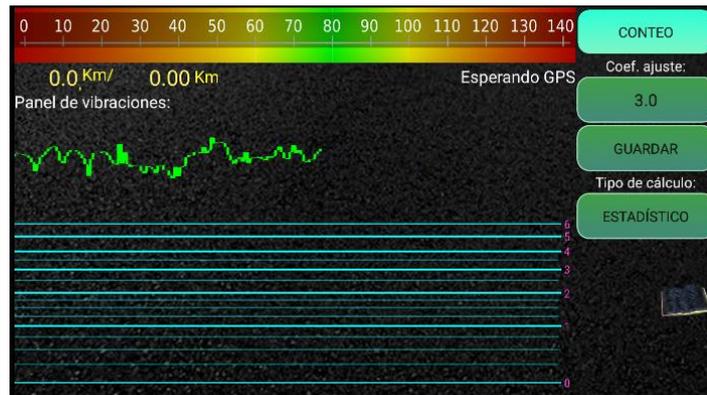
Smartphone en el soporte



C. Se procede a configurar el coeficiente de reajuste con valor 3 y tipo de cálculo estadístico. Luego se inicia la aplicación abakal IRI y presiona el botón de conteo, ahora el aplicativo IRI tomando datos durante el recorrido del vehículo (figura 27).

Figura 27

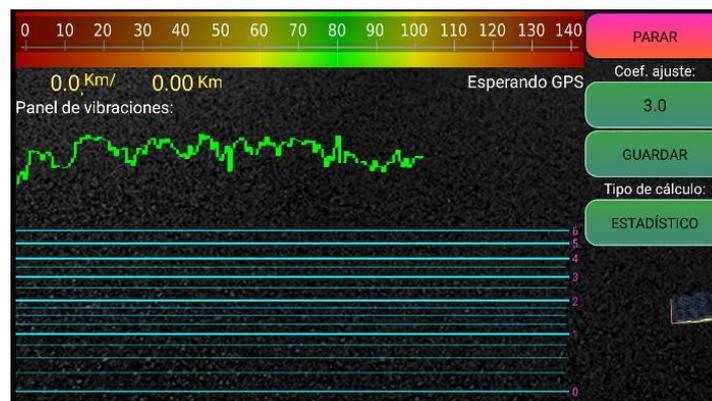
Icono de conteo



D. Terminado el recorrido presionamos la opción de parar y para concluir presionamos el botón de guardar los datos (figura 28).

Figura 28

Botón de parar el ensayo

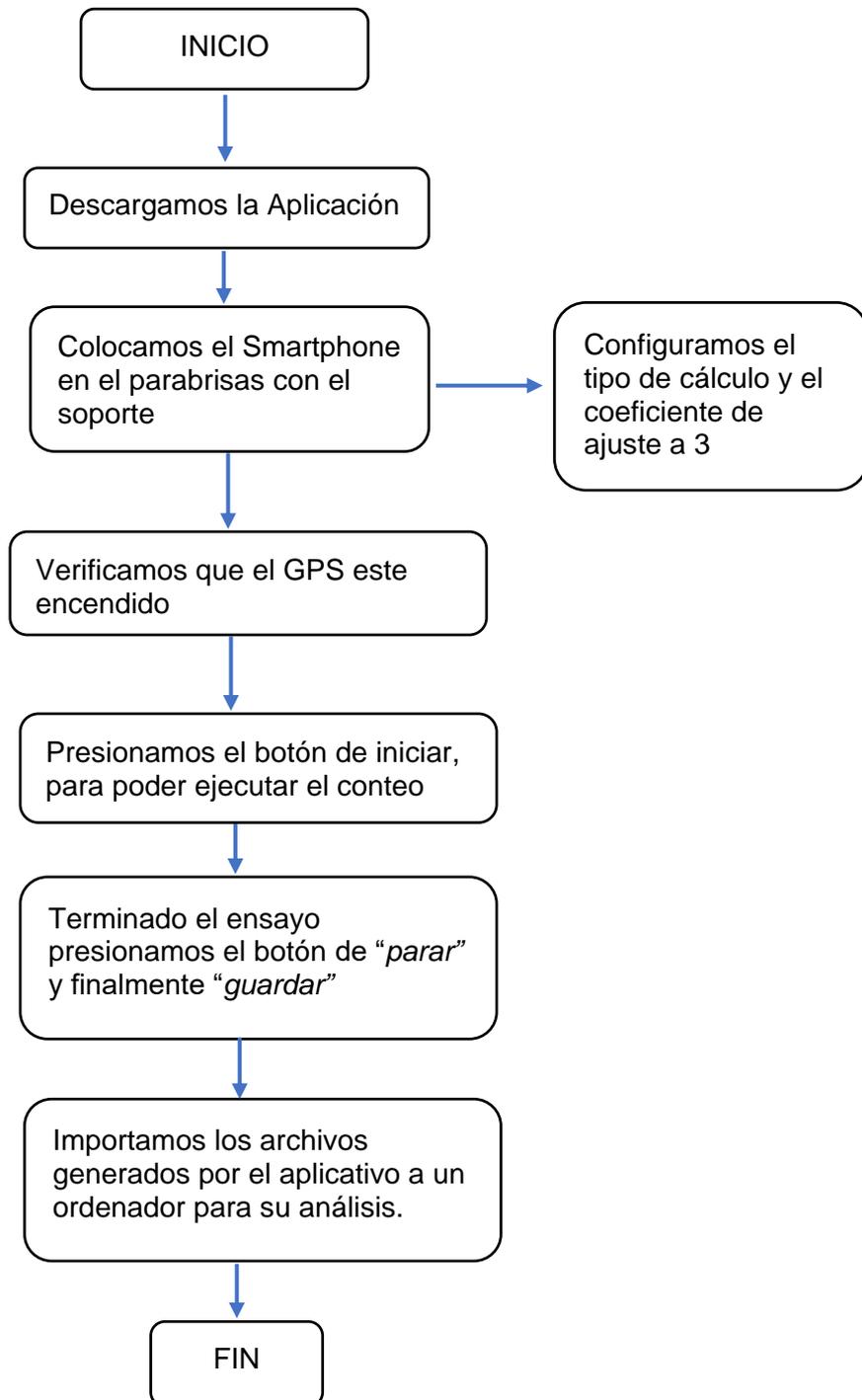


E. Al finalizar el Aplicativo emitirá un reporte con extensión .csv, seguido de un archivo con extensión .kml en el cual se puede observar el recorrido del vehículo.

Se observa en la figura 29 esquema para obtener el valor IRI mediante el aplicativo abakal IRI.

Figura 29

Flujograma de procedimiento para el abakal IRI



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Cálculo de la Rugosidad utilizando el Rugosímetro de merlín

Los tramos de evaluación fueron considerados cada 400 m, esta distancia resulta de la toma continua de lecturas haciendo un total de 200 lecturas. Los datos obtenidos se procesan en una hoja Excel de acuerdo a la metodología mencionada líneas arriba, para el tramo de evaluación se tiene 12 tramos en evaluación.

4.1.1 Muestra 01 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 4.

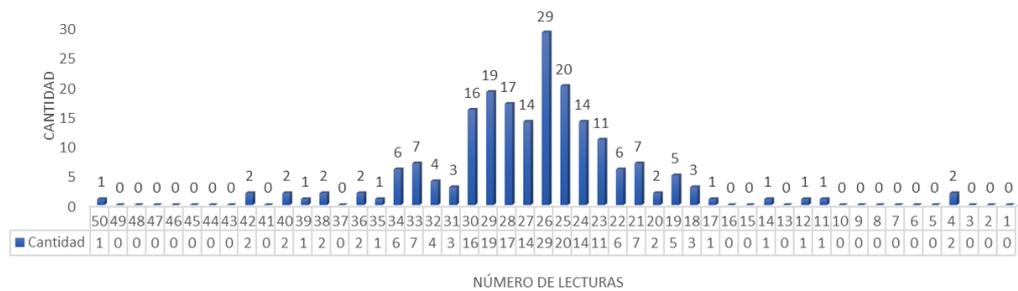
Tabla 4

Muestra 01 0+000 – 0+400

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	25	23	26	22	21	47	17	18	21
2	28	21	30	27	15	26	40	20	28	26
3	33	21	34	13	29	17	26	18	23	25
4	27	25	24	19	29	26	33	39	25	25
5	19	26	27	23	26	21	27	21	18	24
6	26	22	18	25	22	26	9	25	25	23
7	23	27	22	18	25	30	21	27	22	25
8	32	24	30	23	20	25	26	30	27	22
9	33	30	22	26	26	24	25	17	9	23
10	11	26	23	25	25	28	23	29	28	22
11	25	23	30	25	28	29	28	17	21	27
12	13	22	27	27	22	32	26	22	24	21
13	23	24	24	22	31	21	32	28	25	25
14	12	24	23	23	32	27	18	22	23	15
15	21	23	23	27	1	25	22	19	28	26
16	26	24	29	21	26	22	18	22	20	22
17	32	21	21	31	17	25	17	25	26	37
18	30	16	22	26	11	27	25	23	25	19
19	25	21	27	29	25	28	47	28	25	25
20	24	24	22	24	26	24	21	25	28	24

Figura 30

Distribución de Frecuencias del Muestra 01-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 01 con progresiva 0+000 al 0+400, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 30), un valor IRI de 3,88 m/km. Ver anexo 02.

4.1.2 Muestra 02 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 5.

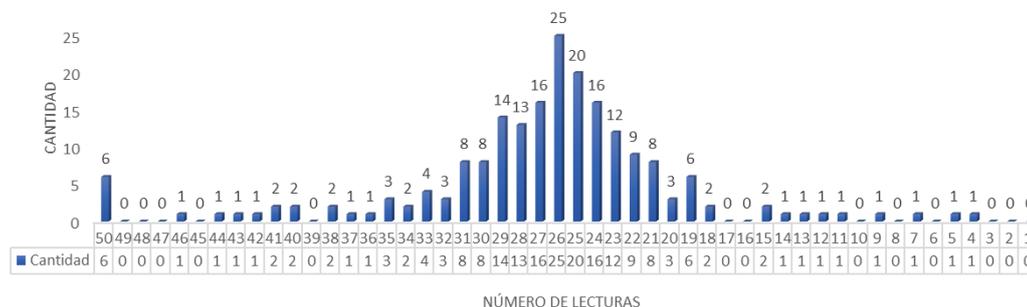
Tabla 5

Muestra 02 0+400 – 0+800

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	23	1	31	26	26	26	29	1	14
2	29	10	44	28	25	21	29	27	26	31
3	31	23	26	22	27	24	16	33	22	1
4	1	21	30	28	26	25	21	22	20	36
5	47	25	24	26	25	25	24	1	29	23
6	25	24	10	28	27	30	27	24	20	24
7	25	26	29	29	27	25	24	30	30	27
8	23	23	40	28	30	26	23	9	20	26
9	23	16	32	23	25	26	22	16	32	32
10	25	24	28	17	25	27	24	26	13	36
11	22	24	26	29	17	27	25	25	20	24
12	23	23	26	22	20	8	23	28	21	19
13	20	25	20	19	27	27	23	21	7	19
14	24	15	28	22	25	26	24	37	18	24
15	27	11	26	22	21	24	30	22	28	33
16	25	27	22	25	25	22	46	28	28	39
17	27	30	18	24	30	25	32	21	23	20
18	5	26	25	25	21	28	25	32	25	27
19	42	27	22	26	18	32	26	28	11	29
20	29	1	26	27	22	13	22	38	18	25

Figura 31

Distribución de Frecuencias del Muestra 02-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 02 con progresiva 0+400 al 0+800, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 31), un valor IRI de 5,09 m/km. Ver anexo 02.

4.1.3 Muestra 03 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 6.

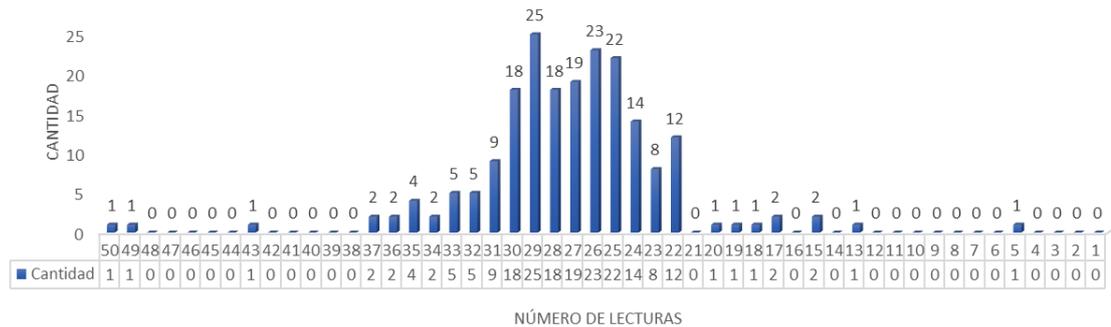
Tabla 6

Muestra 03 0+800 – 1+200

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	36	15	26	33	27	22	29	25	22	25
2	16	25	25	15	24	29	26	20	21	24
3	31	29	25	24	25	27	23	22	22	24
4	14	24	20	1	23	24	25	21	25	23
5	29	27	22	21	32	22	29	21	21	25
6	18	17	16	23	28	36	29	22	26	24
7	20	23	26	25	28	25	26	21	25	25
8	23	21	8	22	27	29	26	20	22	24
9	21	26	25	23	16	29	22	21	19	21
10	14	19	29	28	21	25	24	27	18	20
11	26	28	26	26	22	23	22	27	46	21
12	26	22	29	22	26	25	24	20	23	27
13	23	23	26	21	25	26	25	22	22	27
14	29	34	2	18	26	24	22	26	23	24
15	27	26	28	19	22	26	22	25	23	24
16	24	19	27	29	24	27	19	25	22	23
17	24	17	28	23	25	27	38	23	21	20
18	26	18	21	22	26	22	20	24	26	22
19	20	21	16	26	27	24	18	27	25	25
20	34	23	21	22	22	28	21	24	23	28

Figura 32

Distribución de Frecuencias del Muestra 03-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 03 con progresiva 0+800 al 1+200, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 32), un valor IRI de 3,17 m/km. Ver anexo 02.

4.1.4 Muestra 04 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 7.

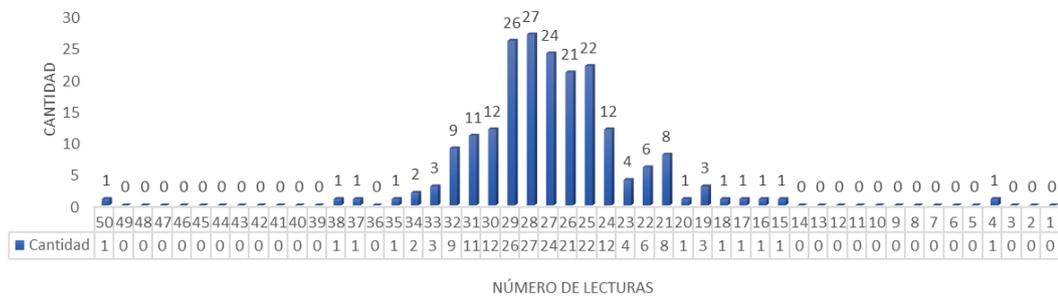
Tabla 7

Muestra 04 1+200 – 1+600

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	30	30	23	23	26	23	26	22	32
2	28	24	24	22	23	26	22	19	23	36
3	23	26	19	23	22	24	22	25	28	25
4	29	27	27	20	22	22	22	27	24	30
5	23	20	20	27	17	23	25	23	20	20
6	25	25	23	26	23	22	24	26	25	21
7	17	22	23	29	22	26	23	29	20	25
8	26	23	27	24	21	21	22	27	24	20
9	24	22	23	29	22	23	23	24	25	26
10	30	23	30	26	24	23	47	19	26	21
11	23	26	26	25	19	21	24	25	20	25
12	22	18	23	21	21	24	19	21	27	27
13	20	35	24	19	18	23	24	24	29	29
14	25	26	21	27	25	22	22	13	32	32
15	30	18	24	25	33	22	24	26	27	14
16	20	20	21	28	21	28	22	26	26	25
17	24	22	22	30	22	24	24	24	26	1
18	22	25	24	26	27	25	23	25	24	31
19	30	23	21	34	23	27	19	24	22	19
20	22	26	26	16	26	22	25	25	23	19

Figura 33

Distribución de Frecuencias del Muestra 04-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 04 con progresiva 1+200 al 1+600, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 33), un valor IRI de 2,89 m/km. Ver anexo 02.

4.1.5 Muestra 05 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 8.

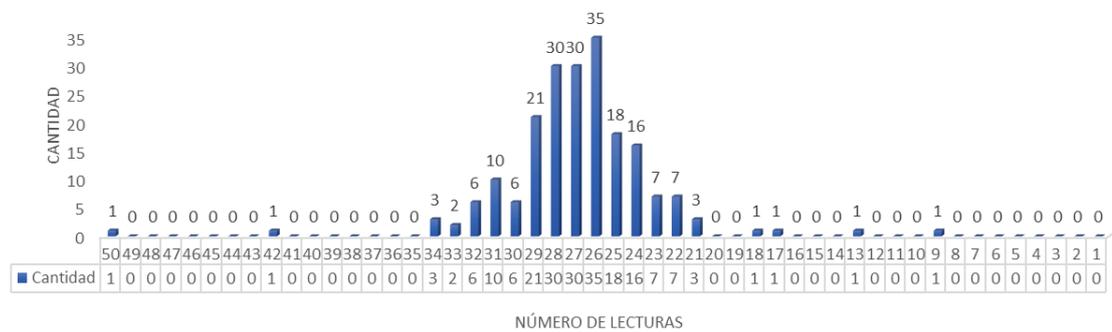
Tabla 8

Muestra 05 1+600 – 2+000

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	26	19	17	22	29	25	23	23	24
2	24	22	26	38	25	25	29	25	23	25
3	24	22	25	25	24	23	24	25	20	26
4	24	23	24	25	21	34	33	25	24	27
5	23	24	27	25	25	28	26	24	20	23
6	24	25	22	22	23	25	23	23	25	22
7	25	22	22	20	21	20	23	23	22	23
8	29	27	22	18	1	22	20	24	26	27
9	26	24	23	20	9	19	26	23	22	23
10	29	23	24	21	20	22	24	17	24	19
11	23	29	24	21	25	27	26	25	25	25
12	22	26	27	24	26	27	25	18	24	22
13	27	25	29	19	30	28	23	27	30	23
14	26	23	21	24	26	24	26	42	26	27
15	27	23	24	27	28	25	23	30	25	24
16	22	23	19	28	28	27	20	25	25	25
17	19	23	23	27	26	25	28	25	22	26
18	22	25	25	20	25	23	22	26	24	24
19	27	26	25	23	20	24	24	22	27	17
20	22	23	24	21	28	25	29	24	25	23

Figura 34

Distribución de Frecuencias del Muestra 05-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 05 con progresiva 1+600 al 2+000, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 34), un valor IRI de 2,56 m/km. Ver anexo 02.

4.1.6 Muestra 06 calzada derecha

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 9.

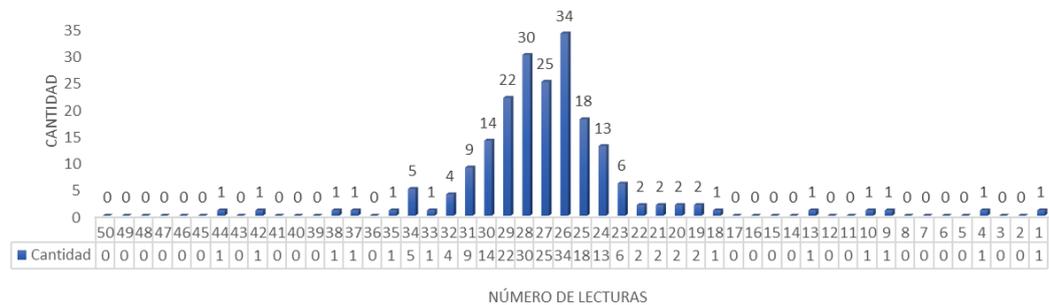
Tabla 9

Muestra 06 2+000 – 2+400

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	16	23	22	22	23	25	13	22	25
2	19	27	25	24	25	25	24	27	26	22
3	24	31	23	27	21	21	24	26	25	26
4	25	30	25	23	25	20	22	20	22	22
5	23	38	17	19	26	20	24	22	20	23
6	23	19	20	23	27	20	26	24	31	22
7	24	17	28	21	21	22	24	23	25	24
8	9	42	25	23	26	22	25	27	24	24
9	14	41	25	23	26	26	24	17	23	27
10	22	32	20	27	25	27	17	21	23	20
11	18	24	26	21	23	25	25	21	24	28
12	21	28	19	22	29	23	22	23	24	25
13	27	23	26	22	27	27	21	22	22	23
14	22	21	26	22	25	26	24	25	23	25
15	29	24	32	25	23	23	24	25	25	25
16	47	22	21	24	23	25	26	24	24	24
17	50	25	28	26	23	23	25	27	23	21
18	17	21	20	23	27	21	25	25	24	33
19	25	24	25	26	26	25	7	24	25	28
20	23	22	30	26	23	25	22	23	26	28

Figura 35

Distribución de Frecuencias del Muestra 06-derecha



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 06 con progresiva 2+000 al 2+400, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 35), un valor IRI de 3,13 m/km. Ver anexo 02.

4.1.7 Muestra 01 calzada izquierda

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 10.

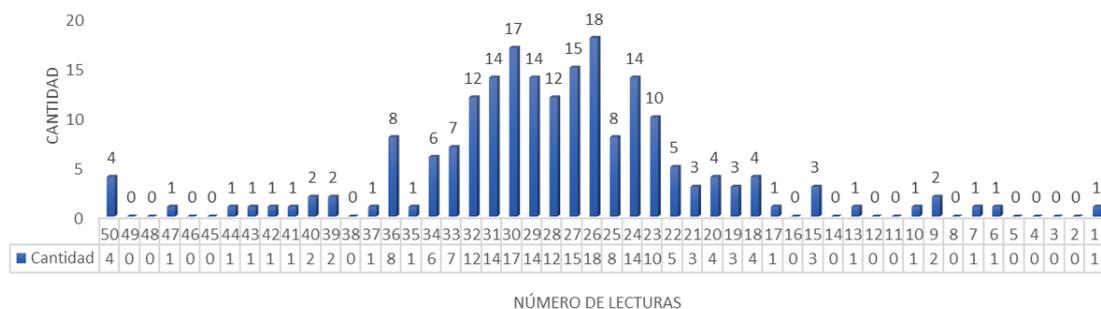
Tabla 10

Muestra 01 0+000 – 0+400

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	19	25	24	18	29	23	25	21	19	50
2	27	12	27	31	18	20	20	36	19	36
3	24	16	29	19	20	17	17	25	42	27
4	21	32	20	20	21	19	23	20	18	28
5	20	21	1	23	24	31	24	22	21	21
6	25	21	26	27	18	23	15	32	31	28
7	27	27	22	22	26	45	25	24	33	25
8	28	27	23	23	25	8	21	1	7	25
9	15	28	17	27	9	24	21	11	33	24
10	29	25	15	20	27	21	23	1	20	26
11	23	22	17	28	1	15	23	33	20	20
12	24	26	29	20	26	22	22	31	24	28
13	25	24	21	22	22	33	24	4	27	25
14	10	25	15	21	28	22	24	30	44	26
15	38	19	27	21	25	15	27	27	22	20
16	42	19	12	25	22	25	29	25	24	26
17	41	21	21	30	17	22	18	19	18	24
18	19	21	28	30	14	26	36	25	23	25
19	28	23	22	11	18	27	22	24	23	28
20	15	20	21	15	19	34	19	17	32	19

Figura 36

Distribución de Frecuencias del Muestra 01-izquierda



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 01 con progresiva 0+000 al 0+400, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 36), un valor IRI de 4,99 m/km. Ver anexo 02.

4.1.8 Muestra 02 calzada izquierda

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 11.

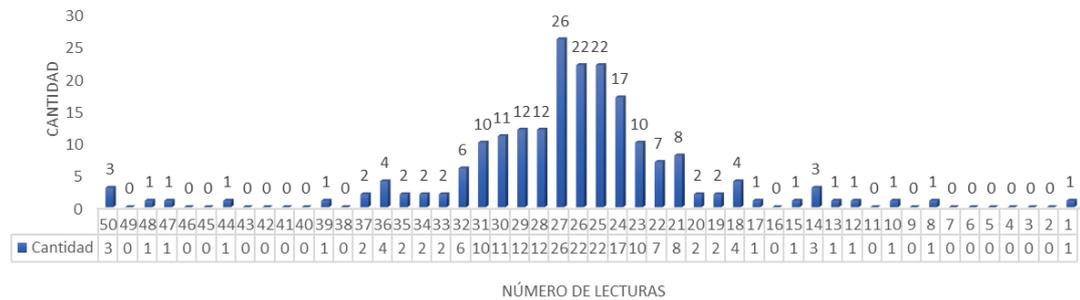
Tabla 11

Muestra 02 0+400 – 0+800

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	26	23	21	26	30	24	30	27	27
2	26	25	25	24	26	1	20	25	20	28
3	21	30	25	24	26	25	22	30	19	37
4	19	24	24	28	27	21	20	28	24	15
5	27	26	25	24	27	25	28	37	20	41
6	1	30	25	28	25	25	25	24	24	3
7	24	26	27	27	24	20	15	15	27	39
8	19	29	24	25	27	28	24	17	21	29
9	25	23	28	24	27	21	23	20	29	31
10	26	20	26	25	25	24	24	28	22	50
11	26	17	30	26	24	26	23	31	24	1
12	21	22	25	26	24	20	27	27	36	19
13	20	27	22	30	29	26	22	22	30	23
14	24	32	26	24	14	18	19	33	24	25
15	26	29	21	24	28	23	16	24	21	21
16	26	29	25	23	25	22	32	24	38	16
17	26	33	23	26	24	22	27	22	43	33
18	25	37	23	25	33	26	27	29	34	22
19	25	21	20	26	22	27	15	19	4	12
20	26	14	27	23	23	28	23	18	7	22

Figura 37

Distribución de Frecuencias del Muestra 02-izquierda



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 02 con progresiva 0+400 al 0+800, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 37), un valor IRI de 4,26 m/km. Ver anexo 02.

4.1.9 Muestra 03 calzada izquierda

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 12.

Tabla 12

Muestra 03 0+800 – 1+200

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	17	29	21	29	29	1	22	14	20
2	26	15	21	27	27	28	19	23	25	20
3	28	22	28	25	29	15	30	26	30	22
4	16	24	24	23	23	25	30	27	31	29
5	26	21	23	16	23	30	27	26	16	23
6	26	20	25	27	23	25	25	24	32	31
7	30	26	26	21	25	30	13	32	16	17
8	14	26	25	28	31	36	25	30	33	33
9	30	24	20	22	24	31	21	20	18	24
10	17	31	28	21	18	30	15	20	28	17
11	23	14	23	26	26	25	27	18	18	12
12	22	30	25	20	22	25	25	28	21	17
13	26	29	23	27	24	35	28	26	28	27
14	28	30	20	24	27	26	25	33	19	30
15	27	23	29	38	26	19	50	21	23	31
16	25	19	26	29	18	14	29	16	26	17
17	27	22	22	25	19	36	34	22	23	27
18	14	31	25	10	24	26	30	24	26	24
19	28	35	17	25	23	16	23	26	19	21
20	26	19	20	27	25	27	25	33	28	21

Figura 38

Distribución de Frecuencias del Muestra 03-izquierda



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 03 con progresiva 0+800 al 1+200, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 38), un valor IRI de 4,10 m/km. Ver anexo 02.

4.1.10 Muestra 04 calzada izquierda

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 13.

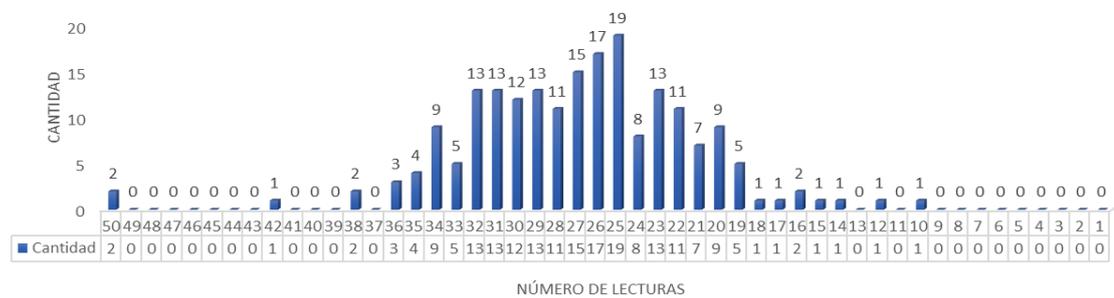
Tabla 13

Muestra 04 1+200 – 1+600

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	26	29	28	28	17	24	33	19	35
2	25	20	30	29	21	18	36	27	28	23
3	23	29	17	25	30	27	32	32	22	31
4	21	23	22	19	25	22	16	20	30	29
5	22	30	28	26	20	24	28	24	28	25
6	23	26	25	24	23	26	1	26	24	27
7	22	26	21	16	19	31	35	23	23	25
8	17	24	24	20	26	18	37	22	20	19
9	19	28	19	17	9	22	29	15	26	15
10	26	24	26	26	17	26	32	25	17	13
11	24	21	24	21	30	23	22	31	27	19
12	30	23	22	19	41	25	20	31	18	27
13	19	31	19	31	30	16	29	16	18	28
14	25	18	20	39	28	23	20	26	25	29
15	21	21	20	27	25	32	21	22	25	25
16	28	24	26	27	13	31	19	22	26	24
17	25	28	20	25	24	28	21	23	15	22
18	21	27	19	25	21	1	17	31	20	24
19	29	29	22	26	17	31	26	26	34	29
20	32	26	20	29	21	28	17	19	20	25

Figura 39

Distribución de Frecuencias del Muestra 04-izquierda



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 04 con progresiva 1+200 al 1+600, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 39), un valor IRI de 3,74 m/km. Ver anexo 02.

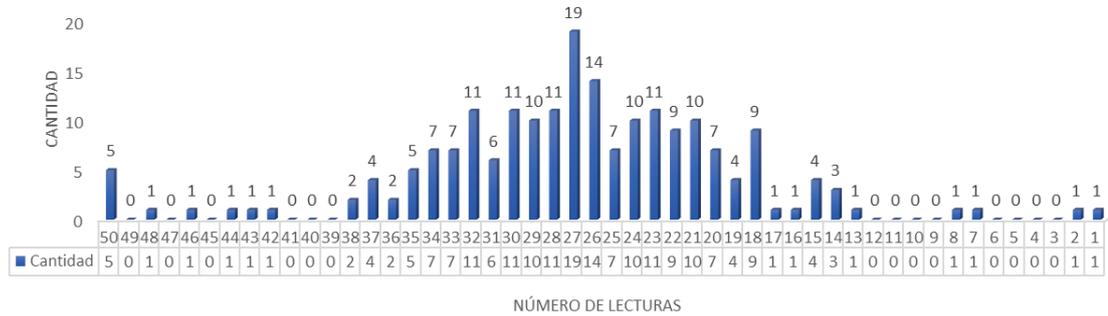
4.1.11 Muestra 05 calzada izquierda

Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 14.

Tabla 14

Muestra 05 1+600 – 2+000

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	24	23	23	17	18	24	21	22	29
2	36	15	24	29	31	19	16	21	3	18
3	23	27	18	30	28	16	27	19	29	29
4	16	33	22	16	25	20	7	25	8	21
5	36	23	23	13	31	21	36	23	22	33
6	29	33	25	25	28	44	14	25	28	27
7	27	19	21	28	25	1	34	37	19	1
8	23	18	25	21	27	25	29	38	30	30
9	28	27	33	23	18	28	14	24	1	20
10	24	18	24	17	26	33	35	24	24	26
11	26	24	14	28	27	32	30	21	22	23
12	16	28	33	17	31	19	24	29	30	28
13	26	30	19	24	24	30	22	23	33	50
14	30	21	28	19	37	31	27	24	15	49
15	20	31	24	37	25	24	22	25	30	24
16	25	20	9	17	22	32	24	26	17	27
17	19	22	19	32	17	26	17	24	25	1
18	25	13	32	22	31	1	28	19	43	31
19	14	18	19	30	20	24	5	29	23	26
20	36	21	33	21	21	33	25	27	22	20

Figura 40*Distribución de Frecuencias del Muestra 05-izquierda*

Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 05 con progresiva 1+600 al 2+000, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 40), un valor IRI de 5,19 m/km. Ver anexo 02.

4.1.12 Muestra 06 calzada izquierda

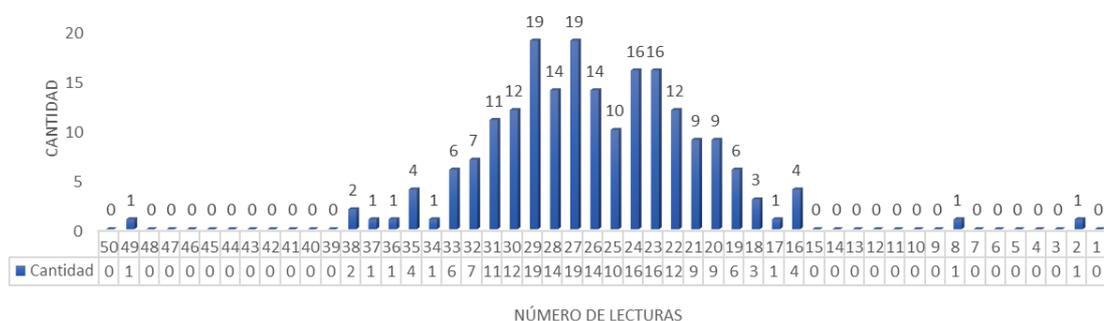
Se puede observar las lecturas de campo en la tabla 15.

Tabla 15*Muestra 06 2+000 – 2+400*

Orden de medición	Lecturas de campo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	24	22	25	21	27	30	24	21	22
2	24	29	24	28	25	16	25	32	26	23
3	22	28	31	21	28	24	28	29	29	29
4	25	29	26	20	25	25	28	28	28	28
5	35	22	19	26	22	32	27	21	29	22
6	24	25	27	19	22	35	29	22	21	28
7	29	22	35	19	23	20	49	20	33	22
8	23	18	13	34	19	18	27	28	27	30
9	29	23	29	18	31	26	2	18	24	25
10	22	27	20	16	30	20	33	20	30	24
11	23	23	20	31	22	22	23	24	20	22
12	32	21	23	24	35	22	28	22	26	30
13	27	30	27	26	31	19	16	24	23	25
14	27	26	23	25	27	32	28	27	28	24
15	32	24	33	24	25	31	14	21	27	30
16	24	18	15	25	32	26	19	19	24	21
17	31	23	23	30	13	20	30	20	24	25
18	21	21	24	23	26	16	18	25	27	43
19	29	20	21	27	24	22	26	31	27	23
20	28	21	28	28	27	22	31	17	31	22

Figura 41

Distribución de Frecuencias del Muestra 06-izquierda



Continuando con el procedimiento de cálculo en la muestra 06 con progresiva 2+000 al 2+400, se obtiene un histograma de frecuencias (figura 41), un valor IRI de 3,52 m/km. Ver anexo 02.

4.2 Reporte del aplicativo abakal IRI calzada derecha

Con el aplicativo abakal IRI obtenemos el siguiente reporte que se muestra en la tabla 16 la cual muestra resultados del valor IRI cada 100 m, también es posible observar el grafico de trayectoria del vehículo utilizado (figura 42) y comportamiento del valor IRI (figura 43).

Tabla 16

Reporte de abakal IRI calzada derecha

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,99605	-70,22521	687	59,65	0	3,90
-17,99542	-70,22447	691	65,3	100	3,85
-17,99467	-70,22386	695	62,5	200	3,92
-17,99409	-70,22304	698	60,91	300	3,78
-17,99372	-70,22204	701	59,72	400	4,10
-17,99328	-70,22117	704	49,39	500	5,10
-17,99258	-70,22054	706	50,83	600	5,46
-17,99175	-70,22003	709	57,89	700	5,68
-17,99112	-70,21923	712	68,9	800	5,97

Tabla 16 continuación

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,99042	-70,21862	715	76,86	900	3,19
-17,9897	-70,21794	718	75,1	1 000	3,94
-17,98909	-70,21702	721	74,45	1 100	4,52
-17,98856	-70,21616	725	82,04	1 200	2,98
-17,98799	-70,2153	728	77,33	1 300	3,28
-17,98735	-70,21453	731	77	1 400	4,12
-17,98677	-70,21373	734	76,9	1 500	3,82
-17,98615	-70,21296	736	76,54	1 600	3,21
-17,98554	-70,21224	740	71,68	1 700	2,78
-17,98483	-70,21139	743	72,79	1 800	2,91
-17,98421	-70,21066	745	76,18	1 900	2,63
-17,98352	-70,20995	748	78,3	2 000	2,73
-17,98273	-70,20935	751	77,51	2 100	2,36
-17,98187	-70,20885	755	79,6	2 200	2,77
-17,98097	-70,20835	758	81,43	2 300	3,78
-17,98009	-70,20784	761	53,75	2 400	5,87

Figura 42

Reporte del recorrido calzada derecha

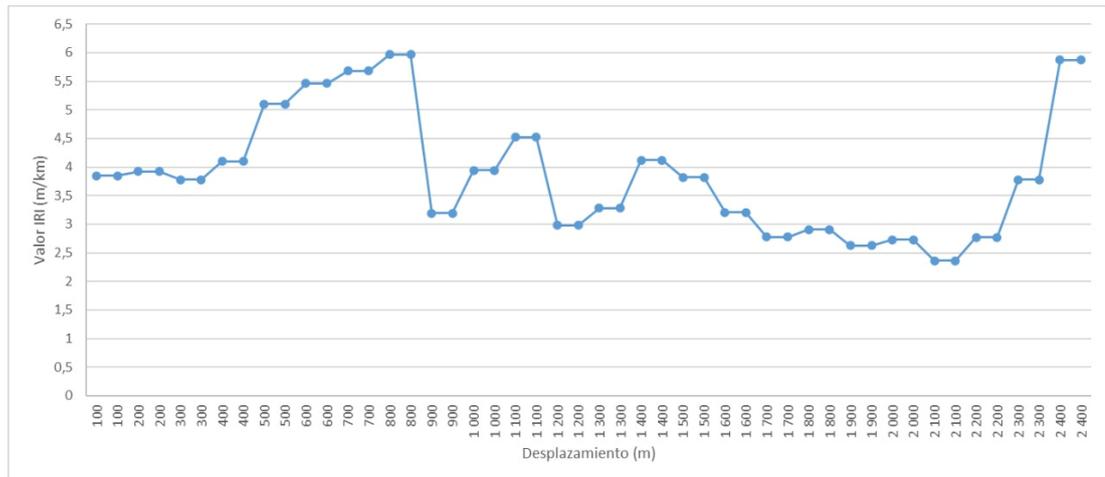


Nota. Imagen obtenida del reporte de la aplicación abakal IRI (2022).

Con los valores IRI obtenidos con el aplicativo abakal podemos generar un gráfico del comportamiento de la rugosidad.

Figura 43

Comportamiento del valor IRI calzada derecha



4.3 Reporte del aplicativo abakal IRI carril izquierdo

La tabla 17 muestra los valores IRI cada 100 m en la calzada izquierda con una velocidad promedio de 74 km/h, también es posible observar el grafico de trayectoria del vehículo utilizado (figura 44).

Tabla 17

Reporte de abakal IRI calzada izquierda

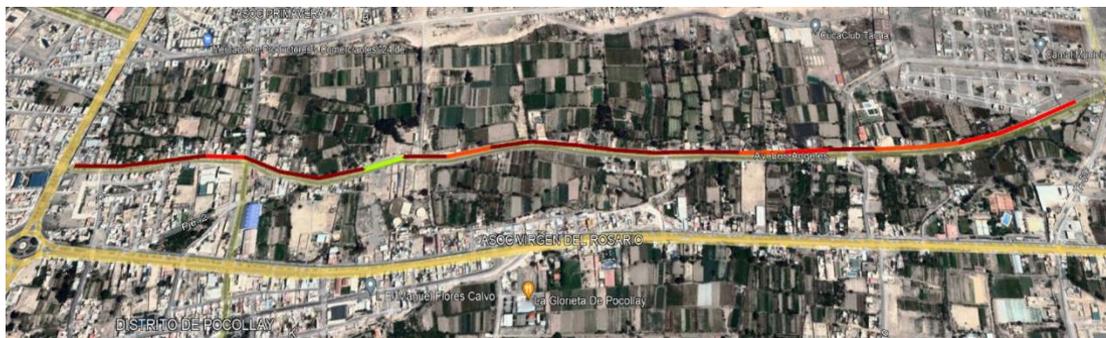
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,98114	-70,20855	757	60,12	0	2,83
-17,98205	-70,20903	753	79,13	100	3,68
-17,98295	-70,20958	750	76,21	200	4,04
-17,98372	-70,21022	746	73,87	300	6,00
-17,98442	-70,21099	742	75,42	400	5,02
-17,98506	-70,21177	739	67,18	500	3,72
-17,98568	-70,2125	738	69,74	600	5,07
-17,98633	-70,21329	735	61,6	700	4,15
-17,98699	-70,21418	732	72	800	3,61
-17,98761	-70,21496	729	70,85	900	4,45
-17,98817	-70,21566	729	75,73	1 000	5,26
-17,98867	-70,21646	724	77,38	1 100	5,18

Tabla 17 continuación

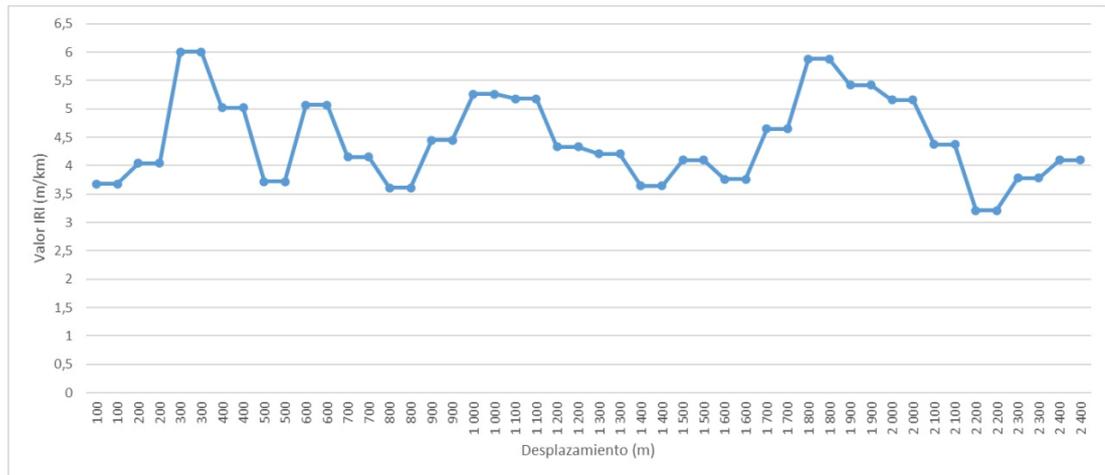
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,98911	-70,21733	722	77,27	1 200	4,33
-17,98968	-70,21809	718	71,41	1 300	4,21
-17,99038	-70,21869	715	71,17	1 400	3,64
-17,99111	-70,21939	711	77,64	1 500	4,10
-17,99171	-70,22014	709	70,19	1 600	3,76
-17,99258	-70,22066	707	74,14	1 700	4,65
-17,99325	-70,22131	704	77,41	1 800	5,88
-17,99367	-70,22219	702	77,79	1 900	5,42
-17,994	-70,22311	702	80,66	2 000	5,16
-17,99458	-70,22389	700	81,63	2 100	4,37
-17,99527	-70,2245	696	78,18	2 200	3,21
-17,9959	-70,22521	691	78,11	2 300	3,78
-17,99644	-70,22591	690	79,51	2 400	4,10

Figura 44

Reporte del recorrido calzada izquierda



Con los valores IRI obtenidos con el aplicativo abakal podemos generar un gráfico del comportamiento de la rugosidad (figura 45).

Figura 45*Comportamiento del valor IRI calzada izquierda*

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Análisis de resultados del rugosímetro de merlín

Al determinar las características de la rugosidad del pavimento flexible, mediante el rugosímetro de merlín entre el tramo Av. Jorge Basadre hasta la progresiva 2+400km, los resultados para la calzada derecha es 3,45 m/km, para la calzada izquierda es 4,30 m/km que representan el IRI promedio para cada uno de las calzadas. El valor IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda es igual a 3,88 m/km, y según la tabla 19 se califica el estado del pavimento como “*regular*”, frente a lo mencionado se acepta la hipótesis específica “a”, donde refiere el estado del pavimento como “*regular*”. Por otro lado según Mamani y Vallejos (2020) Analizaron el pavimento flexible de la av. Juan Moore, tramo: calle Argentina - calle Precursores, el cual consta de dos carriles (subida y bajada) y una longitud de 1 600m, mediante el empleo del rugosímetro calcularon la Rugosidad del carril derecho (IRI = 7,9865 m/km), en el carril izquierdo (IRI=7,15425 m/km), en consecuencia el valor promedio (IRI = 7,57 m/km), dicho valor clasifica el estado del pavimento como Malo.

Esto significa que el pavimento analizado en esta investigación se encuentra en mejor estado, comparado al de la av. Juan Moore que se inicia en el distrito Alto del Alianza y termina en el distrito Ciudad Nueva.

En la tabla 18 se observa los resultados obtenidos mediante el rugosímetro de Merlín cada 400m.

Tabla 18

Resumen de valores IRI – Av. Los Ángeles

Calzada derecha		Calzada izquierda	
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Progresiva	Rugosidad (m/km)
0+000 - 0+400	3,88	0+000 - 0+400	4,99
0+400 - 0+800	5,09	0+400 - 0+800	4,26
0+800 - 1+200	3,17	0+800 - 1+200	4,10
1+200 - 1+600	2,89	1+200 - 1+600	3,74
1+600 - 2+000	2,56	1+600 - 2+000	5,19
2+000 - 2+400	3,13	2+000 - 2+400	3,52
Promedio	3,45	Promedio	4,30

5.1.1 Clasificación del estado del pavimento

Para el Perú se han fijado los valores IRI que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 19

Valores IRI para determinar el estado vial en Perú

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2,8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2,8 < IRI \leq 4,0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4,0 < IRI \leq 5,0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Nota. Fuente: MTC - Especificaciones Técnicas para la conservación de Carreteras (2018).

Los valores de rugosidad y estado del pavimento por cada progresiva se muestran en la tabla 20.

Tabla 20

Estado del pavimento mediante el rugosímetro de Merlin

Calzada derecha			Calzada izquierda		
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento	Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento
0+000 - 0+400	3,88	Regular	0+000 - 0+400	4,99	Malo
0+400 - 0+800	5,09	Muy malo	0+400 - 0+800	4,26	Malo
0+800 - 1+200	3,17	Regular	0+800 - 1+200	4,10	Malo
1+200 - 1+600	2,89	Regular	1+200 - 1+600	3,74	Regular
1+600 - 2+000	2,56	Bueno	1+600 - 2+000	5,19	Muy malo
2+000 - 2+400	3,13	Regular	2+000 - 2+400	3,52	Regular
Promedio	3,45	Regular	Promedio	4,30	Malo

En la calzada derecha de la avenida se visualiza un resultado igual a 5,09 m/km progresiva 0+400-0+800. El estado del pavimento “muy malo” se debe a que se ha realizado un cambio de tuberías de desagüe la cual presenta un desgaste mayor en

capa de rodadura, esta franja se presenta en la huella de tránsito aprox. 1,50 m del borde de la vía. Ver figura 46.

Figura 46

Parqueo y acometida de servicio público



El estado del pavimento resultante de esta investigación en un tramo de la avenida Los Ángeles, evidencia que ciertas unidades de muestra en la calzada izquierda se califican como malo, es el caso de la progresiva 0+000 – 0+400, 0+400 – 0+800, 0+800 – 1+200. Se presentan las siguientes imágenes a fin de evidenciar su estado. En la progresiva 0+000 – 0+400 (figura 47), 0+400 – 0+800 (figura 48) se constata que el parchado y la huella vehicular coinciden, la reposición de la carpeta asfáltica en la red de desagüe presenta un parcheo en su longitud y una desintegración superficial debido a que, la mezcla presente es de mala calidad., la calificación de rugosidad “*mala*” obtenida en la investigación presente se debe a las causas mencionadas.

En la progresiva 0+800 – 1+200 (figura 49) de la calzada izquierda se aprecia que la vía reduce su ancho a un carril debido a las reparaciones que ha sufrido la carpeta asfáltica y afectan la mitad del carril, así mismo esta reparación es de menor calidad comparado con el asfalto de la vía lo que ha ocasionado una meteorización a pesar del parchado.

La presencia de trabajos incompletos en esta unidad de muestra hace poco transitable esta parte de la vía y la filtración producida por el canal adyacente ocasiona un deterioro mayor alcanzando en algunos puntos una filtración y daño a la estructura del pavimento. Las intervenciones realizadas por la entidad prestadora de

servicios (EPS) no han sido de calidad, la presencia de una meteorización prematura del asfalto nos hace concluir que es de baja calidad comparado con el asfalto existente.

Figura 47

Parqueo y meteorización prog.0+000 - 0+400



Figura 48

Parqueo y meteorización prog.0+400 - 0+800



Figura 49

Filtración y daños en la estructura del pavimento



En la progresiva 1+600 – 2+000 la calificación de rugosidad alcanza un nivel “*muy malo*”, En la unidad de muestra se observa que el parchado se mantiene, pero la carpeta asfáltica antigua ha sufrido una meteorización debido al tiempo que lleva en servicio sin un manteniendo necesario y la presencia de vehículos pesados también ocasiona el desgaste. El parchado se extiende por la unidad de muestra como se aprecia en la figura 50 y 51, en la figura 52 se observa la presencia de huecos con diámetros menores a 0,90 m adyacentes a la berma central de la Av. Los Ángeles.

Figura 50

Meteorización prog. 1+600 - 2+000



Figura 51

Meteorización y vehículo de gran carga

**Figura 52**

Huecos en la vía



5.1.2 Análisis de la transitabilidad usando el rugosímetro de Merlín

Ahora procedemos a calificar el estado del pavimento flexible según su transitabilidad presente, tomaremos como referencia la tabla 21. El valor promedio de transitabilidad de la calzada derecha es 2,67 y calzada izquierda es 2,29, esto quiere decir que el estado promedio del pavimento de la calzada derecha es “regular”,

el estado promedio del pavimento de la calzada izquierda es “regular”. La transitabilidad promedio de ambas calzadas es “regular”.

Tabla 21

Calificación de la transitabilidad con el Rugosímetro de Merlín

Calzada derecha				Calzada izquierda			
Progresiva	Rugosidad (m/km)	PSI	Transitabilidad	Progresiva	Rugosidad (m/km)	PSI	Transitabilidad
0+000 - 0+400	3,88	2,47	Regular	0+000 - 0+400	4,99	2,02	Regular
0+400 - 0+800	5,09	1,98	Malo	0+400 - 0+800	4,26	2,30	Regular
0+800 - 1+200	3,17	2,81	Regular	0+800 - 1+200	4,10	2,37	Regular
1+200 - 1+600	2,89	2,96	Regular	1+200 - 1+600	3,74	2,53	Regular
1+600 - 2+000	2,56	3,14	Bueno	1+600 - 2+000	5,19	1,95	Malo
2+000 - 2+400	3,13	2,83	Regular	2+000 - 2+400	3,52	2,64	Regular
Promedio	3,45	2,67	Regular	Promedio	4,30	2,29	Regular
Promedio 2,48							

5.2 Análisis de resultados del aplicativo abakal IRI

Al determinar las características de la rugosidad del pavimento flexible, mediante el aplicativo abakal IRI entre el tramo Av. Jorge Basadre hasta la progresiva 2+400 km, los resultados para la calzada derecha es 3,86 m/km, para la calzada izquierda es 4,45 m/km, que representan el IRI promedio para cada uno de las calzadas. De la tabla 22, se puede apreciar los valores promedio obtenidos mediante el aplicativo abakal IRI, con los valores obtenidos de ambas calzadas derecha e izquierda se obtienen un IRI promedio de 4,16 m/km el cual mediante la tabla 19 se califica el estado del pavimento como “malo”, frente a lo mencionado se acepta la hipótesis específica “b”, donde refiere el estado del pavimento como “malo”.

Por otro lado según Arce (2020) Analizó el pavimento flexible de la av. Universitaria ubicado en el Distrito de Pillcomarca, Provincia Huánuco, Región Huánuco con una longitud de 1 300 m, mediante el aplicativo abakal IRI se obtuvo el valor promedio (IRI = 14,06 m/km), dicho valor clasifica el estado del pavimento como “Muy Malo”.

Esto significa que el pavimento analizado en esta investigación se encuentra en mejor estado, comparado al de la av. Universitaria en el Distrito de Pillcomarca, Provincia Huánuco, Región Huánuco.

Mediante el aplicativo abakal IRI se obtuvo los siguientes resultados. Para este caso agruparemos los valores cada 400 m, debido a que los resultados mediante el rugosímetro Merlín se presentan de este modo.

Tabla 22

Valores obtenidos del aplicativo abakal IRI cada 400 m

Calzada derecha (subida)				Calzada izquierda (bajada)			
Distancia	Velocidad	Valor IRI (m/km)	Promedio C/400 (m/km)	Distancia	Velocidad	Valor IRI (m/km)	Promedio C/400 (m/km)
0	59,65	3,9		0	60,12	2,83	
100	65,3	3,85		100	79,13	3,68	
200	62,5	3,92	3,91	200	76,21	4,04	4,69
300	60,91	3,78		300	73,87	6	
400	59,72	4,1		400	75,42	5,02	
500	49,39	5,1		500	67,18	3,72	
600	50,83	5,46	5,55	600	69,74	5,07	4,14
700	57,89	5,68		700	61,6	4,15	
800	68,9	5,97		800	72	3,61	
900	76,86	3,19		900	70,85	4,45	
1 000	75,1	3,94	3,66	1 000	75,73	5,26	4,81
1 100	74,45	4,52		1 100	77,38	5,18	
1 200	82,04	2,98		1 200	77,27	4,33	
1 300	77,33	3,28		1 300	71,41	4,21	
1 400	77	4,12	3,61	1 400	71,17	3,64	3,93
1 500	76,9	3,82		1 500	77,64	4,1	
1 600	76,54	3,21		1 600	70,19	3,76	
1 700	71,68	2,78		1 700	74,14	4,65	
1 800	72,79	2,91	2,76	1 800	77,41	5,88	5,28
1 900	76,18	2,63		1 900	77,79	5,42	
2 000	78,3	2,73		2 000	80,66	5,16	
2 100	77,51	2,36		2 100	81,63	4,37	
2 200	79,6	2,77	3,70	2 200	78,18	3,21	3,87
2 300	81,43	3,78		2 300	78,11	3,78	
2 400	53,75	5,87		2 400	79,51	4,1	
Promedio	69,70		3,86	Promedio	74,17		4,45
IRI Promedio 4,16 m/km							

5.2.1 Análisis de la transitabilidad el aplicativo abakal IRI.

Ahora procedemos a calificar el estado del pavimento flexible según su transitabilidad presente, tomaremos como referencia la tabla 23. El valor promedio de transitabilidad de la calzada derecha es 2,48 y calzada izquierda es 2,22, esto quiere decir que el estado promedio de la calzada derecha es “regular”, el estado promedio de la calzada izquierda es “regular”. La transitabilidad promedio de ambas calzadas es “regular”.

Tabla 23

Calificación de la transitabilidad con el uso del abakal IRI

Calzada derecha				Calzada izquierda			
Progresiva	Rugosidad (m/km)	PSI	Transitabilidad	Progresiva	Rugosidad (m/km)	PSI	Transitabilidad
0+000 - 0+400	3,91	2,46	Regular	0+000 - 0+400	4,69	2,13	Regular
0+400 - 0+800	5,55	1,82	Malo	0+400 - 0+800	4,14	2,36	Regular
0+800 - 1+200	3,66	2,57	Regular	0+800 - 1+200	4,81	2,09	Regular
1+200 - 1+600	3,61	2,59	Regular	1+200 - 1+600	3,93	2,45	Regular
1+600 - 2+000	2,76	3,03	Bueno	1+600 - 2+000	5,28	1,91	Malo
2+000 - 2+400	3,70	2,55	Regular	2+000 - 2+400	3,87	2,47	Regular
Promedio	3,87	2,48	Regular	Promedio	4,45	2,22	Regular
Promedio 2,35							

5.3 Similitud de resultados del rugosímetro de merlín y abakal IRI

Se observa en la tabla 24 que la calzada derecha presenta una similitud de 89,35% mientras que la calzada izquierda la similitud es 96,56%, resultados del Índice de Rugosidad Internacional aplicando ambas metodologías.

En la tabla 25 que la calzada derecha presenta una similitud de 92,77% mientras que en la calzada izquierda la similitud es 97,10%, resultados de la transitabilidad aplicando ambas metodologías.

Tabla 24*Porcentaje de similitud IRI*

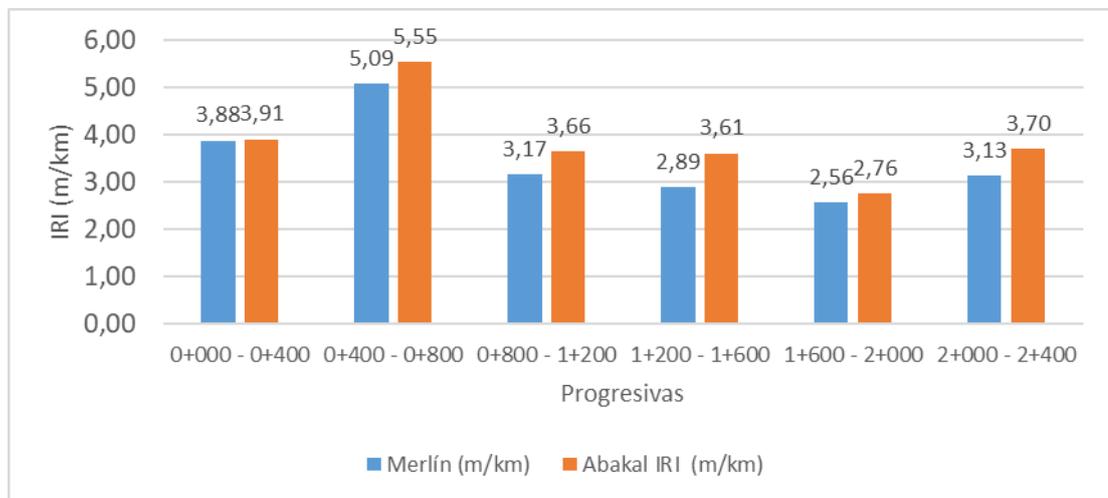
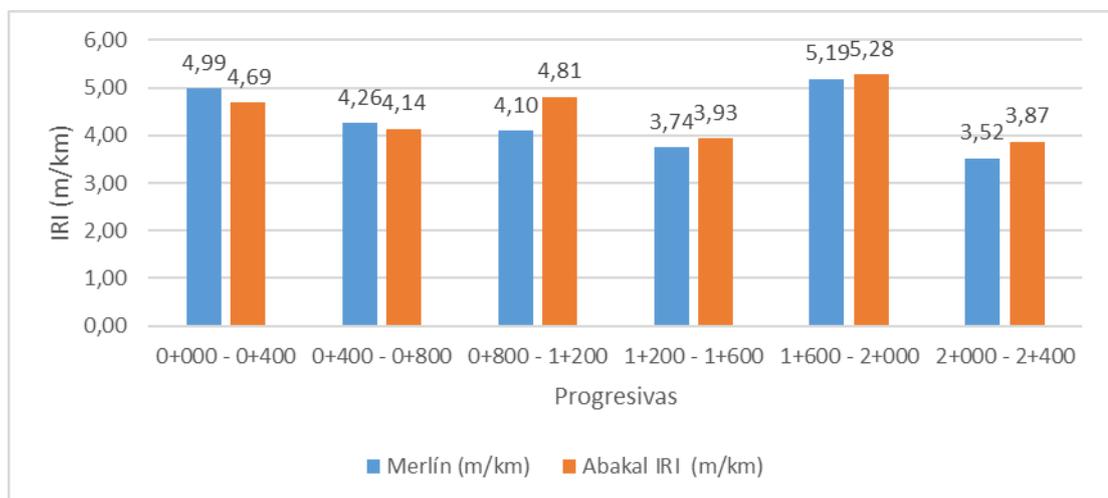
Calzada derecha			Calzada izquierda		
Progresiva	Merlín (m/km)	Abakal IRI (m/km)	Progresiva	Merlín (m/km)	Abakal IRI (m/km)
0+000 - 0+400	3,88	3,91	0+000 - 0+400	4,99	4,69
0+400 - 0+800	5,09	5,55	0+400 - 0+800	4,26	4,14
0+800 - 1+200	3,17	3,66	0+800 - 1+200	4,10	4,81
1+200 - 1+600	2,89	3,61	1+200 - 1+600	3,74	3,93
1+600 - 2+000	2,56	2,76	1+600 - 2+000	5,19	5,28
2+000 - 2+400	3,13	3,70	2+000 - 2+400	3,52	3,87
Promedio	3,45	3,87	Promedio	4,30	4,45
% Similitud	89,35		% Similitud	96,56	

Tabla 25*Porcentaje de similitud de transitabilidad*

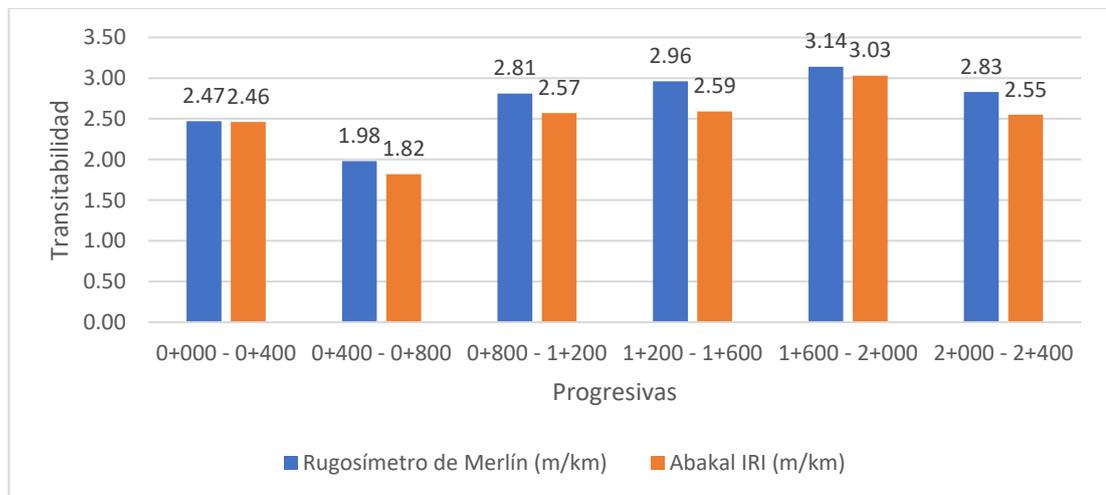
Calzada derecha			Calzada izquierda		
Progresiva	Merlín	Abakal IRI	Progresiva	Merlín	Abakal IRI
0+000 - 0+400	2,47	2,46	0+000 - 0+400	2,02	2,13
0+400 - 0+800	1,98	1,82	0+400 - 0+800	2,30	2,36
0+800 - 1+200	2,81	2,57	0+800 - 1+200	2,37	2,09
1+200 - 1+600	2,96	2,59	1+200 - 1+600	2,53	2,45
1+600 - 2+000	3,14	3,03	1+600 - 2+000	1,95	1,91
2+000 - 2+400	2,83	2,55	2+000 - 2+400	2,64	2,47
Promedio	2,70	2,50	Promedio	2,30	2,24
% Similitud	92,77		% Similitud	97,10	

La figura 53 muestra la similitud de valores obtenidos mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI (2022). En el tramo 1 de progresiva 0+000 a 0+400 se presenta una similitud del 99% mientras el tramo 4 de progresiva 1+200 a 1+600 se presenta una similitud del 80%.

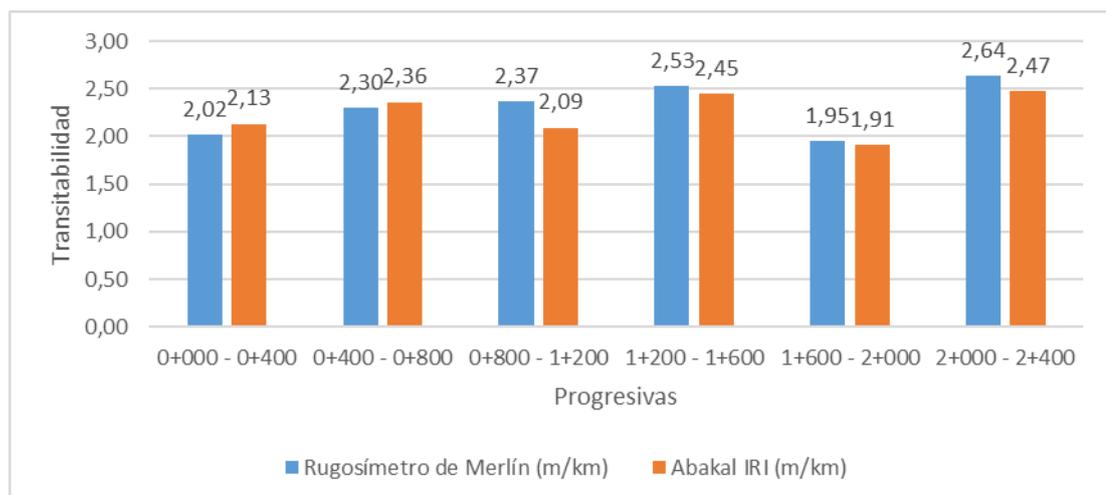
La figura 54 muestra la comparación de valores obtenidos mediante el rugosímetro de Merlín y el aplicativo abakal IRI (2022). En el tramo 2 de progresiva 0+400 a 0+800 se presenta una similitud del 97% mientras el tramo 3 de progresiva 0+800 a 1+200 se presenta una similitud del 85%.

Figura 53*Similitud de rugosidad en la calzada derecha***Figura 54***Similitud de rugosidad en la calzada izquierda*

La figura 55 muestra la comparación de valores obtenidos mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI (2022). En el tramo 1 de progresiva 0+000 a 0+400 se presenta una similitud del 99% mientras el tramo 4 de progresiva 1+200 a 1+600 se presenta una similitud del 88%.

Figura 55*Similitud de PSI en la calzada derecha*

La figura 56 muestra la comparación de valores obtenidos mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI (2022). En el tramo 5 de progresiva 1+600 a 2+000 se presenta una similitud del 98% mientras el tramo 3 de progresiva 0+800 a 1+200 se presenta una similitud del 88%.

Figura 56*Similitud de PSI en la calzada izquierda*

CONCLUSIONES

Se ha evaluado la influencia de la rugosidad del pavimento flexible utilizando el aplicativo abakal y el rugosímetro de merlín, definiendo la transitabilidad mediante el valor promedio igual a 2,42 calificando el estado del pavimento como “*regular*”. de la Av. Los Ángeles distrito de Pocollay.

Se determinó la rugosidad del pavimento flexible en un tramo de la avenida los Ángeles mediante el rugosímetro de merlín. el resultado para la calzada derecha IRI=3,45 m/km, para la calzada izquierda IRI=4,30 m/km, que representan el IRI promedio para cada una de las calzadas. El valor IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda es igual a 3,88 m/km, y según la tabla 19 se puede calificar el estado del pavimento como “*regular*”.

Se determinó la rugosidad del pavimento flexible en un tramo de la avenida los Ángeles, mediante el aplicativo abakal IRI, los resultados para la calzada derecha es 3,86 m/km, para la calzada izquierda es 4,45 m/km, que representan el IRI promedio para cada una de las calzadas. El valor IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda es igual a 4,16 m/km, y según la tabla 19 es posible calificar el estado del pavimento como “*malo*”.

Al comparar las metodologías se puede notar la similitud en los resultados calculados, se evidencia que ambos métodos abakal IRI y el rugosímetro de merlín logran obtener valores semejantes en la calificación del estado del pavimento y la calificación de la transitabilidad. El índice de rugosidad internacional alcanza un porcentaje de similitud del 96,56% en la calzada izquierda y 89,35% en la calzada derecha. Mientras que para la transitabilidad los valores de similitud alcanzan el 97,10% para la calzada izquierda y 92,77% para la calzada derecha. Concluyendo que los valores obtenidos se aproximan bastante y que ambas metodologías son efectivas.

RECOMENDACIONES

La avenida los Ángeles pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Pocollay y la Municipalidad Provincial de Tacna, se recomienda la colocación de un sello asfáltico en el tramo de subida progresiva 0+400 – 0+800 tomando en cuenta los resultados de esta investigación. Mientras que para el tramo de bajada en las progresivas 0+000-0+400, 0+400-0+800, 0+800-1+200, se recomienda evaluar la elaboración de proyectos de reconstrucción, proyectos de rehabilitación. En la progresiva 1+600-2+000 es recomendable una intervención inmediata mediante un recapeo o en su defecto la reconstrucción en esa sección. Para los trabajos de reconstrucción sería necesario evaluar métodos de impermeabilización de la estructura del pavimento (sub base y base) debido a la presencia de agua proveniente del canal la cual llega a filtrarse como se muestra en las figuras 49 y 51. Las alternativas de solución buscan el confort vehicular para la conducción.

Se recomienda para el ensayo con el aplicativo abakal IRI utilizar un vehículo tipo camioneta en óptimas condiciones, para una mejor toma de datos.

Se recomienda el uso de esta nueva metodología para la recolección de datos, el aplicativo abakal IRI reduce el tiempo de ejecución con respecto a los métodos convencionales, como se pudo demostrar en esta investigación, el aplicativo abakal IRI obtiene resultados confiables.

Se recomienda que, para la toma de datos con el aplicativo abakal IRI se realice en horas tempranas (madrugada), esto debido a que el flujo vehicular es menor y es posible mantener una velocidad constante durante su ejecución entre los 60 – 80 km/h.

Para los futuros trabajos de mantenimientos viales, reconstrucciones en la avenida los Ángeles instamos a las instituciones pertinentes utilizar la presente investigación a fin de mejorar la transitabilidad de la avenida en mención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Alvarado, J. P. J., & Chambilla Aduvire, D. A. (2021). *Evaluación superficial del pavimento en calle Tarapacá tramo ovalo Cuzco hasta avenida Gustavo Pinto, distrito de Tacna - 2021*. Tacna. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1802>
- Allende García, F. (2017). *Evaluación comparativa de la serviciabilidad de las vías: Shapi-Saqsayhuaman, Saqsayhuaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc; según la determinación del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI)*. Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1245>
- Almanza Mendoza, D. A. (2014). *Evaluación del Modelo "QUARTER Car" Para la Estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del Tramo Huancavelica - Santa Inés*. Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1681>
- Al-Omari y Darter. (1994). *Relación entre el Índice de Rugosidad Internacional y el Índice de Capacidad de Servicio Actual*. Washington DC. Obtenido de <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1435/1435-017.pdf>
- Arteaga Villanueva, G. D., & Noriega Poma, V. H. (2019). *Análisis de la Variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en Función de Variables Constructivas y Geométricas en Vías Menores*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2677>
- Caicedo, B., Murillo, C.A., & Trisancho, J.A. (2003). *Medida Perfil Longitudinal de un Pavimento Mediante Navegación Inercial*. Colombia. doi:<https://doi.org/10.16924/revinge.17.3>
- Cundill, M. (1991). *The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine*. Transport and Road Research Laboratory.
- Das, Y. B. (2014). *Development of a Low Cost Road Roughness Measuring Device*. Rourkela-India. Obtenido de <http://ethesis.nitrkl.ac.in/6081/>
- Del Aguila, P. R. (1999). *Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos*. Lima.
- Dusan Dujisin, Q., & Alvaro Arroyo, A. . (1995). *Desarrollo de una Relación Índice de Serviciabilidad (p) – Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*. Comisión de Diseño y Evaluación de Pavimentos, Corporación de Desarrollo Técnico

(CDT), *Cámara Chilena de la Construcción*. Santiago. Obtenido de <https://extension.cchc.cl/datafiles/8535-2.pdf>

Gonzalo López, J. Y., & Beingolea Villarreal, H. J. (2021). *Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna - 2021*. Tacna. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1801>

Hegmon, R. R. (1979). *Wear*. Washington DC. doi:[https://doi.org/10.1016/0043-1648\(79\)90146-7](https://doi.org/10.1016/0043-1648(79)90146-7).

Instituto Nacional de Vias. (2008). *Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras*. Bogotá.

Laura Hirpahuanca, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el Rugosímetro de Merlin - 2016*. Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/711>

Leguía Loarte Paola Beatriz, Pacheco Risco Hans Fernando. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. Tesis de Grado, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/2311>

Lloclla Huaychao, A. J., & Sánchez Hurtado, K. 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. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3155>

Mamani Resalazo, B. A., & Vallejos Sardón, H. S. (2020). *Cálculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Juan Moore, tramo: Calle Argentina – calle Precursores, Tacna - 2020*. Tacna. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1535>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras*. Lima. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Enero de 2012). <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Glosario de Término de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Técnica CE 010 Pavimentos Urbanos*. Lima. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf
- Montoya Goicochea, J. E. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/1967>
- Murillo W. (2008). *La Investigación Científica*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtm>
- Nieto, L. (16 de 10 de 2018). Obtenido de <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>
- Pasillo y Muñoz. (1999). *Estimación del Índice de Servicio Actual a partir del Índice de Rugosidad Internacional*. Washington DC.
- Pedro Díaz Aguirre, Diego Ramírez Suárez. (2021). *Estudio de la Correlación del Índice de Estado "IRI" Índice de Rugosidad Internacional, Respecto de la Capacidad Estructural del Pivmento, Específicamente con los Cuencos de Deflexión para Concesiones de Cuarta Generación "4G"*. Bogotá - Colombia.
- Pionce, B. R. (2020). *Determinación del Índice de Rugosidad Internacional en la Av. La Prensa, Usando Aparatos Inteligentes Y el Rugosímetro de Merlín*. Manabí - Ecuador.
- Pomasonco De La Cadena, R. C. (2010). *Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro Merlín: Monitoreo de conservación carretera Cañete - Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000*. Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/15085>
- Sachún Quispe, J. E. (2016). *Estudio del índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte - zona Trujillo, Para su mantenimiento*. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2548>

- Salazar, A. (2020). *“Cálculo de Índice de Rugosidad Internacional (IRI) usando el aplicativo ABAKAL para Smartphone en la avenida universitaria del distrito de Pillco Marca - 2020.* Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2858>
- Sayers y Gillespie. (1986). *Directrices de WD para la Realización y Calibración de Mediciones de Rugosidad de Carreteras.* Washington DC. Obtenido de <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/3133/72764.pdf>
- Sayers y Karamihas. (1998). *Información Básica sobre Medición e Interpretación de Perfiles de Carreteras.* Michigan. Obtenido de <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/21605/90151.pdf?sequence=1>
- Sologorre Huayta, J. D. (2005). *Evaluación de la rugosidad de pavimentos con uso de Bump Integrator.* Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3146>
- Sornoza, Y. V. (2019). *Evaluación de las Condiciones de Seguridad y Comodidad de la Capa de Rodadura de la Avenida de los Choferes Km 1+044.62.* Manabí - Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL			Tipo de Investigación
¿De qué manera influye la rugosidad del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022?	Evaluar la influencia de la rugosidad del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022.	La rugosidad del pavimento flexible, influye negativamente en la transitabilidad vehicular en un tramo de la avenida los ángeles, distrito de Pocollay-Tacna-2022.	Variable Independiente (X) Rugosidad del pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"> cálculo del rango d (mm) factor de corrección (fc) cálculo del IRI (m/km) relación rango D - IRI 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicada
					Nivel de la Investigación
					- Descriptiva, exploratoria correlacional
					Ámbito de Estudio
					- Avenida los ángeles, tramo: Av. Jorge Basadre – Longitud 2+400 km
					Muestra No Probabilística
					- Avenida los ángeles, tramo Av. Jorge Basadre – Longitud 2,4 km
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS			Técnicas de Recolección de datos.
			Variable Dependiente (Y)	Estado del pavimento flexible	- Observación
1. ¿Cuál es la rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles?	1. Determinar la rugosidad del pavimento flexible, mediante el rugosímetro de merlín un tramo de la avenida los ángeles.	1. La rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el rugosímetro de merlín. Es regular.	Transitabilidad vehicular	<ul style="list-style-type: none"> Bueno Regular Malo Muy malo 	- Formato de campo
2. ¿Cuál es la rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el aplicativo abakal IRI en un tramo de la avenida los ángeles?	2. Determinar la rugosidad del pavimento flexible, mediante el aplicativo abakal IRI un tramo de la avenida los ángeles.	2. La rugosidad del pavimento flexible, determinado mediante el aplicativo abakal IRI. Es mala.		Transitabilidad del pavimento	- Reporte del rugosímetro de merlín
	3. Contrastar los resultados determinados mediante el aplicativo abakal IRI y el rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles.	3. Existe similitud significativa de resultados mediante el rugosímetro de merlín y el aplicativo abakal IRI		<ul style="list-style-type: none"> Muy Buena Buena Regular Mala Muy mala 	- Reporte de la aplicación abakal IRI
3. ¿Existe similitud entre los resultados del aplicativo abakal IRI y el rugosímetro de merlín en un tramo de la avenida los ángeles?					Instrumentos
					- Cinta métrica
					- Guías de observación y formatos de campo
					- Método del Rugosímetro de merlín.
					- Hoja electrónica Excel.
					- Teléfono inteligente
					- Aplicación abakal IRI

- Vehículo

Anexo 2 cálculo del valor IRI

Tramo I: ensayo 1 calzada derecha



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: "RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	1	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 25
 LECTURA FINAL: 24

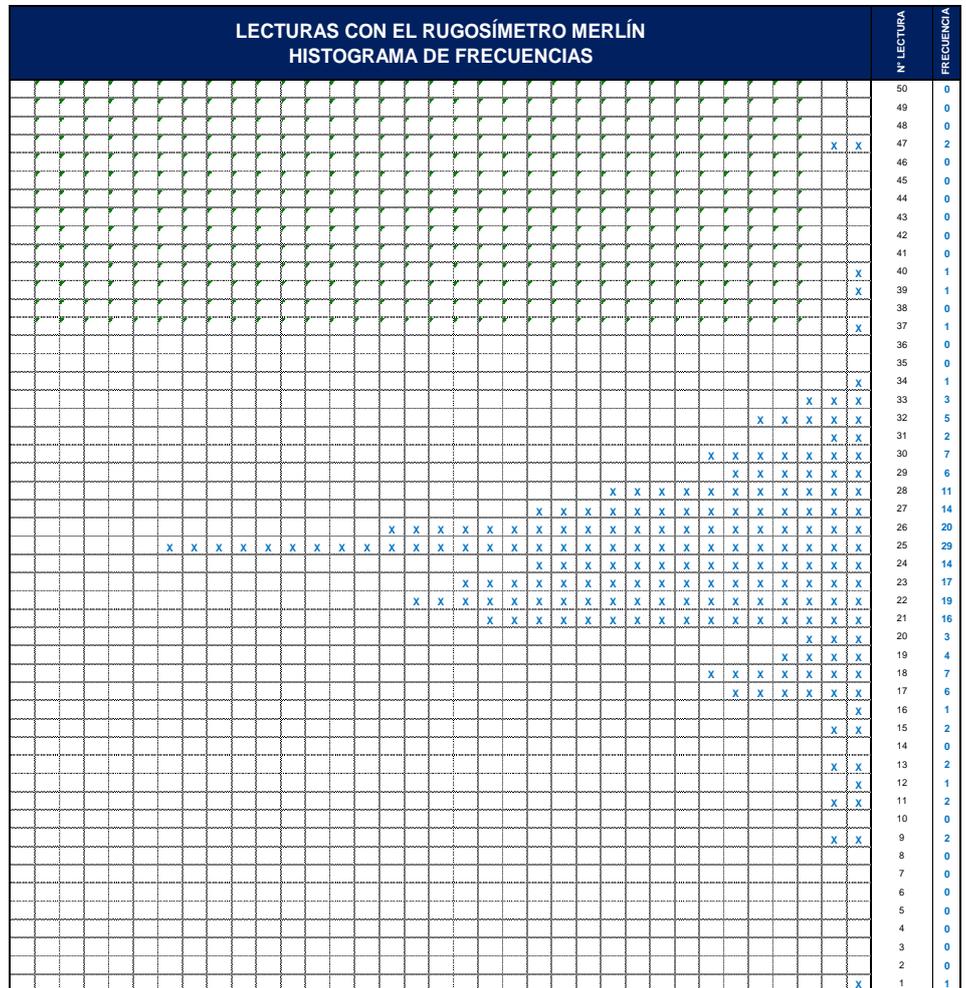
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	25	25	23	26	22	21	47	17	18	21
2	28	21	30	27	15	26	40	20	28	26
3	33	21	34	13	29	17	26	18	23	25
4	27	25	24	19	29	26	33	39	25	25
5	19	26	27	23	26	21	27	21	18	24
6	26	22	18	25	22	26	9	25	25	23
7	23	27	22	18	25	30	21	27	22	25
8	32	24	30	23	20	25	26	30	27	22
9	33	30	22	26	26	24	25	17	9	23
10	11	26	23	25	25	28	23	29	28	22
11	25	23	30	25	28	29	28	17	21	27
12	13	22	27	27	22	32	26	22	24	21
13	23	24	24	22	31	21	32	28	25	25
14	12	24	23	23	32	27	18	22	23	15
15	21	23	23	27	1	25	22	19	28	26
16	26	24	29	21	26	22	18	22	20	22
17	32	21	21	31	17	25	17	25	26	37
18	30	16	22	26	11	27	25	23	25	19
19	25	21	27	29	25	28	47	28	25	25
20	24	24	22	24	26	24	21	25	28	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I= EXTREMO INFERIOR CE= CENTRO ES= EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.83
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	84.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	69.720 mm
RUGOSIDAD IRI:	3.88 m/Km
Observaciones:	



Tramo I: ensayo 5 calzada derecha



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: "RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 24
 LECTURA FINAL: 23

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN									
1	24	26	19	17	22	29	25	23	24
2	24	22	26	38	25	25	29	25	23
3	24	22	25	25	24	23	24	25	20
4	24	23	24	25	21	34	33	25	24
5	23	24	27	25	25	28	26	24	20
6	24	25	22	22	23	25	23	23	25
7	25	22	22	20	21	20	23	23	22
8	29	27	22	18	1	22	20	24	26
9	26	24	23	20	9	19	26	23	22
10	29	23	24	21	20	22	24	17	24
11	23	29	24	21	25	27	26	25	25
12	22	26	27	24	26	27	25	18	24
13	27	25	29	19	30	28	23	27	30
14	26	23	21	24	26	24	26	42	26
15	27	23	24	27	28	25	23	30	25
16	22	23	19	28	28	27	20	25	25
17	19	23	23	27	26	25	28	25	22
18	22	25	25	20	25	23	22	26	24
19	27	26	25	23	20	24	24	22	27
20	22	23	24	21	28	25	29	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

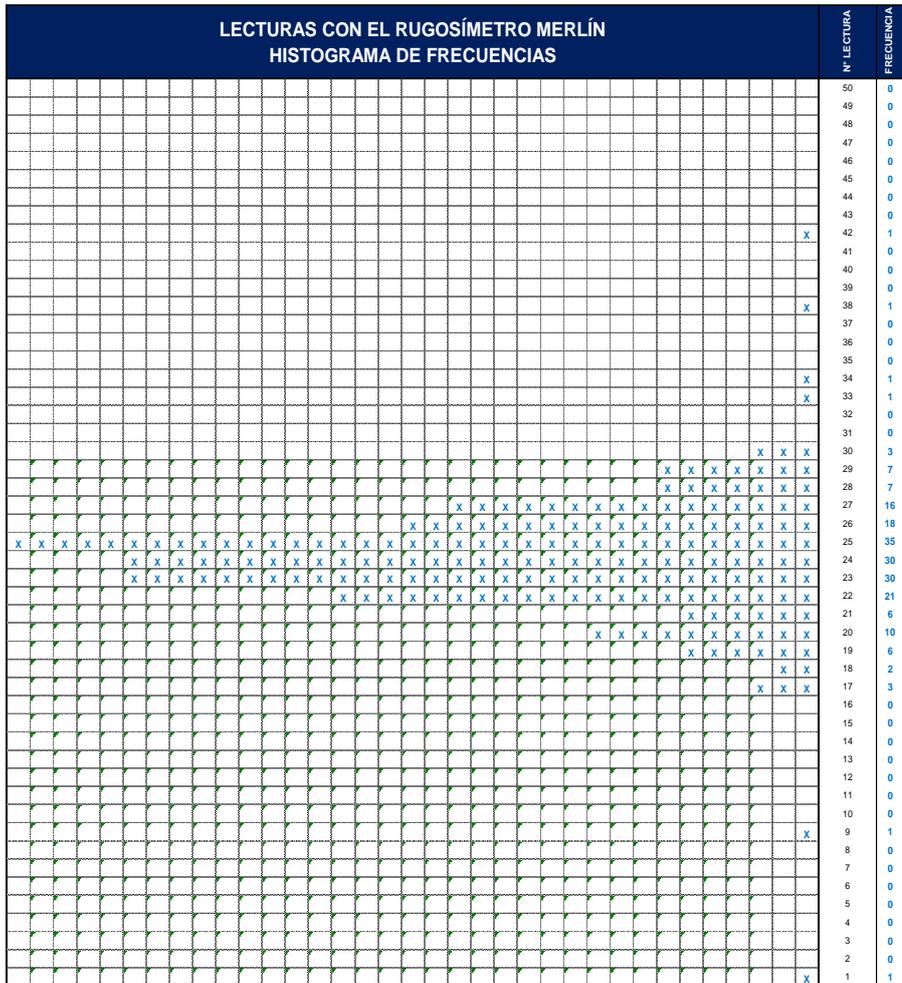
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I+ EXTREMO INFERIOR; CE = CENTRO; ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 0.83

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 50.357 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 41.796 mm
 RUGOSIDAD IRI: 2.56 m/Km

Observaciones:



Tramo I: ensayo 6 calzada derecha



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	6	PROGRESIVA:	Km 2+000.00 al Km 2+400.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 23
 LECTURA FINAL: 28

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	23	16	23	22	22	23	25	13	22	25
2	19	27	25	24	25	25	24	27	26	22
3	24	31	23	27	21	21	24	26	25	26
4	25	30	25	23	25	20	22	20	22	22
5	23	38	17	19	26	20	24	22	20	23
6	23	19	20	23	27	20	26	24	31	22
7	24	17	28	21	21	22	24	23	25	24
8	9	42	25	23	26	22	25	27	24	24
9	14	41	25	23	26	26	24	17	23	27
10	22	32	20	27	25	27	17	21	23	20
11	18	24	26	21	23	25	25	21	24	28
12	21	28	19	22	29	23	22	23	24	25
13	27	23	26	22	27	27	21	22	22	23
14	22	21	26	22	25	26	24	25	23	25
15	29	24	32	25	23	23	24	25	25	25
16	47	22	21	24	23	25	26	24	24	24
17	50	25	28	26	23	23	25	27	23	21
18	17	21	20	23	27	21	25	25	24	33
19	25	24	25	26	26	25	7	24	25	28
20	23	22	30	26	23	25	22	23	26	28
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

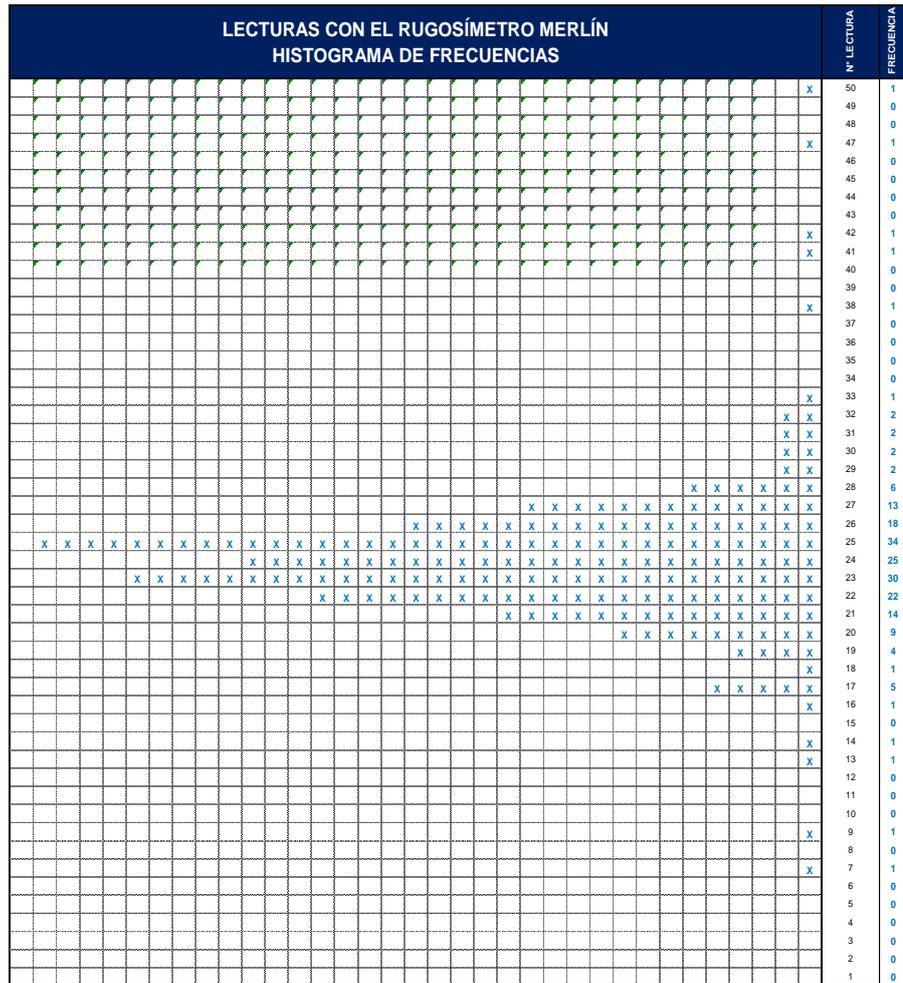
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I = EXTREMO INFERIOR, CE = CENTRO, ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 D > 40 mm D < 40 mm
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 0.83

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 65.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 53.950 mm
 RUGOSIDAD IRI: **3.13 m/Km**

Observaciones:



Tramo II: ensayo 2 calzada izquierda



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	2	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 21
 LECTURA FINAL: 22

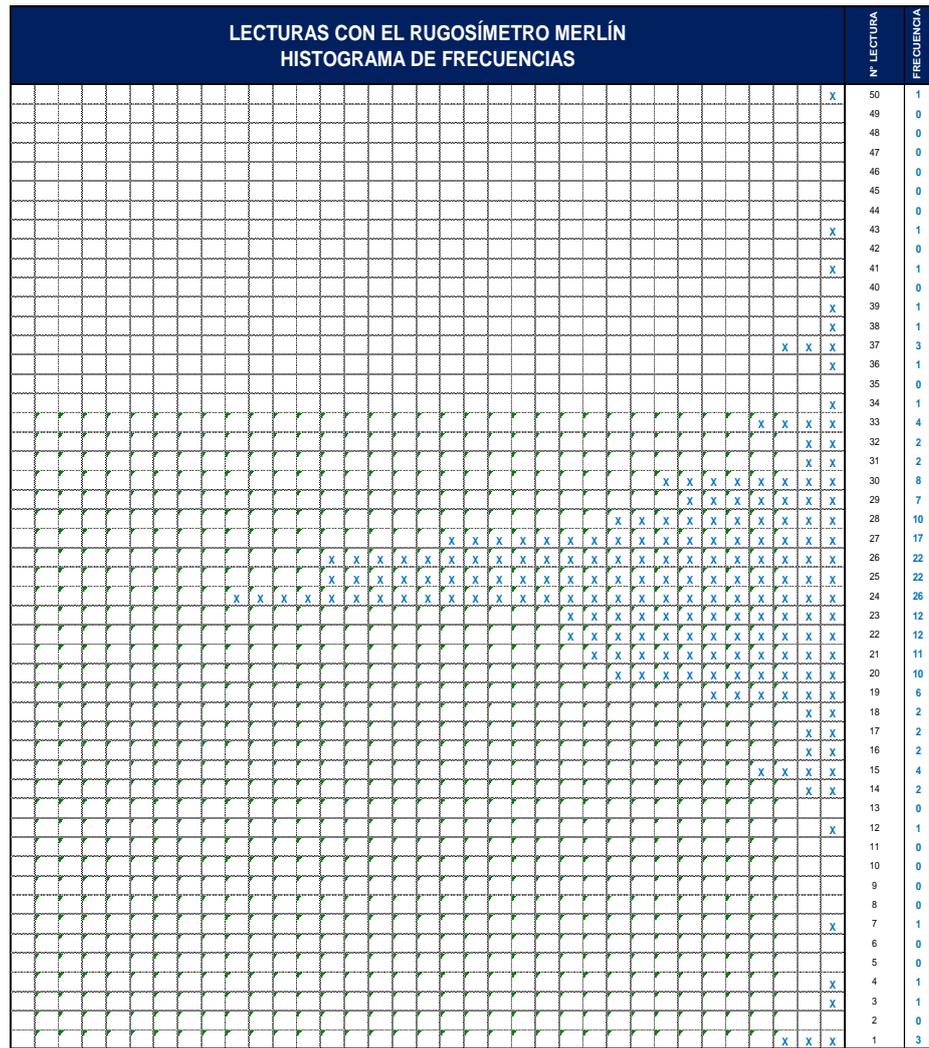
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	21	26	23	21	26	30	24	30	27	27
2	26	25	25	24	26	1	20	25	20	28
3	21	30	25	24	26	25	22	30	19	37
4	19	24	24	28	27	21	20	28	24	15
5	27	26	25	24	27	25	28	37	20	41
6	1	30	25	28	25	25	25	24	24	3
7	24	26	27	27	24	20	15	15	27	39
8	19	29	24	25	27	28	24	17	21	29
9	25	23	28	24	27	21	23	20	29	31
10	26	20	26	25	25	24	24	28	22	50
11	26	17	30	26	24	26	23	31	24	1
12	21	22	25	26	24	20	27	27	36	19
13	20	27	22	30	29	26	22	22	30	23
14	24	32	26	24	14	18	19	33	24	25
15	26	29	21	24	28	23	16	24	21	21
16	26	29	25	23	25	22	32	24	38	16
17	26	33	23	26	24	22	27	22	43	33
18	25	37	23	25	33	26	27	29	34	22
19	25	21	20	26	22	27	15	19	4	12
20	26	14	27	23	23	28	23	18	7	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I= EXTREMO INFERIOR CE= CENTRO ES= EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACION DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.83
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	93.750 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	77.813 mm
RUGOSIDAD IRI:	4.26 m/Km
Observaciones:	



Tramo II: ensayo 4 calzada izquierda



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	4	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 24
 LECTURA FINAL: 25

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	24	26	29	28	28	17	24	33	19	35
2	25	20	30	29	21	18	36	27	28	23
3	23	29	17	25	30	27	32	32	22	31
4	21	23	22	19	25	22	16	20	30	29
5	22	30	28	26	20	24	28	24	28	25
6	23	26	25	24	23	26	1	26	24	27
7	22	26	21	16	19	31	35	23	23	25
8	17	24	24	20	26	18	37	22	20	19
9	19	28	19	17	9	22	29	15	26	15
10	26	24	26	26	17	26	32	25	17	13
11	24	21	24	21	30	23	22	31	27	19
12	30	23	22	19	41	25	20	31	18	27
13	19	31	19	31	30	16	29	16	18	28
14	25	18	20	39	28	23	20	26	25	29
15	21	21	20	27	25	32	21	22	25	25
16	28	24	26	27	13	31	19	22	26	24
17	25	28	20	25	24	28	21	23	15	22
18	21	27	19	25	21	1	17	31	20	24
19	29	29	22	26	17	31	26	26	34	29
20	32	26	20	29	21	28	17	19	20	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

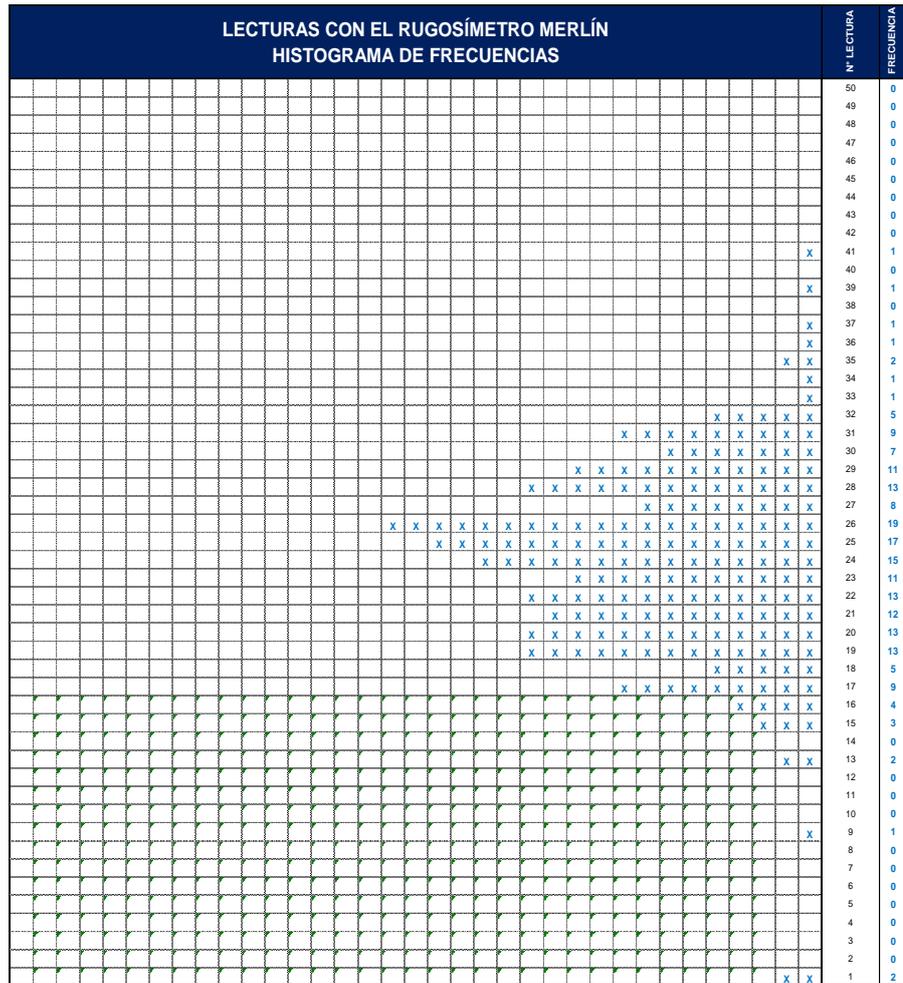
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I+ EXTREMO INFERIOR; CE = CENTRO; ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 0.83

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 80.500 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 66.815 mm
 RUGOSIDAD IRI: **3.74 m/Km**

Observaciones:



Tramo II: ensayo 5 calzada izquierda



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 29
 LECTURA FINAL: 20

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	29	24	23	23	17	18	24	21	22	29
2	36	15	24	29	31	19	16	21	3	18
3	23	27	18	30	28	16	27	19	29	29
4	16	33	22	16	25	20	7	25	8	21
5	36	23	23	13	31	21	36	23	22	33
6	29	33	25	25	28	44	14	25	28	27
7	27	19	21	28	25	1	34	37	19	1
8	23	18	25	21	27	25	29	38	30	30
9	28	27	33	23	18	28	14	24	1	20
10	24	18	24	17	26	33	35	24	24	26
11	26	24	14	28	27	32	30	21	22	23
12	16	28	33	17	31	19	24	29	30	28
13	26	30	19	24	24	30	22	23	33	50
14	30	21	28	19	37	31	27	24	15	49
15	20	31	24	37	25	24	22	25	30	24
16	25	20	9	17	22	32	24	26	17	27
17	19	22	19	32	17	26	17	24	25	1
18	25	13	32	22	31	1	28	19	43	31
19	14	18	19	30	20	24	5	29	23	26
20	36	21	33	21	21	33	25	27	22	20
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

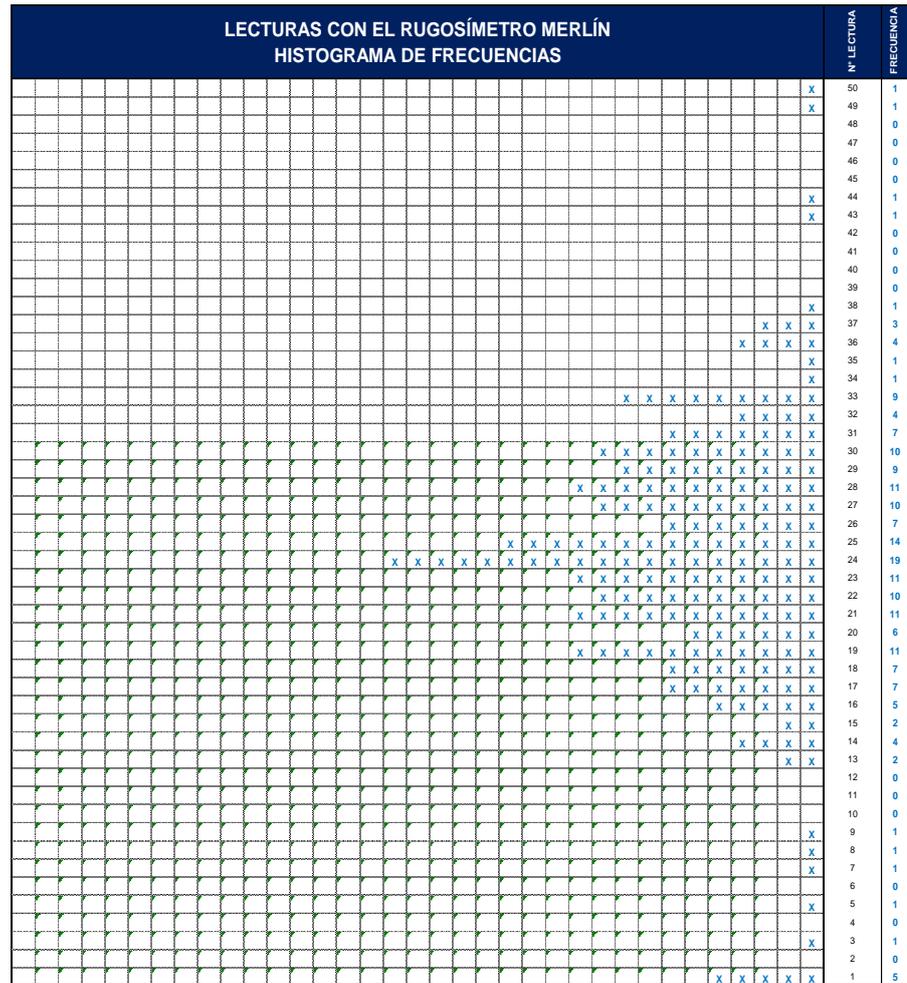
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I+ EXTREMO INFERIOR; CE = CENTRO; ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 0.83

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 117.500 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 97.525 mm
RUGOSIDAD IRI: 5.19 m/Km

Observaciones:



Tramo II: ensayo 6 calzada izquierda



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	"RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, Y TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN UN TRAMO DE LA AVENIDA LOS ANGELES, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA-2022"						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	6	PROGRESIVA:	Km 2+000.00 al Km 2+400.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	2400.00 m	FECHA:	03-2022	OPERADOR:		AUXILIAR:	

LECTURA INICIAL: 29
 LECTURA FINAL: 20

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	29	24	22	25	21	27	30	24	21	22
2	24	29	24	28	25	16	25	32	26	23
3	22	28	31	21	28	24	28	29	29	29
4	25	29	26	20	25	25	26	28	28	28
5	35	22	19	26	22	32	27	21	29	22
6	24	25	27	19	22	35	29	22	21	28
7	29	22	35	19	23	20	49	20	33	22
8	23	18	13	34	19	18	27	28	27	30
9	29	23	29	18	31	26	2	18	24	25
10	22	27	20	16	30	20	33	20	30	24
11	23	23	20	31	22	22	23	24	20	22
12	32	21	23	24	35	22	28	22	26	30
13	27	30	27	26	31	19	16	24	23	25
14	27	26	23	25	27	32	28	27	28	24
15	32	24	33	24	25	31	14	21	27	30
16	24	18	15	25	32	26	19	19	24	21
17	31	23	23	30	13	20	30	20	24	25
18	21	21	24	23	26	16	18	25	27	43
19	29	20	21	27	24	22	26	31	27	23
20	28	21	28	28	27	22	31	17	31	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.83

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 I+ EXTREMO INFERIOR; CE = CENTRO; ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 D > 40 mm D < 40 mm
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 0.83

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 75.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 62.250 mm
 RUGOSIDAD IRI: **3.52 m/Km**

Observaciones:

