

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



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA
TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. YHIMY HUANCA QUISPE

Bach. VANESSA ANDREA QUISPE GUTIERREZ

TACNA – PERÚ

2021

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

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA
BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA,
TACNA-2021”**

**Tesis sustentada y aprobada el 30 de octubre del 2021, estando el
jurado calificador integrado por:**

PRESIDENTE : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

SECRETARIO : Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

VOCAL : Mtro. SANTOS TITO GÓMEZ CHOQUEJAHUA

ASESOR : Mag. MARTIN PAUCARA ROJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Yhimy Huanca Quispe; Vanessa Andrea Quispe Gutierrez, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 73250924 y DNI 47498422.

Declaramos bajo juramento que:

- Somos autores de la tesis titulada:

“Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida bohemia tacneña, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021”

La misma que presentamos para optar: *El título profesional de Ingeniero Civil.*

- 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.
- La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 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 responsables 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, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 30 de Octubre del 2021

A handwritten signature in blue ink, followed by a blue ink fingerprint impression.

Bach. Yhimy Huanca Quispe
DNI. 73250924

A handwritten signature in blue ink, followed by a blue ink fingerprint impression.

Bach. Vanessa Andrea Quispe Gutierrez
DNI. 47498422

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS por permitirme culminar esta etapa de mi vida, demostrándome que con fe toda meta se puede realizar.

A mis PADRES, por su amor, paciencia y comprensión, por apoyarme en mis estudios y la realización de esta meta.

Y a las PERSONAS que confiaron en mí.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS por darme salud y acompañarme en todo momento.

A mis Padres por confiar en mí y brindarme todo su apoyo para cumplir esta gran meta, pues sin ellos no lo habría logrado completar esta etapa de mi vida.

A mi Abuelo por motivarme a seguir adelante a pesar de las dificultades que se presenten en la vida.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Justificación e importancia de la investigación	6
1.3.1 Justificación teórica	7
1.3.2 Justificación practica	7
1.3.3 Justificación metodológica	7
1.3.4 Justificación social.....	8
1.4 Objetivos de la investigación.....	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 del estudio	10
2.2 Bases teóricas	16
2.2.1 Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible	16
2.2.2 Rugosímetro de MERLIN	21
2.2.3 Aplicación de teléfono inteligente ABAKAL	28
2.3 Definición de términos	33
2.3.1 Rugosidad.....	33
2.3.2 Rugosímetro de Merlín	34
2.3.3 Transitabilidad	34

2.3.4	Serviciabilidad.....	34
2.3.5	Evaluación funcional.....	34
2.3.6	Evaluación estructural	35
2.3.7	Abakal	35
2.3.8	IRI.....	35
2.3.9	Pavimento flexible.....	35
2.3.10	Calzada	36
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		37
3.1	Tipo y Diseño de la Investigación	37
3.1.1	Tipo de investigación.....	37
3.1.2	Diseño de la investigación.....	37
3.2	Población y/o muestra de estudio	37
3.2.1	Población	37
3.2.2	Muestra	38
3.3	Operacionalización de variables	38
3.3.1	Variable dependiente.....	38
3.3.2	Variable independiente.....	38
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	39
3.4.1	Técnicas.....	39
3.4.2	Instrumentos	39
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	39
3.5.1	Rugosímetro de MERLIN	39
3.5.2	Aplicativo ABAKAL	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS		42
4.1	Resultados del cálculo de la rugosidad con Merlín	42
4.1.1	Tramo 1 carril derecho	42
4.1.2	Tramo 2 carril derecho	43
4.1.3	Tramo 3 carril derecho	44
4.1.4	Tramo 4 carril derecho	45
4.1.5	Tramo 5 carril derecho	46
4.1.6	Tramo 1 carril izquierdo.....	47
4.1.7	Tramo 2 carril izquierdo.....	48
4.1.8	Tramo 3 carril izquierdo.....	49
4.1.9	Tramo 4 carril izquierdo.....	50
4.1.10	Tramo 5 carril izquierdo	51
4.2	Resultados del cálculo utilizando el aplicativo ABAKAL IRI	52

4.2.1 Reporte del aplicativo ABAKAL IRI carril derecho.....	52
4.2.2 Reporte del aplicativo ABAKAL IRI carril izquierdo	55
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....	57
5.1 Análisis de los resultados obtenidos utilizando el Rugosímetro de Merlín	57
5.2 Análisis de los resultados obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI.....	59
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de la zona de estudio	3
Figura 2. Desprendimiento de agregado.....	3
Figura 3. Parchado del pavimento.....	4
Figura 4. Fisuras y baches en el pavimento.....	4
Figura 5. Fisuras longitudinales.....	5
Figura 6. Escala estándar empleada por el Banco Mundial	20
Figura 7. Metodología para la determinación de la rugosidad.....	21
Figura 8. Detalles del instrumento MERLIN	22
Figura 9. Detalles del instrumento MERLIN	22
Figura 10. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento	23
Figura 11. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones.....	24
Figura 12. Formato para recolección de datos de campo	26
Figura 13. Histograma de la distribución de frecuencias	27
Figura 14. Modelo de cuarto de carro	29
Figura 15. Aplicativo ABAKAL	29
Figura 16. Ubicación del teléfono en el vehículo	30
Figura 17. Métodos de cálculo.....	31
Figura 18. Informe IRI.csv.....	32
Figura 19. Informe IRI.kml	33
Figura 20. Evaluación del pavimento rugosímetro de MERLIN.....	40
Figura 21. Configuración del aplicativo ABAKAL	41
Figura 22. Evaluación del pavimento aplicativo ABAKAL.....	41
Figura 23. Datos de campo - tramo 1 carril derecho.....	42
Figura 24. Distribución de frecuencia - tramo 1	43
Figura 25. Datos de campo - tramo 2 carril derecho.....	43
Figura 26. Distribución de frecuencia - tramo 2	44
Figura 27. Datos de campo - tramo 3 carril derecho.....	44
Figura 28. Distribución de frecuencia - tramo 3	45
Figura 29. Datos de campo - tramo 4 carril derecho.....	45
Figura 30. Distribución de frecuencia - tramo 4	46
Figura 31. Datos de campo - tramo 5 carril derecho.....	46
Figura 32. Distribución de frecuencia - tramo 5	47
Figura 33. Datos de campo - tramo 1 carril izquierdo.....	47
Figura 34. Distribución de frecuencia - tramo 1	48

Figura 35. Datos de campo - tramo 2 carril izquierdo	48
Figura 36. Distribución de frecuencia - tramo 2	49
Figura 37. Datos de campo - tramo 3 carril izquierdo	49
Figura 38. Distribución de frecuencia - tramo 3	50
Figura 39. Datos de campo - tramo 4 carril izquierdo	50
Figura 40. Distribución de frecuencia - tramo 4	51
Figura 41. Datos de campo - tramo 5 carril izquierdo	51
Figura 42. Distribución de frecuencia - tramo 5	52
Figura 43. Reporte del recorrido con la camioneta carril derecho.....	54
Figura 44. Variación del IRI a cada 100 metros carril derecho.....	54
Figura 45. Reporte del recorrido con la camioneta carril izquierdo	56
Figura 46. Variación del IRI a cada 100 metros carril izquierdo	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad.	17
Tabla 2. Transitabilidad mediante el IRI.	18
Tabla 3. Resultados Informe IRI2.csv.	32
Tabla 4. Reporte del aplicativo ABAKAL IRI	53
Tabla 5. Reporte del aplicativo ABAKAL IRI	55
Tabla 6. Resultados del rugosímetro de MERLIN.....	57
Tabla 7. Clasificación para determinar el estado vial.....	58
Tabla 8. Resultados de la calificación de la transitabilidad según el PSI.....	58
Tabla 9. Calificación de la transitabilidad según el PSI	59
Tabla 10. Promedio de los valores IRI a cada 400 m	60
Tabla 11. Resultados de la calificación de la transitabilidad según el PSI.....	61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación determina el estado del pavimento flexible utilizando el aplicativo ABAKAL IRI y la metodología del rugosímetro de MERLIN, en la avenida Bohemia Tacneña comprendido desde el Ovalo Tarapacá hasta el Ovalo La Cultura con una longitud de 2,00 km. El objetivo de la investigación es evaluar la rugosidad del pavimento flexible, de esta manera determinar el estado en el que se encuentra el pavimento y de acuerdo a los resultados obtenidos recomendar las soluciones más viables para mejorar la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña. En el estudio realizado con el rugosímetro de MERLIN se obtiene resultados para la calzada derecha IRI = 5,31 m/km, para la calzada izquierda IRI = 7,36 m/km, teniendo un resultado promedio para toda la vía IRI = 6,34 m/km dicho resultado nos permite calificar al pavimento como MALO y la transitabilidad también MALA. Luego se procedió a calcular la rugosidad con el aplicativo ABAKAL IRI se obtiene resultados para la calzada derecha IRI =4,15 m/km, para la calzada izquierda IRI =5,10 m/km, teniendo un resultado promedio para toda la vía IRI =4,63 m/km dicho resultado nos permite calificar al pavimento como MALO y la transitabilidad REGULAR. Con un PSI promedio de 1.93 de toda la Avenida Bohemia Tacneña se obtiene una transitabilidad mala debido al desprendimiento de agregados finos, fisuras y parches que se visualiza a lo largo de la avenida. Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos, se recomendó las medidas para poder mejorar la transitabilidad de la Avenida Bohemia Tacneña, de esta manera brindar seguridad y confort a los usuarios.

Palabras claves: ABAKAL, Rugosímetro de MERLIN, IRI y Transitabilidad.

ABSTRACT

The present research work determines the condition of the flexible pavement using the ABAKAL IRI application and the MERLIN roughness meter methodology, on Bohemia Tacneña Avenue from Ovalo Tarapacá to Ovalo La Cultura with a length of 2.00 km. The objective of the investigation is to evaluate the roughness of the flexible pavement, in this way to determine the condition of the pavement and according to the results obtained to recommend the most viable solutions to improve the trafficability of Bohemia Tacneña Avenue. In the study carried out with the MERLIN roughness meter, results were obtained for the right roadway IRI = 5.31 m/km, for the left roadway IRI = 7.36 m/km, with an average result for the entire roadway IRI = 6.34 m/km, which allows us to classify the pavement as BAD and the trafficability as BAD. Then we proceeded to calculate the roughness with the ABAKAL IRI application, obtaining results for the right roadway IRI = 4.15 m/km, for the left roadway IRI = 5.10 m/km, having an average result for the entire roadway IRI = 4.63 m/km, this result allows us to qualify the pavement as BAD and the trafficability as BAD. With an average PSI of 1.93 for all of Tacna's Bohemia Avenue, we obtain a poor trafficability due to the detachment of fine aggregates, cracks and patches that can be seen along the avenue. Finally, according to the results obtained, measures were recommended to improve the trafficability of Avenida Bohemia Tacneña, thus providing safety and comfort to users.

Keywords: ABAKAL, MERLIN Roughness Meter, IRI and Trafficability

INTRODUCCIÓN

En la siguiente investigación se realizó estudios del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) usando el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL para Smartphone en el tramo que comprende del Ovalo Tarapacá hasta el ovalo la Cultura teniendo una longitud de 2,00 Km en la avenida Bohemia Tacneña.

Esta investigación extrae conclusiones basadas en la información recopilada en el campo, del análisis efectuado en la avenida Bohemia Tacneña.

Mediante el análisis del estado funcional de la carpeta asfáltica, se identificaron y evaluaron las deficiencias presentes en la superficie de rodadura del pavimento. Existe varias metodologías para evaluar los pavimentos, entre ellas utilizamos la metodología del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL para encontrar el valor del IRI de ambas direcciones y hallar el IRI promedio, que nos ayuda a calcular el PSI para poder calificar el estado en el que se encuentra el pavimento y de esta manera determinar la transitabilidad de la vía investigada.

Para disponer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos será importante elaborar una gestión de mantenimiento basados en acciones de conservación o rehabilitación; verificando si las fallas están afectando la condición funcional o estructural del pavimento.

concluimos en base a los trabajos de campo y análisis del IRI usando el aplicativo para Smartphone denominado ABAKAL, que en el tramo donde se efectuaron las pruebas para obtener el IRI y comparar los datos con el método tradicional, los resultados fueron buenos ya que se realizó la comparación de ellos llegando a tener valores similares, lo que indica la validez en el uso del aplicativo para Smartphone denominado ABAKAL.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el Perú el cual es uno de los países con menos carreteras asfaltadas y las que se encuentran asfaltadas están en mal estado, ya sea por problemas en el proceso constructivo, factores ambientales, falta de mantenimiento o simplemente ya cumplieron su periodo de vida útil, esto ocurre mayormente en las regiones.

El problema principal que tiene la región de Tacna, incluyendo a las municipalidades provinciales y distritales es la falta de evaluación del estado en el que se encuentra la carpeta asfáltica de las vías de su jurisdicción, debido a ello se produce un pronto deterioro inminente de la carpeta asfáltica, lo que produce un problema debido a la presencia de fallas en las vías que generan molestias a los usuarios de su jurisdicción.

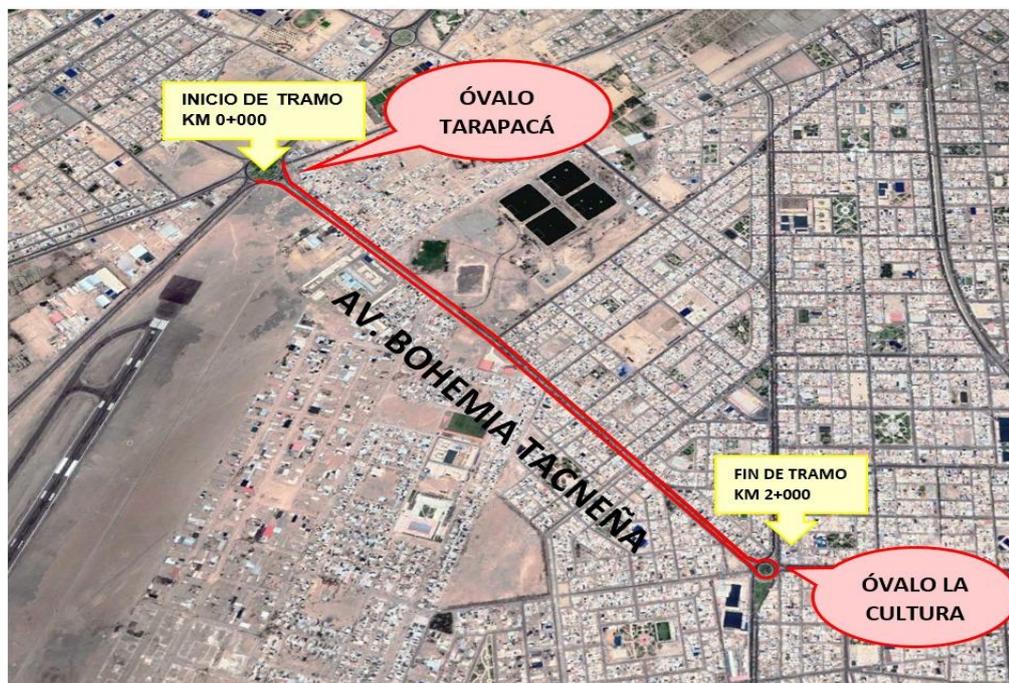
La avenida considerada para la evaluación es la av. Bohemia Tacneña el tramo del ovalo Tarapacá y el ovalo la Cultura, así como se aprecia en la Figura 1. Dicha avenida se encuentra en condiciones transitables, pero existe la necesidad de saber exactamente las condiciones funcionales de la carpeta asfáltica. La avenida de estudio en el cual encontramos una alta demanda de transporte público, privado y vehículos de carga. La aparición de fallas y la rugosidad genera mayor consumo de tiempo de viaje, mayor consumo de combustible, altos costos de operación vehicular, que repercute en los usuarios y los transportistas.

La capa de rodadura de la avenida Bohemia Tacneña, presenta desperfectos considerables en ciertos tramos, por lo que identificar, determinar, y calcular será uno de los objetivos de la presente investigación, para calificar al pavimento y determinar la transitabilidad presente en la vía estudiada.

La avenida Bohemia Tacneña presenta desprendimiento de agregado fino en el 40% del tramo, así como podemos apreciar en la Figura 2, esto disminuye el tiempo de utilidad de los neumáticos lo que genera incomodidad a los usuarios de la avenida.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Nota. Tramo a realizar la evaluación. Tomado de: Google Earth.

Figura 2

Desprendimiento de agregado

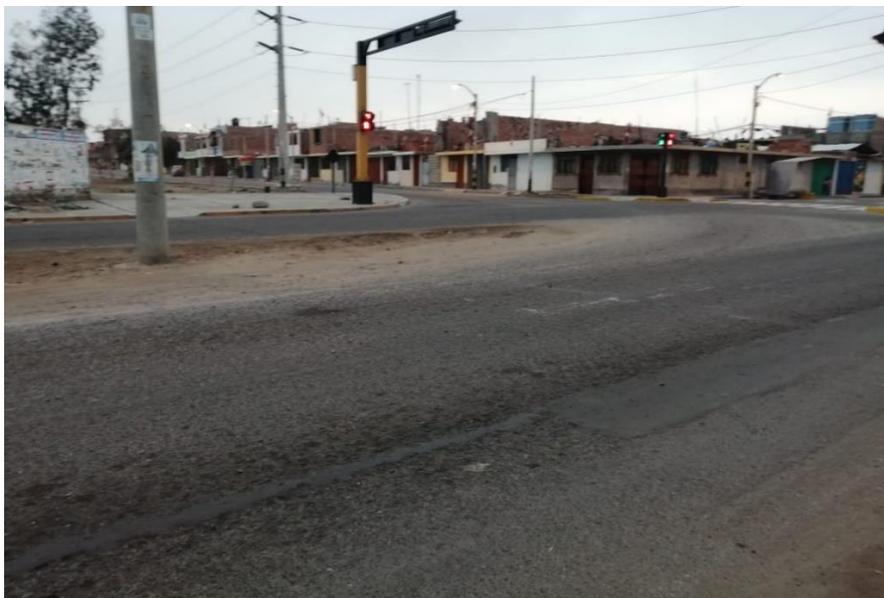


Nota. Perdida de agregado fino.

Al realizar una inspección visual se pudo observar que la avenida se presenta parchados, baches y fisuras longitudinales en algunos tramos, así como se aprecia en la Figura 3, 4 y 5,

Figura 3

Parchado del pavimento



Nota. Presencia de parches en el pavimento.

Figura 4

Fisuras y baches en el pavimento



Nota. Presencia de fisuras y baches en el pavimento.

Figura 5

Fisuras longitudinales.



Nota. Presencia de fisuras longitudinales.

1.2 Formulación del problema**1.2.1 Problema general**

¿Cómo la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en la Avenida Bohemia Tacneña, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo se determina la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña?

- b) ¿Cómo se determina la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña?
- c) ¿Cómo determinar la transitabilidad vehicular en función de la rugosidad calculada por el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña?

1.3 Justificación e importancia de la investigación

Actualmente existen diversas metodologías para determinar la rugosidad de la superficie de rodadura, pero la utilización de la aplicación para teléfonos móviles ABAKAL es algo nuevo e innovador en nuestro mercado. Esta aplicación calcula la rugosidad a través de las vibraciones que se obtienen de un vehículo al circular por una determinada vía, registrando mediante el acelerómetro de los teléfonos inteligentes las vibraciones del chasis calculado e incorporando variables para simular el modelo de cuarto de carro impuesto por el IRI o mediante ecuaciones lineales de correlación estimar valores para hallar la rugosidad en unidades estandarizadas de metros por kilómetro.

La investigación propuesta es la determinación de la transitabilidad en la avenida Bohemia Tacneña, para ello debemos calcular el índice de rugosidad internacional (IRI) considerando el aplicativo para teléfonos inteligentes ABAKAL y la metodología del rugosímetro de MERLIN, donde al comparar los resultados obtenidos ayuda a conocer la situación funcional del pavimento flexible y ello conlleva a determinar la calificación del pavimento y la serviciabilidad de la avenida. Además, el aplicativo y la metodología deben conocerse y manejarse por todos los ingenieros de transporte, porque el desconocimiento acerca de la utilización de ellos puede conllevar al deterioro del pavimento flexible, considerando entonces la opción más eficiente, la determinación del IRI a través del uso del aplicativo ABAKAL y la utilización del rugosímetro de MERLIN, estos son de fácil utilización, el MERLIN es autorizado por el Banco Mundial por su efectividad en sus resultados. Los resultados ayudarán a conocer la serviciabilidad de la avenida Bohemia Tacneña.

1.3.1 Justificación teórica

El estudio de esta metodología y aplicativo, aportará las teorías para posteriores investigaciones en el campo del desarrollo vial, teniendo como antecedentes estos aspectos que se va estudiar.

La investigación propuesta busca, mediante la teoría y los conceptos básicos de la aplicación de la metodología y del aplicativo ABAKAL, el método del uso de MERLIN, que ayudan a encontrar las explicaciones a situaciones que generan la incomodidad al momento de transitar por la carretera estudiada, los cuales afectan la comodidad, el confort, la seguridad y el medio ambiente.

1.3.2 Justificación práctica

El planteamiento del problema y los objetivos me permiten encontrar soluciones concretas a los problemas de la rugosidad (IRI), asimismo sabemos que es un parámetro que debe ser estudiado y manejado por los ingenieros de transportes, el aplicativo ABAKAL y la metodología MERLIN cuyos resultados ayudan a el planteamiento de una propuesta de diseño en la estructura del pavimento para una rehabilitación, reconstrucción, mantenimiento y otros que sean considerados en el planteamiento de la solución de acuerdo a los resultados.

1.3.3 Justificación metodológica

Para lograr los objetivos de la investigación, se acude al empleo de la normativa peruana actual, como son los manuales de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, el manual de especificaciones técnicas generales EG-2013, Norma CE-010-Pavimentos Urbanos y el manual de mantenimiento o conservación vial. La aplicación de la metodología de MERLIN y el aplicativo ABAKAL ayudan a conocer el estado de una vía, mucho más fácil, rápido y económico, cuyos resultados después de la investigación trascienden en su importancia por la contribución a las soluciones de mejora que se plantean para evidenciar las mejoras futuras.

1.3.4 Justificación social

El estudio, es importante para el beneficio de la población que hace uso de los vehículos de transporte interno, por el cual al tener una vía en buen estado se prevendrán los accidentes de tránsito, que es la segunda causa de muerte en el país.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida Bohemia Tacneña, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2021.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña.
- b) Determinar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña.
- c) Determinar la transitabilidad vehicular en función de la rugosidad calculada por el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, contribuye FAVORABLEMENTE en el mejoramiento de la transitabilidad vehicular, en la avenida Bohemia Tacneña, Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) La determinación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña, RESULTA MUY PERJUDICIAL.
- b) La determinación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña, RESULTA MUY PERJUDICIAL.
- c) La determinación de la transitabilidad vehicular, en función de la rugosidad determinada aplicando la metodología ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña, ES MUY DEFICIENTE.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Según, Junaid, M. (2015). “Medidas de rendimiento del Pavimento utilizando una aplicación para teléfonos inteligentes basada en Android”, desarrollado por Mohammed Junaid Uddin, de la Universidad de Osmania de la India en el 2015. Esta tesis desarrollada para obtener el grado de maestro en Ingeniería Civil por la Universidad de Osmania de la ciudad de India. El objetivo de esta tesis es calcular la Rugosidad del Pavimento flexible en la ciudad de Hyderabad, que es una ciudad de la India, a través del aplicativo del Teléfono Inteligente basado en un Android, en la cual se indica que la Rugosidad es muy importante para saber la condición del Pavimento flexible, los cuales al evaluar los Pavimentos nuevos deben considerarse; ya que si realizaran ensayos con velocidades por debajo de los 20km/h, los valores obtenidos de la aplicación del Teléfono Inteligente basado en un Android, ya no serían confiables. Llegando a concluir que la longitud para hallar el IRI promedio debe ser cada 100m, además que al conducir un vehículo a una velocidad constante de 50 km/h es conveniente para la obtención del IRI.

Según, Onofre, J., Sánchez, J. y Santiago, W. (2008). “Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de Pavimento usando el Perfilómetro Romdas Z-250”, desarrollado por Onofre, Juan; Sánchez, Julio; Santiago, Walter, de la Universidad de El Salvador – El Salvador en el 2008. Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de El Salvador – El Salvador. Sostiene que el Perfilómetro ROMDAS Z-250, es un equipo que te permite hacer medidas del perfil con una precisión de 0,1 mm, es por eso que se convierte en un Perfilómetro de clase 1, garantizando obtener valores del IRI muy precisos. Se determinaron que para el rendimiento del equipo Romdas Z-250 será de 100 metros en una hora, y que para completar la medición de un carril de 100 metros se necesita dos horas para los dos carriles, esto varía dependiendo de la habilidad de los operadores. Para obtener un valor representativo del IRI se tomaron tramos de Carretera de 200 a 300 metros.

Según, Caro, F. y Peña, G. (2012). "Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas Colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica". Este artículo es desarrollado por Fernando Caro Rivera y Germán Augusto Peña Castro. En este artículo de investigación presentado y aprobado en Colombia, Bogotá en el año 2012. Además, que desarrolla y da resultados de la Investigación sobre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para Pavimentos flexibles en vías urbanas, a partir de la recopilación de experiencias Nacionales e Internacionales, las mediciones de campo, las evaluaciones del IRI en diferentes tipos de Perfiles y análisis de resultados obtenidos en vías de Bogotá, relacionando lo obtenido de cada fase de la investigación, planteando además conclusiones y recomendaciones. Incluye también aspectos relacionados con el origen del IRI, las escalas de medición, los alcances en Pavimentos Urbanos, los equipos para medición y verificación de su Calibración, los umbrales y tratamiento de singularidades.

Según, Marín, D., Riscanevo, M. y Acosta, P. (2016). "Análisis del índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia". Artículo desarrollado por Didier Marín Montoya, Mónica Riscanevo López y Pedro Mauricio Acosta Castellanos. Este artículo de investigación presentado y aceptado en Colombia, Medellín en el año 2016. El cual resume que el índice de rugosidad internacional surge para unificar mundialmente todos los criterios para calcular la calidad del pavimento terminado en donde la gestión del transporte dentro del sistema logístico y un error significan importantes consecuencias económicas, es por eso que se ha optado por concesionar distintas vías a nivel nacional y más actualmente varios de los aeropuertos del país. Una de las concesiones es la regional Centro Norte que administra la empresa Airplan y en la cual es parte el aeropuerto Enrique Olaya Herrera de la ciudad de Medellín. La rugosidad se refiere a los defectos que se encuentran en la superficie de rodadura que inciden en la velocidad, los costos de operación, la seguridad vial y la comodidad de los usuarios al circular por los pavimentos en la ciudad de Colombia. En el contexto de este artículo se utilizó el término regularidad superficial para calificar adecuadamente un pavimento. El análisis de este artículo tiene como objetivo mostrar que esta metodología puede ser adoptada como un criterio de aceptación o rechazo dependiendo sea el caso en las pistas aeroportuarias dadas en concesión en el país de Colombia y de esta manera garantizar a los usuarios un determinado nivel de seguridad, comodidad y eficiencia en las pistas de Colombia.

Según, Badilla, G. (2009). “Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)”, desarrollado por Gustavo Badilla Vargas. Este artículo entregado y aprobado en san José de Costa Rica en el año 2009 en las Ediciones de Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Se resume que el Índice de Regularidad Internacional (IRI) es un parámetro ampliamente usado para hallar las características superficiales que presentan los pavimentos. En Costa Rica, se ha venido introduciendo la medición del IRI como un parámetro de diferentes obras viales; sin embargo, aún no es posible lograr una adecuada implementación de este índice de regularidad internacional. Este artículo presenta los detalles, los cuidados y los procedimientos que involucran el cálculo del IRI, para que sean tomados en cuenta en la definición de especificaciones de aceptación de varios proyectos viales o evaluados de la red vial.

Según, Choque, J. (2019). “Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de Pavimento Flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017”, desarrollado por Juan Artemio Choque Palacios en el año 2019. Esta tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Altiplano Puno en el Perú. En la cual se compara las metodologías del PCI y el Manual de carreteras – Conservación vial o Mantenimiento 2014 en la estructura del Pavimento Flexible en el tramo de la vía mencionada , definiendo el método más adecuado para la evaluación de vías con Pavimento Flexible, brindando información según los parámetros y criterios de las metodologías empleadas PCI (Americano) y el Manual de carreteras – Conservación vial o Mantenimiento 2014 (Perú), que a través de la comparación de estas metodologías se halló el estado de la Carpeta Asfáltica del tramo de la vía estudiada, obteniendo que el método del PCI es más confiable que el manual del MTC.

Según, Almenara, C. (2015). “Aplicación de Teléfonos Inteligentes para determinar la Rugosidad de Pavimentos Urbanos en Lima”, desarrollado por Carlos Ignacio Almenara Cueto en el año 2015. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la ciudad de Lima. En la que sostiene que se evaluó la Rugosidad de la vía expresa en la ciudad de Lima usando la aplicación ROADROID, donde se analizaron si la variación de la velocidad al momento del muestreo afecta o no los resultados obtenidos del IRI. En esta tesis se ha concluido que el ROADROID se presenta

favorable para la gestión vial del transporte, pues indica que lleva un control de variación de la Rugosidad en el tiempo adecuado que podrá ayudar a la toma de decisiones de cuándo y dónde intervenir en una vía. Por otro lado, se concluyó también que a las velocidades mayores a 60km/h son recomendables realizar los ensayos a esta velocidad en donde los datos obtenidos se acercan más al IRI real de la carretera estudiada.

Según, Montoya, J. (2013). "Análisis del IRI para un Proyecto de Carretera sinuosa concesionada en el Perú", desarrollado por el Ingeniero José Montoya Goicochea en el año 2013. Tesis desarrollada para obtener el Grado de maestro en la Universidad de Piura. Indica que el análisis del IRI en cualquier proyecto, del cual se propone realizar un mecanismo para hallar las tolerancias en el control de la Rugosidad establecida en los contratos de las concesiones viales de transporte. Se plantea como estrategia, relacionar el IRI del diseño de las vías con los datos geométricos de la misma. concluyendo de que al conocer la verdadera relación entre los valores del IRI de diseño y la geometría de la vía, nos ayudará a mejorar en las exigencias técnicas en los términos de referencia de futuras concesiones viales de transporte y Expedientes Técnicos para caminos nuevos Pavimentados en el Perú.

Según, Camacho, S. (2018). "Evaluación y Análisis de la Rugosidad en Pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el Rugosímetro de Merlín", desarrollado por Shiamely Yoshira Camacho Pampamallco en el año 2018. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", en la ciudad de Juliaca del Perú. En esta tesis se sostiene que el método con la aplicación del ROADROID y el ensayo con el Rugosímetro de Merlín que se realizó en la Av. floral comprende desde la intersección con Av. La Torre hasta la intersección con el Jr. Jorge Basadre de la ciudad de Puno en el Perú, donde se concluye que los rangos se encuentran entre un Pavimento viejo y caminos no Pavimentados, por lo que requiere mantenimiento parcial o total según la evaluación técnica y económica previa de la estructura del Pavimento.

Según, Pomasonco de la Cadena, (2010). "Evaluación de la Transitabilidad utilizando el Rugosímetro de Merlín, monitoreo de conservación Carretera Cañete-

Huancayo Km.110+000 al Km. 112+000”, desarrollado por Roberto Carlos Martin Pomasonco de la Cadena en el año 2010. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima del Perú. Se resume que tiene como base la obtención del IRI (Índice de Rugosidad Internacional), que me permitirá calcular la condición de uso de la vía (PSI) y con este valor tendremos los adjetivos de servicio, la Transitabilidad. Se plantea tomar la Transitabilidad como un indicador que me permita relacionar con las acciones de Conservación y Rehabilitación de la vía de transporte y su eficacia en el tiempo. El problema que se desarrolla en esta tesis es obtener una variable de evaluación de la Transitabilidad para el tipo de vía en estudio. Se plantea el uso del IRI para esta evaluación, siendo el IRI el que me indicara la relación con el confort de la vía de transporte, y la Transitabilidad para indicar la capacidad de la vía si está operativa. Por ese motivo se analizaron dos métodos con los cuales hallaremos la caracterización del tramo asignado, obteniendo resultados que me evidencian el estado de la Transitabilidad de la vía de transporte. Los resultados de la evaluación se obtendrán a través de esos dos métodos mencionados para mejorar las diversas condiciones y realidades en que se encuentran las carreteras de nuestro país.

Según, Medina, R. y Farro, D. (2018). “Evaluación superficial y de rugosidad del Pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo: Óvalo Transportes – Óvalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2017”, desarrollado por Richard Ángel Medina Cháhuares y Diego Alonso Farro Velarde en el año 2018. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna. Esta tesis sostiene que la metodología del PCI y método de la Rugosidad superficial de MERLÍN, que mide la regularidad superficial y la evaluación superficial, usando los métodos indicados, llegando a la conclusión después de haber realizado el proceso de aquellos datos para luego obtener los resultados obtenidos con respecto al rugosímetro de Merlín y la evaluación superficial mediante el PCI, el cual dio como resultado un estado “Malo” en el que involucra ambos carriles, siendo el más crítico el carril Derecho. Por lo tanto, las Fallas Superficiales de la zona, donde se concluyeron que presenta una severidad alta. Siendo necesario su respectivo mantenimiento ya que es una de las vías más transitadas de la ciudad y el cual comunica de extremo a extremo en la ciudad de Tacna.

Según, Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2021). “Aplicación de Teléfonos Inteligentes y el Rugosímetro de Merlín para la determinación de la Rugosidad del Pavimento Flexible en la carretera Ta-615, tramo: puente el peligro – Emp. pe-40, Tacna - 2020”, desarrollado por Gonzalo zeballos Zegarra y Carlos Vizcarra Arocutipa en el año 2021. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna. Esta tesis Sostiene que al momento de comparar los resultados del IRI, entre las dos metodologías, se demuestra que el aplicativo ROADROID obtiene valores similares a los obtenidos por el Rugosímetro de Merlín, considerando el rendimiento en horas hombre y costo, los cuales son mucho más menores a los que utiliza el Rugosímetro de Merlín. Comparando los valores obtenidos de ambas metodologías $IRI = 3,52$ m/km y $eIRI = 3,59$ m/km, los cuales son similares. Por lo tanto, se obtiene un IRI ponderado igual a 3,52 m/km, el cual representa un Índice de Serviciabilidad (PSI) igual a 2,64, indicando un estado Regular del Pavimento en condiciones generales de toda la carretera.

Según, Aguirre, J. y Chambilla, D. (2021). “Evaluación superficial del Pavimento en calle Tarapacá tramo Ovalo cuzco hasta avenida Gustavo Pinto, distrito de Tacna - 2021”, desarrollado por Jean Paul Jesus Aguirre Alvarado y Diego Alfredo Chambilla Aduvire en el año 2021. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna. Esta tesis sostiene que la evaluación del deterioro superficial del Pavimento Flexible con la metodología de inspección visual PCI, tiene una clasificación regular y la aplicación del equipo Merlín, en el cual se calculó la Rugosidad del carril izquierdo y derecho, se obtuvo un Pavimento Malo. Por lo tanto, al obtener el IRI promedio de la vía estudiada, se tiene un Pavimento Malo, por ser mayor a 4,5 m/km.

Según, Mamani, B. y Vallejos, H. (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”, desarrollado por Braulio Astorga Mamani Resalazo y Heber Smith Vallejos Sardón en el año 2020. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna. Esta tesis sostiene, que con la aplicación de la metodología PCI, se establece el estado de conservación en la que se encuentra el Pavimento Flexible, de acuerdo a las Fallas encontradas en la evaluación, con la finalidad del tratamiento que corresponda a la avenida Juan Moore, obteniendo un

PCI ponderado igual a 26,60, considerando una calificación mala. El cálculo de la rugosidad obtenido en la avenida Juan Moore, define el tipo de la Transitabilidad, para lo cual utilizando la ecuación de William Paterson en función del IRI, se obtiene el PSI igual a 1,26, determinándose una clasificación de la Transitabilidad de la avenida investigada, como mala.

Según, Flores, E. y Pilco, D. (2021). “Análisis Funcional del Pavimento Flexible para mejorar la Transitabilidad Vehicular, Utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020”, desarrollado por Erick Jhon Flores Jara y Dikver Gustavo Pilco Galindo en el año 2021. Tesis desarrollada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna. Esta tesis sostiene, que con los resultados obtenidos del carril derecho e izquierdo de la avenida Gustavo Pinto, podemos obtener un valor ponderado de ambos carriles, cuyo IRI es igual a 5,05 m/km, este valor finalmente les ayuda a calificar el estado del Pavimento Flexible de toda la avenida Gustavo Pinto, definiéndose en su investigación como Malo. Para la calificación de la Transitabilidad que brinda la avenida Gustavo Pinto en el momento de la investigación, se determinó un valor del PSI, en base al IRI ponderado, utilizando la ecuación de William Paterson, cuyo resultado obtenido es $PSI = 2.00$, es por eso que se califica la transitabilidad mala de la avenida Gustavo Pinto.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible

Los pavimentos son estructuras que permanecen sometidas a constantes esfuerzos, por lo cual se debería de hacer una evaluación periódica de los mismos que nos posibilite decidir el estado situacional de la superficie del pavimento flexible, para de esta forma adoptar por medidas correctivas, mantenimiento o recomposición para que cumplan con las condiciones mínimas de servicio de esta manera se logre prolongar su vida útil en tal sentido se satisface a los usuarios de la vía ahorrando en combustible, cambio de neumáticos, etc.

2.2.1.1 *Serviciabilidad*

Se estima serviciabilidad a un área definida de pavimento idóneo para atender al tráfico en su condición presente.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, así como se muestra en la siguiente Tabla 1, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor (Pomasonco de la Cadena, 2010).

Tabla 1

Escala de índice de serviciabilidad

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

Nota. Calificación de la servicialidad. Tomado de: (Alvarenga, 2002).

2.2.1.2 *Transitabilidad*

El término de "transitabilidad" en el Perú define una situación de "disponibilidad de uso". muestra que una carretera específica está disponible para su uso, o sea, que no fue cerrada al tránsito público por razones de "emergencias viales" que la hubieran cortado en cualquier o en ciertos sitios del recorrido, como resultado de deterioros más grandes generados por fuerzas de la naturaleza, como por ejemplo deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. ejemplificando. Esta clase de inconvenientes, es el que causa más

grande efectos en la vida de las poblaciones del país y ocurre en su mayoría en periodos de lluvias (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.2.1.3 Cálculo de serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI

Se necesita obtener los datos de campo para un tramo de análisis según los intervalos de desviaciones, luego se procede al cálculo del rango “D” para ver el reparto de las frecuencias de las lecturas obtenidas y utilizar el factor de corrección que corresponde a la calibración del equipo (Sologorre, 2005).

En la siguiente Tabla 2 se puede apreciar la calificación de la transitabilidad de una vía.

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

PSR	Transitabilidad
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Nota. Calificación de la transitabilidad. Tomado de: (Sachún, 2016).

2.2.1.4 Rugosidad

Se define como las irregularidades en la superficie del pavimento, la cual tiene un impacto directo en el deterioro de las calles y carreteras y en los usuarios, además perjudica adversamente a la calidad de rodado, seguridad y precios de operación del vehículo.

El Banco Mundial planteo una medida de la rugosidad llamada el índice de rugosidad internacional (IRI), cuyo rango va de 0 (un pavimento ideal, sin ninguna

imperfección) hasta 12 (una carretera completamente intransitable) comúnmente. Este parámetro, extensamente utilizado, posibilita medir la rugosidad superficial de los pavimentos desde la sumatoria, en valor absoluto, de los desplazamientos verticales a lo largo de un tramo, dividido entre la longitud del mismo.

2.2.1.5 Causas posibles de la rugosidad

Las irregularidades en la capa de rodamiento de los pavimentos, tanto nuevos como existentes tienen la posibilidad de crear por falta de mantenimiento o errores realizados a lo largo del procedimiento constructivo de la vía; en la cual no se haya tomado las medidas de control que corresponden, ocasionando como resultado las deformaciones que dañan a la libre transitabilidad.

2.2.1.6 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Se han demostrado que hay varios componentes que están afectando la rugosidad del pavimento, a continuación, se mencionara los más relevantes:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El numero estructural.
- Las características del concreto asfaltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.
- Las características ambientales: Temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento, días con temperatura mayor a 32°C.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que 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.
- Expansión y severidad de las fallas en el pavimento.

2.2.1.7 Índice de rugosidad internacional (IRI)

La sociedad americana de ensayos y materiales (ASTM) en la norma E - 867 define la rugosidad como la variación de la superficie del pavimento en relación a una superficie plana que perjudica la dinámica de los vehículos, la calidad de los viajes, las cargas dinámicas y el drenaje. La rugosidad además podría ser determinada como la distorsión de la superficie del pavimento que causa aceleraciones verticales indeseables contribuyendo a la incomodidad del viaje.

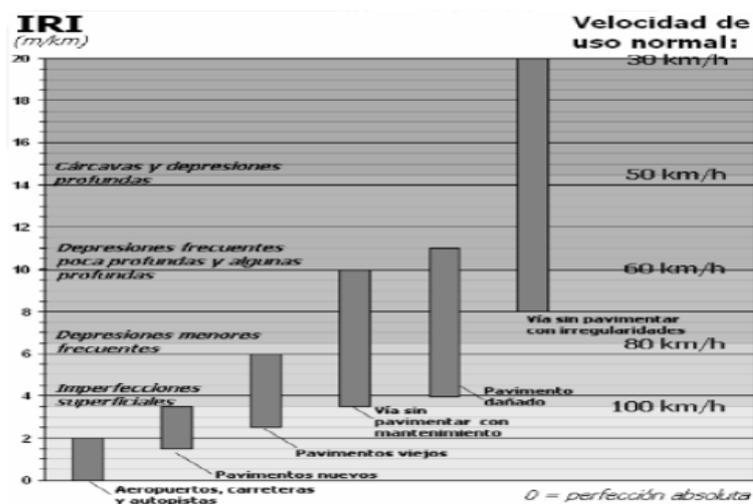
El IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía, propuesta por el Banco Mundial como estadística estándar de la rugosidad que establece la predominación del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros (Sayers, M.; Karamihas, S., 1998).

2.2.1.8 Escalas y características del IRI

El IRI tiene unidades de mm/m, m/km o in/mi, varía de 0 a 20 m/km o 0 a 126 in/mi (rugosidad 0 m/km es un camino uniforme perfecto y 20m/km uno ya casi imposible de transitar), así como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Escala estándar empleada por el Banco Mundial



Nota. Escala estándar para clasificar los caminos según su IRI.

Tomado de: Banco Mundial.

2.2.2 Rugosímetro de MERLIN

Es un instrumento versátil, sencillo y económico tal como se aprecia en la figura 8 y 9, pensado en especial para uso en territorios en vías de desarrollo. Ha sido introducido en el Perú en 1993 (estando para junio 1999), más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

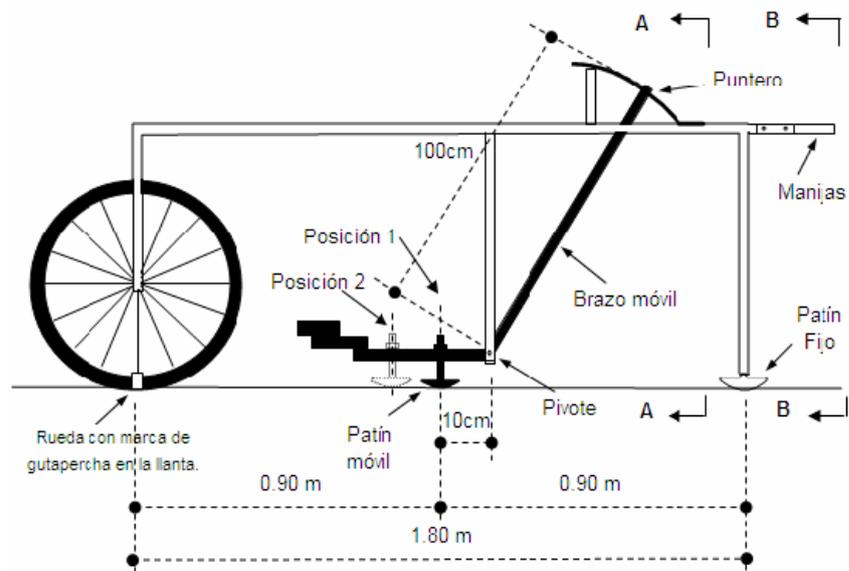
El método de medición que usa el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y gracias a la gran precisión de sus resultados, clasifica como un método Clase 1. La correlación de los resultados conseguidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación básicamente igual a la unidad ($R^2=0,98$). Por su gran precisión, solamente superado por el método topográfico (mira y nivel), ciertos elaboradores de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros a continuación se puede observar en la figura 7 la utilización del rugosímetro de MERLIN y su estructura.

Figura 7

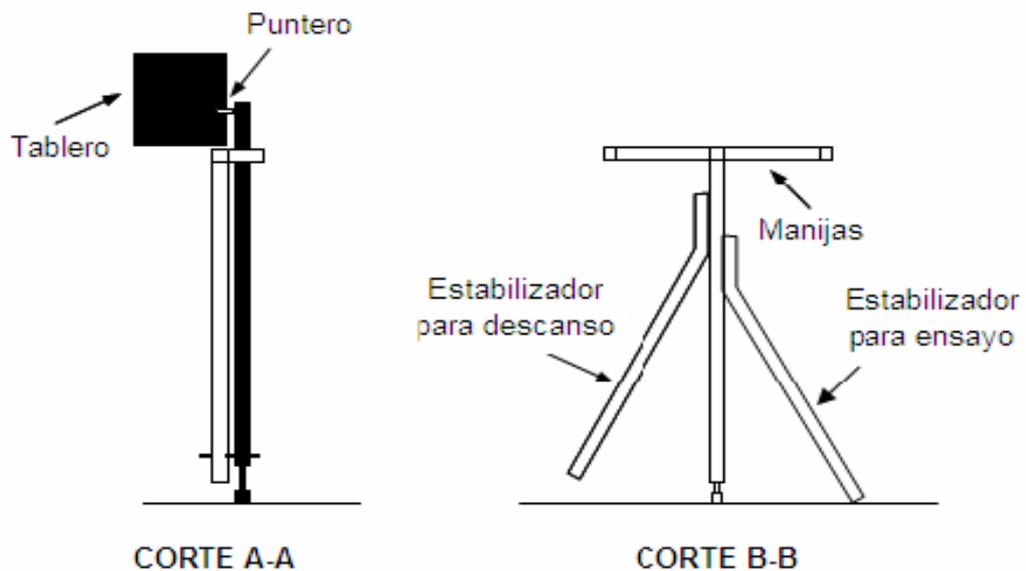
Metodología para la determinación de la rugosidad



Nota. Uso del rugosímetro de Merlín utilizado en campo.

Figura 8*Detalles del instrumento MERLIN*

Nota. Detalles del rugosímetro de Merlín vista lateral. Tomado de: (Del Aguila, 1999).

Figura 9*Detalles del instrumento MERLIN*

Nota. Detalles del rugosímetro de Merlín vista frontal. Tomado de: (Del Aguila, 1999).

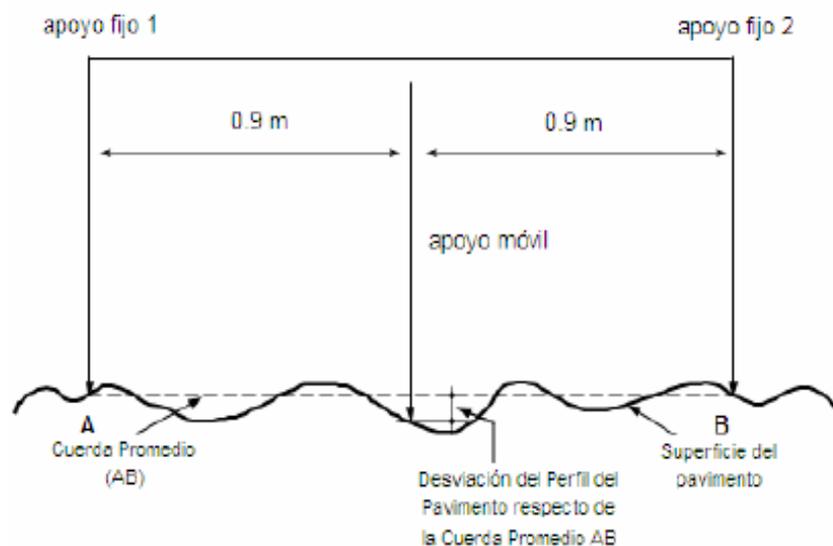
El MERLÍN mide el recorrido vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El recorrido es conocido como “la desviación con respecto a la cuerda promedio”.

El MERLÍN tiene 2 pies, separados uno de otro una distancia de 1.8m, el cual se basa en la superficie del camino cuya rugosidad va a ser medida durante la wheeltrack (marca elaborada por las ruedas). Un patín de prueba móvil se pone a media-vía sobre la superficie de camino entre ambos pies y el MERLÍN mide la distancia vertical “y” entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que junta la base ambos pies tal como se muestra en la figura 10.

El resultado se registra en un formato montado sobre la máquina, tomando medidas reiteradas durante la huella de la rueda una vez que se han completado las visualizaciones, se quita el formato, en el que se habrá creado un histograma. El “ancho” del histograma (D), expresado en milímetros simboliza la rugosidad en la escala de MERLÍN. (Del Aguila, 1999).

Figura 10

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento



Nota. Medición de desviaciones del pavimento respecto de la cuerda promedio AB. Tomado de: (Del Aguila, 1999).

Alrededor de la parte central del componente horizontal, se proyecta hacia

abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, por medio de un patín empinado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, en lo que el extremo superior acaba en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, según la postura que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.

La interacción de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de forma tal que un desplazamiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, crea un movimiento de 1 cm del puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se usa una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Del Aguila, 1999) a continuación se muestra la figura 11, la estructura del rugosímetro de MERLIN.

Figura 11

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones



Nota. Escala para hallar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio. Adaptado de: (Del Aguila, 1999).

2.2.2.1 Modo de uso

Para la ejecución de los ensayos es necesario que 2 personas que trabajen conjuntamente, un operador que conduce el equipo y ejecuta las lecturas y un auxiliar que los anota. Asimismo, debería seleccionarse un tramo de 400m de longitud, sobre un definido carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Para determinar un valor de rugosidad se tienen que hacer 200 observaciones de las “irregularidades que muestra el pavimento” (desviaciones que se relacionan relativamente a la cuerda promedio), cada una de las cuales son detectadas por el patín móvil del MERLÍN, y que a su vez son indicadas por la postura que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de dicha forma las lecturas.

Las observaciones tienen que realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia, en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLÍN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se hace al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en 3 puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo.

La postura que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, de la misma forma que es mostrado en la figura.

El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas como se muestra en la figura siguiente; comenzando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha (Del Aguila, 1999).

A continuación, se muestra en la figura 12 el formato que se utiliza para el levantamiento de datos de la avenida, en los cuales se llenaran datos obtenidos de 400 metros.

Figura 12*Formato para recolección de datos de campo*

**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											AFERMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPERMEABLE <input type="checkbox"/>
5											TRAT. MECAN. <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECUBR. ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9											SEALO <input type="checkbox"/>
10											OTRO <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Nota. Formato para la toma de datos en campo.

Tomado de: (Del Aguila, 1999).

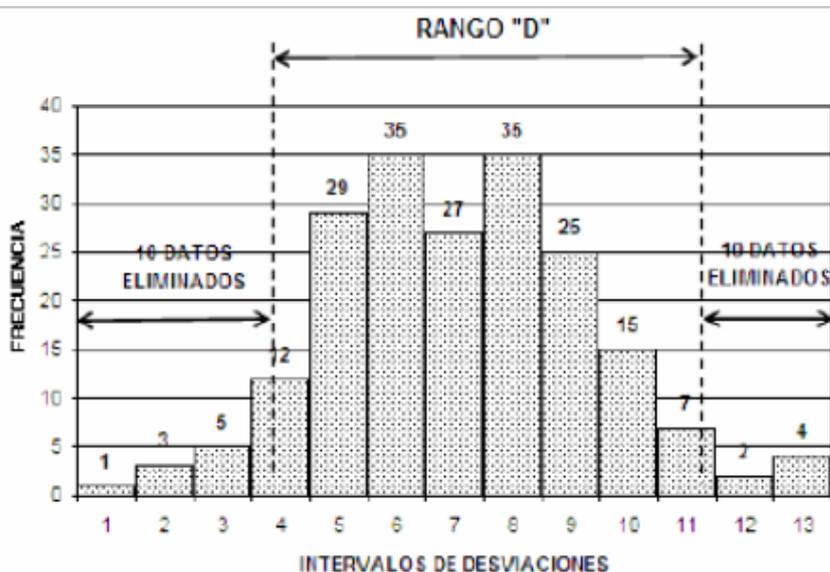
2.2.2.2 Cálculo de la rugosidad

Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se necesitan para establecer un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La separación N° 25 debería ser tal que corresponda a la postura central del puntero sobre el tablero una vez que el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En el tamaño que las múltiples posiciones que adopte el puntero coincidan con la separación 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por otro lado, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la separación N° 25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con diversas inflexiones (rugosidad elevada).

La dispersión de los datos conseguidos con el MERLIN se examina calculando el reparto de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para objetivos didácticos, a modo de histograma (Figura siguiente). Luego está establecido el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), después de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se borra el 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y el 5% (10 datos) del extremo superior (Del Aguila, 1999), así como se muestra en la siguiente figura 13.

Figura 13

Histograma de la distribución de frecuencias



Nota. Histograma de distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. Tomado de: (Del Aguila, 1999).

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, tomando en cuenta las fracciones que pudiesen ser como resultado de la eliminación de los datos. En la Figura 17, ejemplificando, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por impacto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, de modo que, resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0,92$. Caso parecido ocurre en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad

fraccionada igual a $3/7=0,43$. Se tiene de modo que un Rango igual a $0,92+6+0,43 = 7,35$ unidades.

El Rango D definido se debería manifestar en milímetros, para lo que se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros.

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

Factor de corrección.

$$\text{F.C.} = (\text{EP} \times 10) / (\text{Li} - \text{Lf}) \times 5$$

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

Cálculo del Rango D corregido.

$$\text{Dc} = \text{D} \times \text{FC}$$

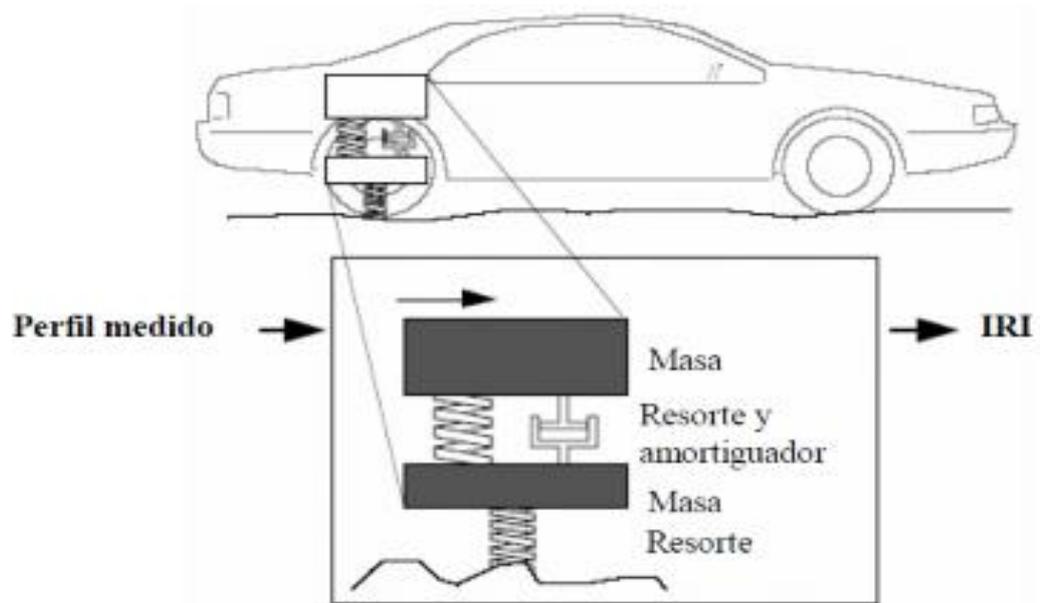
Cálculo de IRI

$$\text{IRI} = 0,593 + 0,047\text{Dc}$$

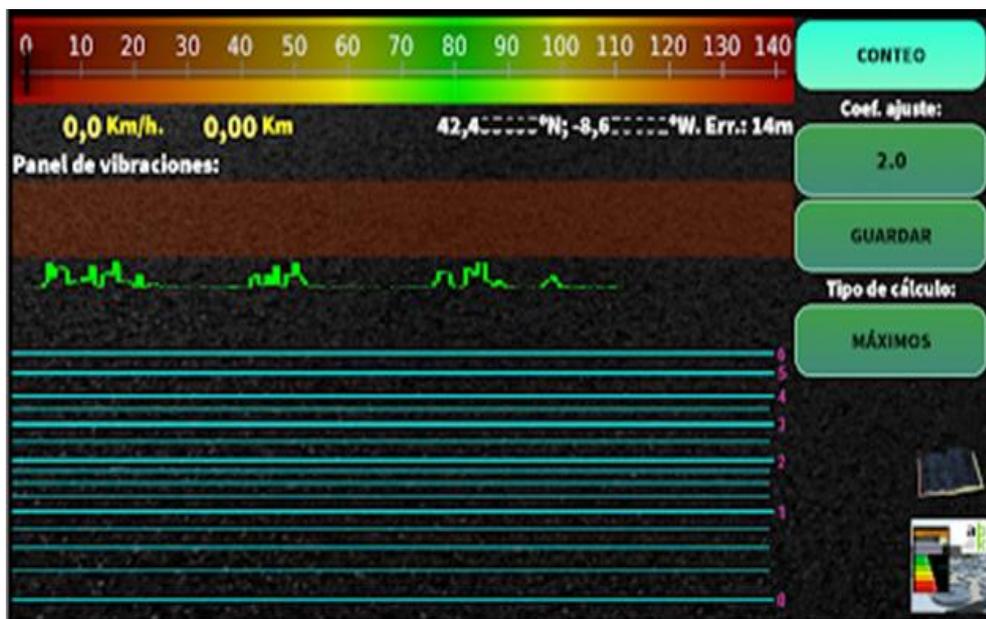
2.2.3 Aplicación de teléfono inteligente ABAKAL

Calcula el IRI usando los sensores de vibración y el GPS de Android del Smartphone tal como se muestra en la figura 15, ejecuta graficas e informe del valor IRI cada 100 m., a la vez se puede calibrar. Por otro lado, el modelo que utiliza es el modelo de cuarto de carro.

El modelo es una representación de una rueda posterior de un carro, por medio de masas, resortes y amortiguadores con coeficientes patrón, representa la masa del carro, la masa de la rueda, el amortiguador y la flexibilidad de la llanta, así como se muestra en la figura 14. En el modelo medimos los movimientos verticales atribuibles a las irregularidades en el perfil longitudinal.

Figura 14*Modelo de cuarto de carro*

Nota. Esquema de suspensión de amortiguadores. Tomado de: (Sayers, M. & Karamidas, S., 1988).

Figura 15*Aplicativo ABAKAL*

Nota. Pantalla principal del aplicativo ABAKAL. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

2.2.3.1 Velocidad de ensayo

La rapidez debe ser constante y centrada alrededor de los 80 km/h en carreteras, por esa razón el velocímetro marca en verde los alrededores de esa rapidez.

2.2.3.2 Ubicación del teléfono inteligente

Puede colocarse apoyado en el parabrisas para la operación adecuada de los ajustes, así como se puede apreciar en la figura 16 que se muestra a continuación, ya sean los métodos estadísticos o los máximos.

Figura 16

Ubicación del teléfono en el vehículo



Nota. Sistema de acople del teléfono inteligente. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

2.2.3.3 Tipos de calculo

Permanecen definidos 2 métodos de cálculo distinto, estadísticos y máximos. El método estadístico deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden

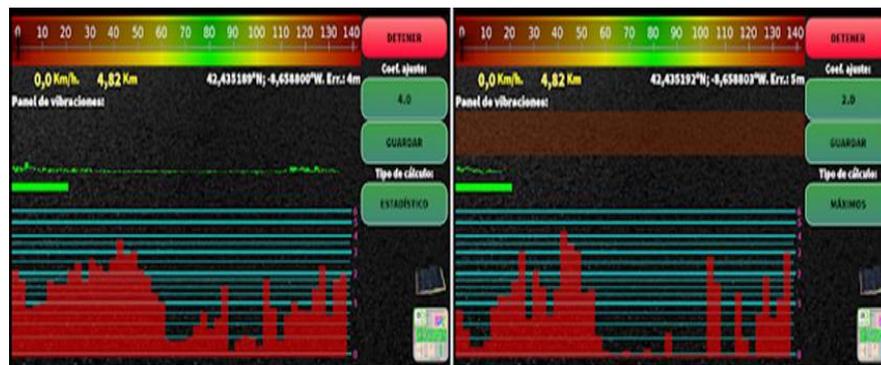
de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste eleva (o reduce) esa ponderación.

El método por máximos determina unos valores límite, desde los cuales pondera el ensayo. Bajar el límite equivale a elevar el ensayo. Por esto el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo.

A priori, no se puede implantar cuál es el mejor sistema que se adapte al tándem vehículo-Smartphone, Por esa razón, se necesita equiparar los resultados con otro IRI externo y escoger el mejor en cada caso. Si se cambia de vehículo o de Smartphone se debe repetir estas operaciones. A medida que se hace el ensayo, éste se irá dibujando en la gráfica inferior con la escala vertical de tipo logarítmica tal como se muestra en la figura 17.

Figura 17

Métodos de cálculo



Nota. Registro de lecturas del aplicativo ABAKAL. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

2.2.3.4 Generación de informe

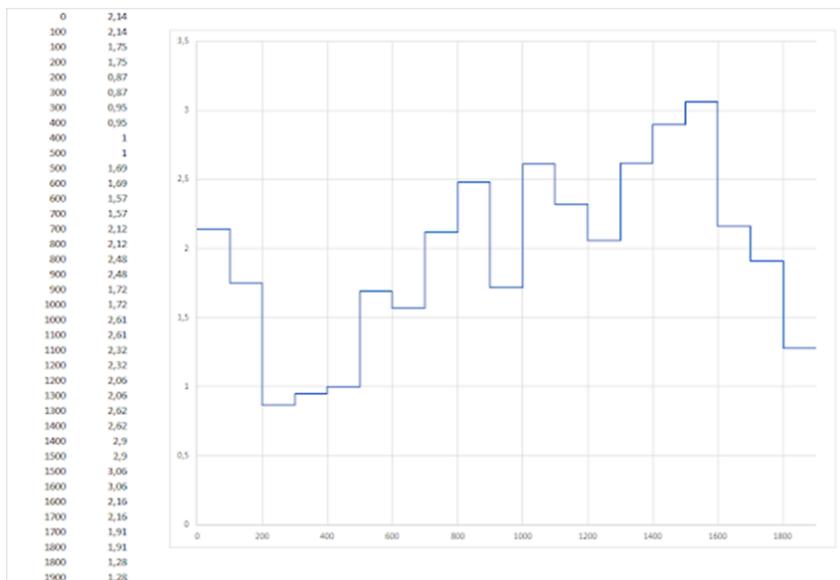
El aplicativo genera como resultados tres tipos de archivos, los cuales son guardados en el directorio “/storage/0/Abakal/IRI”.

El archivo informe IRI.csv como se muestra en la figura 18, se puede abrir como una hoja de cálculo, el cual es importante porque podemos graficar. El archivo informe IRI2.csv como se muestra en la tabla 3, es más una tabla de control. El

archivo informe IRI.kml como se aprecia en la figura 19, es para abrir en Google Earth, así como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 18

Informe IRI.csv



Nota. Variación del IRI con respecto al desplazamiento. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

Tabla 3

Resultados Informe IRI2.csv

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72,00	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,30	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1
42,456012	-8,671988	129	80,24	500	1,69
42,456741	-8,671048	137	78,12	600	1,57
42,457411	-8,670161	142	71,78	700	1,59
42,458005	-8,669230	146	73,55	800	2,12

Nota. Reporte del aplicativo ABAKAL. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

Figura 19*Informe IRI.kml*

Nota. Reporte del recorrido del aplicativo ABAKAL. Tomado de: (ABAKAL, 2020).

2.3 Definición de términos**2.3.1 Rugosidad**

La rugosidad mide las irregularidades en la superficie del pavimento flexible, esto se establece el impacto directo en el deterioro de las calles y carreteras y en los usuarios, además perjudica de manera negativa a la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo. también, evalúa las desviaciones verticales de la superficie nominal que viene comúnmente determinadas por las características del material.

2.3.2 Rugosímetro de Merlín

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado en especial para uso en territorios en vías de desarrollo.

2.3.3 Transitabilidad

El término de "transitabilidad" en el Perú define una situación de "disponibilidad de uso". Muestra que una carretera específica está disponible para su uso, o sea, que no fue cerrada al tránsito público por razones de "emergencias viales" que la hubieran cortado en cualquier o en ciertos sitios del recorrido, como resultado de deterioros más grandes provocados por fuerzas de la naturaleza, como por ejemplo deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.3.4 Serviciabilidad

La serviciabilidad es la percepción que poseen los usuarios del grado de servicio del pavimento. La medición de la calidad de un pavimento muestra una complejidad conceptual ya que es dependiente de la evaluación que se haga, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición servible de su superficie. Aun cuando este se tenga resuelto, si no se usan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no van a ser equiparables con las mediciones elaboradas (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.3.5 Evaluación funcional

La evaluación funcional está conectada directamente con la sensación del usuario al utilizar una vía determinada. En relación con eso, la rugosidad de la superficie de ruedo para la circulación de los vehículos me permite ofrecer condiciones de seguridad y confort para los usuarios de las carreteras (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.3.6 Evaluación estructural

La evaluación estructural consiste en la determinación de la capacidad portante de un pavimento en una infraestructura vial. Esto se realiza durante la construcción del pavimento para establecer si cumple con lo señalado en el diseño, o en algún momento de su vida de servicio, de la cual me indica niveles de servicio para poder cifrar las necesidades de rehabilitación, si es que el pavimento se acerca al final de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función estructural. Podría decirse entonces que, en general, la evaluación estructural es todo un proceso de diseño inverso ya que usa la respuesta del sistema para establecer las características estructurales, lo cual es conceptualmente contrario a un proceso de diseño.

2.3.7 Abakal

Es un programa que permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de Android. Además, que realiza gráficos e informes, permitiendo la calibración del mismo.

2.3.8 IRI

El IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía determinada, propuesta por el Banco Mundial como una estadística estándar de la rugosidad del pavimento que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, el cual se expresa en metros por kilómetros (Sayers, M.; Karamihas, S., 1998)

2.3.9 Pavimento flexible

Se denomina Pavimento flexible al cual cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de los pesos que transitan sobre él. El uso de Pavimentos flexibles se usa fundamentalmente en zonas de bastante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings.

La estructura del pavimento flexible está compuesta por una capa superficial que es la capa asfáltica o capa de rodadura, seguida por la base y la sub base sucesivamente, lo cual en complemento se encuentra apoyado encima de la subrasante o terreno natural a donde llega una parte del peso vehicular.

2.3.10 Calzada

Parte pavimentada o afirmada de la vía con uno o más carriles o sentidos de circulación. Parte de una carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada, donde el objetivo es resolver un determinado problema, enfocándose en la búsqueda del conocimiento para dar solución al problema.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es referente a la manera en cómo se dará respuesta a las interrogantes formuladas en dicha investigación y las maneras en las que están relacionadas con el concepto de estrategias a seguir para la búsqueda de la solución al problema planteado, utilizando estrategias de investigación documental y la investigación de campo; es decir profundizar el conocimiento de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos, por otro lado la recolección de datos directamente de los investigadores o en la realidad en donde ocurren los hechos sin manipular o controlar la variable.

3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población

La población para la investigación viene a ser todas las vías del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.2.2 Muestra

La muestra viene a ser la población de la investigación es decir toda la calzada de la avenida Bohemia Tacneña, tramo: Ovalo Tarapacá – Ovalo la Cultura, la vía en estudio se encuentra en malas condiciones de rugosidad, perjudicando la transitabilidad.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable dependiente

Mejorar la transitabilidad vehicular

Indicadores:

- Transitabilidad en función del IRI.
- Geometría de la vía.

3.3.2 Variable independiente

Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible

Indicadores:

- Pavimento flexible
- Rugosidad de los pavimentos
- Índice internacional de rugosidad
- Cálculo del índice de rugosidad
- Aplicativo para Smartphone ABAKAL.
- Índice ABAKAL (IRI)
- Rugosímetro de MERLÍN.
- Esquema del rugosímetro
- Cálculo del rango D
- Correlación D versus IRI

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

La metodología y técnicas usadas es el uso del Rugosímetro de MERLIN, el uso del aplicativo ABAKAL IRI, en la avenida Bohemia Tacneña, tramo que comprende Ovalo Tarapacá – Ovalo la Cultura.

Para la ejecución de la investigación se procede con localizar la avenida que cumpla con todas las condiciones necesarias para ser estudiada, referidos al estado funcional mediante el conocimiento del índice de rugosidad internacional, para lo cual debemos conocer el estado de conservación del pavimento flexible. Una vez realizado el trabajo de campo se procede al gabinete a realizar los cálculos respectivos para determinar la rugosidad, para la calificación del estado del pavimento.

3.4.2 Instrumentos

- Rugosímetro de MERLIN.
- Aplicativo ABAKAL
- Cámara Fotográfica
- Teléfono Inteligente

3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Rugosímetro de MERLIN

Para la toma de datos con el Rugosímetro de MERLIN nos dirigimos a la avenida Bohemia Tacneña, donde al inicio de la evaluación se realizó la calibración del rugosímetro con las pastillas tal como se puede apreciar en la figura 20, ya calibrado el rugosímetro se procedió a tomar las lecturas en el formato, terminando la toma de lecturas de ambos carriles se procedió a realizar los cálculos en un formato

Excel donde se obtuvo el valor IRI de la avenida cada 400m y un IRI promedio de toda la avenida.

Para la determinación del tipo de pavimento se procedió a buscar la información, por lo que se logró contactar a un Ingeniero que participo en la rehabilitación que se realizó anteriormente en esta avenida de esta manera se afirmó que el tipo de pavimento era carpeta en frio.

Figura 20

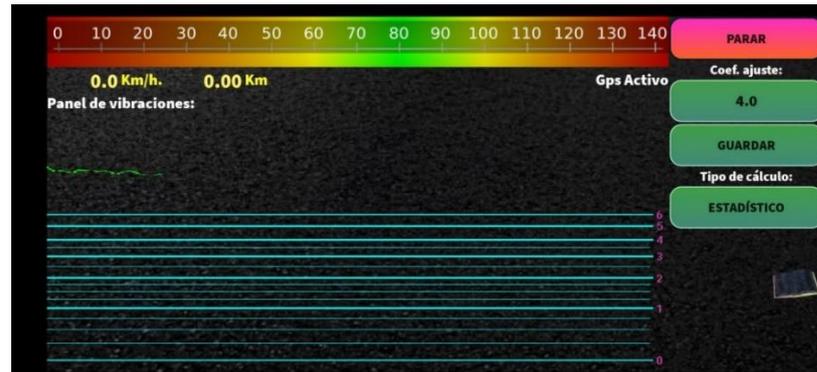
Evaluación del pavimento rugosímetro de MERLIN



Nota. Obtención de datos mediante el rugosímetro de MERLIN de la Avenida Bohemia Tacneña.

3.5.2 Aplicativo ABAKAL

Para la toma de datos con el aplicativo ABAKAL, se contrató una camioneta Hilux del año 2021 en el cual se procedió a instalar el teléfono inteligente en el parabrisas con un soporte así como se puede observar en la figura 22, una vez instalado el teléfono inteligente el operador realizo un recorrido de prueba para definir el coeficiente de ajuste y se trabajó con el tipo de cálculo estadístico, así como se muestra en la figura 21.

Figura 21*Configuración del aplicativo ABAKAL*

Nota. Configuración del aplicativo ABAKAL para la obtención de datos de la Avenida Bohemia Tacneña.

El aplicativo nos proporcionó los reportes del valor IRI a cada 100m y el recorrido de la camioneta en un formato kml.

Figura 22*Evaluación del pavimento aplicativo ABAKAL*

Nota. Obtención de datos mediante el aplicativo ABAKAL de la Avenida Bohemia Tacneña.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Resultados del cálculo de la rugosidad con Merlín

Según el levantamiento de datos en campo se obtuvo los siguientes resultados para la evaluación del pavimento flexible utilizando el Rugosímetro de Merlín.

4.1.1 Tramo 1 carril derecho

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 1 en la figura 23, con una longitud de 400 m del carril derecho utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 24.

Figura 23

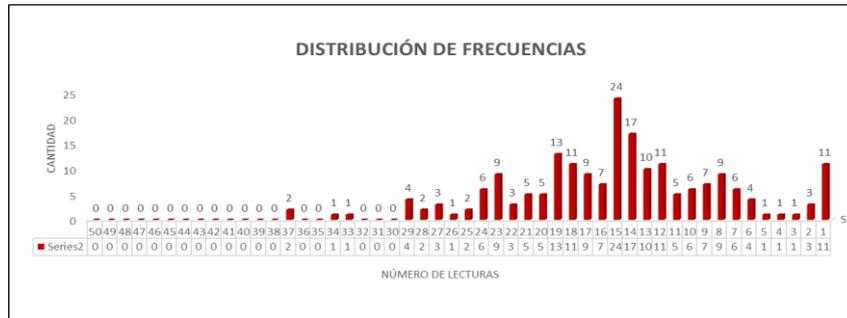
Datos de campo - tramo 1 carril derecho

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN												
HOJA DE CAMPO												
*EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA												
PROYECTO: TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN												
LANCHIPA, TACNA-2021*												
SECTOR:	0+000 al 0+400				Nº DE ENSAYO:	1						
CARRIL:	DERECHO				FECHA:	15/08/2021						
	LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	36	38	43	36	37	23	28	14	38	30	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	39	50	32	37	43	26	44	43	31	36	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	36	17	35	22	33	38	35	44	32	44	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	40	22	49	39	22	32	27	27	41	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	37	41	24	33	37	45	18	37	43	41	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	36	39	28	39	41	22	50	30	37	44	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	35	34	43	40	36	28	33	39	36	34	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	36	39	43	37	24	50	41	42	36	26	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	34	37	45	34	39	28	30	42	30	39	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	37	36	36	25	44	37	42	50	27	37		
11	37	32	33	33	28	37	40	36	36	38		
12	36	34	45	31	44	50	50	36	29	43		
13	35	35	33	31	36	42	39	38	27	33		
14	33	32	50	38	50	32	36	34	29	37		
15	36	32	46	28	14	41	30	37	34	49		
16	36	37	28	47	50	42	31	32	38	42		
17	33	38	23	27	34	35	36	32	40	43		
18	50	24	40	48	32	36	38	32	45	33		
19	50	43	32	29	32	36	34	37	39	33		
20	49	38	36	31	28	42	28	39	35	27		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota. Datos obtenidos del Rugosímetro de Merlín usado en campo.

Figura 24

Distribución de frecuencia - tramo 1



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 1

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+00 al 0+400 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 5,87 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.2 Tramo 2 carril derecho

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 2 en la figura 25, con una longitud de 400 m del carril derecho utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 25.

Figura 25

Datos de campo - tramo 2 carril derecho

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO

"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

PROYECTO: TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

SECTOR: 0+400 al 0+800 Nº DE ENSAYO: 2

CARRIL: DERECHO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	29	23	35	37	38	36	37	44	28	35	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	35	27	31	37	17	37	50	37	32	36	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	40	34	50	36	35	43	32	41	35	38	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	33	24	36	39	35	35	39	36	37	37	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	32	32	19	36	36	34	42	37	39	21	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	36	25	46	40	39	36	36	31	38	50	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	35	34	49	41	34	50	40	35	39	29	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	37	32	39	40	36	50	7	31	35	38	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	39	35	38	35	33	31	50	36	35	28	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	25	34	26	44	35	36	31	36	31	42		
11	27	32	43	36	31	45	34	35	31	45		
12	50	8	50	40	41	33	35	37	0	27		
13	17	47	33	35	42	44	42	36	38	50		
14	28	35	32	39	36	29	0	42	37	38		
15	39	30	35	31	29	46	31	30	35	37		
16	22	38	42	41	38	35	39	32	31	28		
17	40	31	22	35	36	47	35	30	35	33		
18	44	41	16	32	40	30	44	31	34	50		
19	50	35	35	32	35	18	37	35	33	17		
20	28	34	34	37	39	14	41	37	40	50		

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 2.

Figura 26
Distribución de frecuencia - tramo 2



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 2.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+400 al 0+800 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 6,46 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.3 Tramo 3 carril derecho

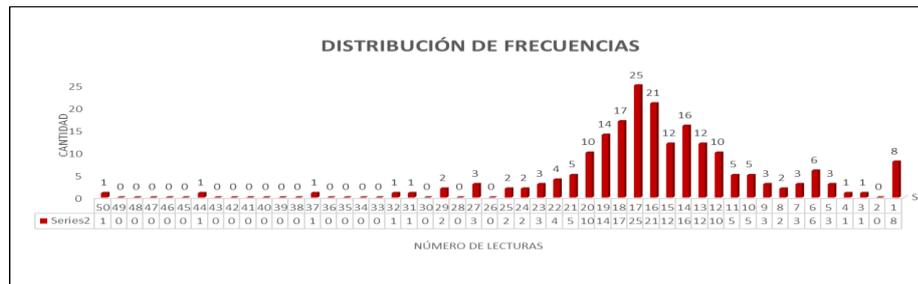
A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 3 en la figura 27, con una longitud de 400 m del carril derecho utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 28.

Figura 27
Datos de campo - tramo 3 carril derecho

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:	
HOJA DE CAMPO											
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACIN LANCHPA, TACNA-2021"											
SECTOR:	0+800 al 1+200				Nº DE ENSAYO:	3					
CARRIL:	DERECHO				FECHA:	15/08/2021					
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN											
1	30	0	14	34	34	27	31	36	37	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	38	46	35	35	34	48	31	35	35	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	34	22	40	37	46	35	31	50	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	42	50	28	35	34	27	33	35	36	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	44	33	40	37	32	50	34	33	33	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	39	50	34	33	34	30	36	32	29	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	33	24	44	36	28	50	34	36	45	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	32	39	31	39	38	39	30	32	39	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	37	32	35	37	42	45	50	37	33	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	38	35	37	34	7	34	38	31	34		
11	41	35	26	40	31	46	35	34	35		
12	37	31	19	35	34	32	34	34	32		
13	41	38	50	39	35	28	38	34	20		
14	33	33	45	37	34	24	31	29	33		
15	41	45	43	35	36	24	36	33	45		
16	47	43	37	37	33	50	32	33	38		
17	33	35	26	41	35	36	34	35	34		
18	39	29	44	34	34	32	35	37	37		
19	30	31	39	34	39	41	32	31	33		
20	32	37	22	40	36	35	33	30	35		

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 3.

Figura 28
Distribución de frecuencia - tramo 3



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 3.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+800 al 1+200 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 4,89 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.4 Tramo 4 carril derecho

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 4 en la figura 29, con una longitud de 400 m del carril derecho utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 30.

Figura 29
Datos de campo - tramo 4 carril derecho

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										
HOJA DE CAMPO										
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNA, GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, TACNA-2021"										
SECTOR: 1+200 al 1+600					Nº DE ENSAYO: 4					
CARRIL: DERECHO					FECHA: 15/08/2021					
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	42	20	40	39	30	50	34	38	35	39
2	33	38	27	31	35	50	30	34	36	33
3	35	41	50	27	49	50	38	35	30	32
4	34	31	34	24	50	27	31	39	31	40
5	33	37	38	43	49	34	32	30	37	38
6	19	35	39	33	35	41	45	34	36	34
7	35	36	25	14	28	33	43	38	32	38
8	38	45	47	43	42	11	36	31	33	25
9	35	23	26	36	41	45	35	33	37	38
10	34	47	48	50	30	26	41	22	34	31
11	38	6	37	35	28	29	25	22	35	43
12	47	34	32	32	34	33	38	50	37	30
13	44	30	44	35	39	36	36	38	36	37
14	35	50	50	29	28	37	36	34	35	38
15	28	40	35	50	36	35	40	34	34	40
16	23	36	10	36	29	35	31	36	30	37
17	38	17	33	33	38	37	33	36	34	40
18	37	38	45	42	25	35	46	33	32	28
19	45	33	36	21	43	32	38	36	37	37
20	42	34	36	35	41	34	33	31	32	27

TIPO DE PAVIMENTO:	
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
SELLO	<input type="checkbox"/>
OTROS	<input type="checkbox"/>

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 4.

Figura 30

Distribución de frecuencia - tramo 4



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 4.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+200 al 1+600 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 6,07 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.5 Tramo 5 carril derecho

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 5 en la figura 31, con una longitud de 400 m del carril derecho utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 32.

Figura 31

Datos de campo - tramo 5 carril derecho

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO

EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021

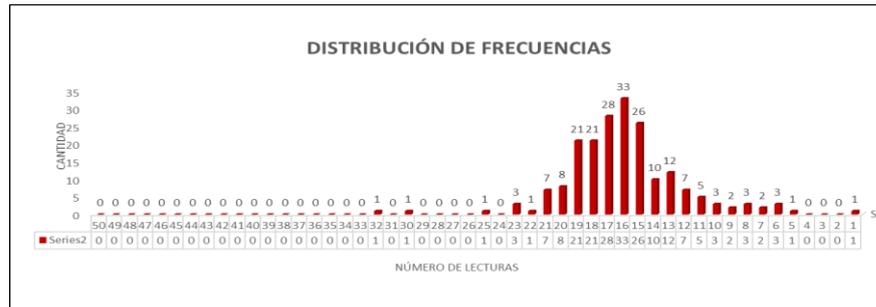
PROYECTO: SECTOR: 1+600 al 2+000 N° DE ENSAYO: 5

CARRIL: DERECHO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	46	34	35	34	37	50	35	35	34	34	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	26	36	34	33	30	38	36	35	36	33	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	35	34	38	34	33	31	36	35	38	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	38	34	35	35	34	32	38	40	34	35	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	36	28	33	33	37	36	30	32	28	33	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	37	35	36	31	37	31	35	34	35	31	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	39	38	33	43	43	33	33	31	38	43	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	38	32	34	32	30	36	41	35	32	32	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	35	35	28	32	32	34	36	35	35	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	36	34	39	45	35	37	42	36	34	45		
11	35	34	36	44	37	33	38	29	34	44		
12	36	33	32	40	30	37	35	19	33	40		
13	36	36	35	34	36	32	34	45	36	34		
14	34	35	32	41	33	38	36	39	35	41		
15	36	33	38	39	33	35	40	40	33	39		
16	36	34	32	32	35	42	33	33	34	32		
17	38	36	33	36	36	34	32	39	36	36		
18	36	35	39	30	34	32	35	30	35	30		
19	34	35	33	32	35	34	35	31	35	32		
20	34	37	37	31	32	35	33	21	37	31		

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 5.

Figura 32
Distribución de frecuencia - tramo 5



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 5.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+600 al 2+000 del carril derecho se obtuvo un valor IRI de 3,25 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.6 Tramo 1 carril izquierdo

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 1 en la figura 33, con una longitud de 400 m del carril izquierdo utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 34.

Figura 33
Datos de campo - tramo 1 carril izquierdo

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN
HOJA DE CAMPO

EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021

PROYECTO: _____

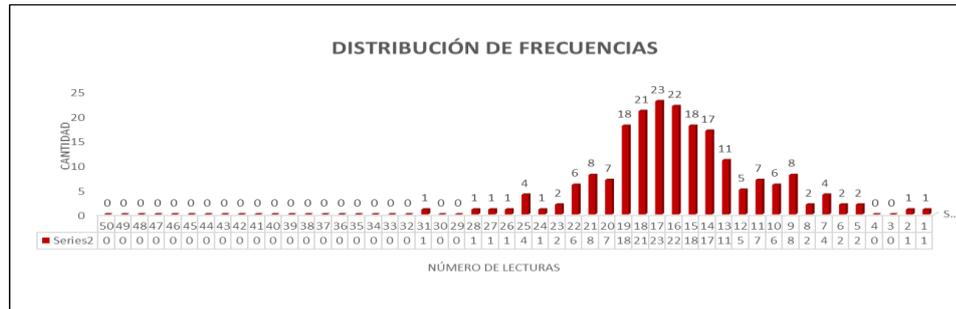
SECTOR: 0+000 al 0+400 Nº DE ENSAYO: 1

CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	41	34	45	33	34	39	35	34	29	37	AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> TRAT. EN CAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	35	37	33	30	34	32	35	40	36	33	
3	37	39	45	41	33	30	34	35	36	32	
4	29	44	38	37	36	40	37	32	32	34	
5	28	30	35	36	38	34	34	40	44	35	
6	29	41	35	34	37	33	33	42	38	38	
7	36	37	31	40	34	35	35	32	36	35	
8	33	32	38	31	35	35	43	26	34	34	
9	37	36	34	36	33	36	34	37	32	28	
10	46	30	35	33	35	37	35	30	33	33	
11	35	34	34	32	42	35	37	35	40	34	
12	23	36	38	32	25	37	36	38	33	27	
13	29	30	33	44	38	42	42	36	31	38	
14	36	35	26	34	42	42	34	32	30	42	
15	50	34	33	35	32	43	33	39	34	33	
16	38	32	32	20	42	40	32	39	33	37	
17	31	33	37	26	31	35	37	34	34	26	
18	39	31	33	30	33	32	29	32	29	40	
19	32	32	35	36	36	37	41	44	24	36	
20	49	41	46	33	41	36	36	31	38	37	

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 1.

Figura 34
Distribución de frecuencia - tramo 1



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 1.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+00 al 0+400 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 7,47 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.7 Tramo 2 carril izquierdo

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 2 en la figura 35, con una longitud de 400 m del carril izquierdo utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 36.

Figura 35
Datos de campo - tramo 2 carril izquierdo

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN
HOJA DE CAMPO

"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

PROYECTO: _____

SECTOR: 0+400 al 0+800 Nº DE ENSAYO: 2

CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	36	23	33	41	37	36	34	39	18	39	AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> TRAT. EN CAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	35	38	37	38	34	31	31	35	33	30	
3	36	36	36	37	34	31	39	32	50	50	
4	35	29	35	36	33	36	34	35	42	31	
5	36	33	34	36	34	32	38	29	36	35	
6	33	39	36	34	38	31	33	24	34	39	
7	34	15	39	35	33	36	32	38	28	38	
8	30	47	33	38	35	37	34	36	31	36	
9	35	36	37	34	35	25	44	31	36	36	
10	34	24	35	39	32	30	35	25	31	30	
11	31	28	41	33	38	34	31	35	32	22	
12	39	30	49	35	34	26	31	33	36	33	
13	32	30	36	56	35	37	22	46	0	35	
14	39	35	34	57	33	38	41	36	37	24	
15	44	41	39	34	36	26	19	31	41	35	
16	40	33	37	33	31	32	24	38	23	50	
17	50	34	36	29	39	35	45	25	18	39	
18	29	36	34	38	34	33	38	36	39	40	
19	35	35	38	42	38	34	34	28	29	15	
20	36	33	30	41	38	36	30	37	50	35	

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 2.

Figura 36
Distribución de frecuencia - tramo 2



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 2.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+400 al 0+800 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 8,51 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.8 Tramo 3 carril izquierdo

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 3 en la figura 37, con una longitud de 400 m del carril izquierdo utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 38.

Figura 37
Datos de campo - tramo 3 carril izquierdo

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
HOJA DE CAMPO											
"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA, TACNA, GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, TACNA-2021"											
PROYECTO:											
SECTOR:	0+800 al 1+200				Nº DE ENSAYO:	3					
CARRIL:	IZQUIERDO				FECHA:	15/08/2021					
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN											
1	29	31	29	34	13	32	36	38	35	40	TIPO DE PAVIMENTO: AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> TRAT. EN CAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	33	38	34	24	40	36	31	37	32	43	
3	50	28	28	29	34	41	37	36	31	33	
4	30	32	50	45	37	42	33	34	32	31	
5	40	42	18	35	34	36	38	32	33	32	
6	33	30	18	31	36	26	37	29	35	30	
7	35	45	31	34	40	30	34	31	39	38	
8	34	30	30	20	42	46	36	32	34	25	
9	36	23	37	38	31	28	34	34	30	39	
10	46	38	40	36	38	48	38	35	29	33	
11	28	27	50	25	33	35	37	31	35	34	
12	34	30	26	38	39	35	34	32	36	35	
13	20	37	48	26	38	35	37	32	34	46	
14	37	43	31	19	37	44	34	38	34	41	
15	33	29	39	30	32	38	38	34	34	40	
16	38	37	42	22	40	39	37	33	38	37	
17	33	33	32	22	35	35	35	33	33	37	
18	30	28	22	32	37	32	28	50	33	33	
19	30	23	19	33	36	43	36	30	34	36	
20	29	24	36	26	37	37	35	35	28	44	

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 3.

Figura 38
Distribución de frecuencia - tramo 3



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 3.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 0+800 al 1+200 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 10,18 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.9 Tramo 4 carril izquierdo

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 4 en la figura 39, con una longitud de 400 m del carril izquierdo utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 40.

Figura 39
Datos de campo - tramo 4 carril izquierdo

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO

EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHPA, TACNA-2021

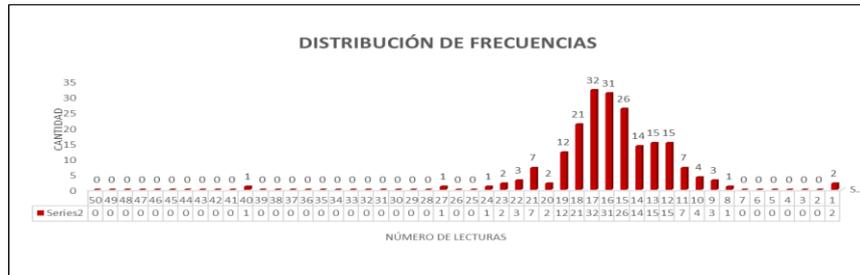
PROYECTO:

SECTOR: 1+200 al 1+600 Nº DE ENSAYO: 4
CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	35	34	33	36	33	33	36	33	33	40	AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> TRAT. EN CAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	34	42	39	35	33	36	30	28	31	29	
3	35	34	39	34	37	32	33	43	27	39	
4	39	35	38	33	36	39	32	32	30	42	
5	37	39	35	38	36	37	33	35	34	32	
6	42	38	33	35	35	35	39	36	35	36	
7	36	34	38	32	39	36	40	30	35	32	
8	34	37	39	34	35	35	35	36	37	30	
9	38	34	32	33	35	35	35	33	33	39	
10	35	36	39	50	35	38	39	34	33	41	
11	30	38	37	32	34	39	50	37	34	32	
12	38	34	34	36	34	33	11	34	37	30	
13	35	34	35	35	37	39	35	38	38	34	
14	36	36	34	37	40	35	34	32	29	35	
15	36	34	37	34	34	36	36	36	36	34	
16	40	32	40	31	41	37	34	37	34	38	
17	33	37	33	40	34	35	34	36	32	34	
18	40	35	39	29	34	35	36	36	38	35	
19	36	34	24	28	41	38	35	33	36	33	
20	34	33	38	33	36	41	30	35	36	38	

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 4.

Figura 40
Distribución de frecuencia - tramo 4



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 4.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+200 al 1+600 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 5,48 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.1.10 Tramo 5 carril izquierdo

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del tramo 5 en la figura 41, con una longitud de 400 m del carril izquierdo utilizando el rugosímetro de Merlín y la distribución de frecuencias en la figura 42.

Figura 41
Datos de campo - tramo 5 carril izquierdo

ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN

HOJA DE CAMPO

"EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

PROYECTO: SECTOR: 1+600 al 2+000 Nº DE ENSAYO: 5

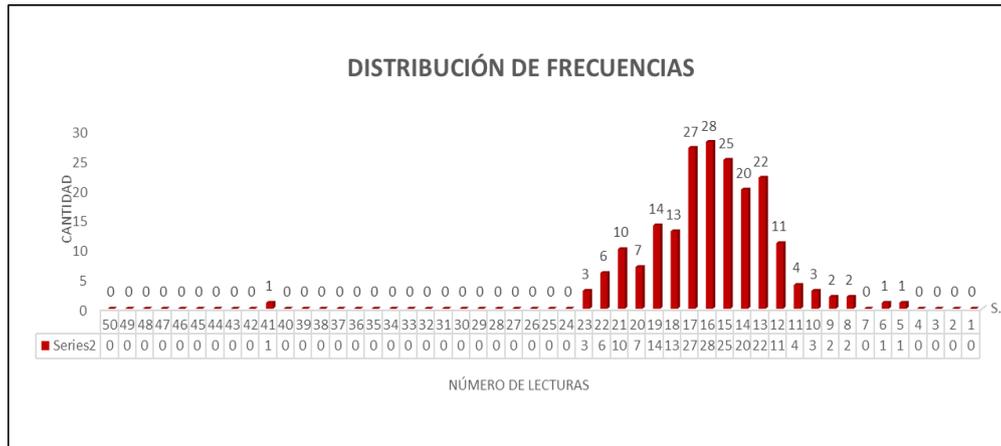
CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2021

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	33	40	35	37	34	38	37	38	33	34	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	36	36	31	39	37	35	39	39	38	40	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	33	36	36	37	36	36	28	31	35	36	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	38	40	29	31	35	33	32	35	37	35	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	34	39	30	30	35	34	31	36	38	35	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	36	38	36	35	35	33	34	40	31	35	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	30	32	38	36	36	32	37	37	36	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	37	34	36	30	37	37	37	33	28	37	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	35	32	38	38	36	35	32	41	45	36	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	38	34	38	29	38	30	33	37	10	38		
11	35	35	39	30	37	38	36	41	43	37		
12	35	32	41	35	33	34	35	39	38	33		
13	36	39	38	34	39	38	37	38	29	39		
14	36	34	33	36	34	29	35	37	34	34		
15	33	36	33	35	35	36	34	31	34	35		
16	34	35	42	34	34	35	39	34	32	34		
17	37	34	32	35	38	34	34	32	36	38		
18	33	37	38	35	30	43	32	42	34	30		
19	30	29	34	36	34	35	32	28	38	34		
20	29	32	30	39	32	36	37	46	35	32		

Nota. Datos obtenidos con el Rugosímetro de Merlín del tramo 5.

Figura 42

Distribución de frecuencia - tramo 5



Nota. Distribución de frecuencia obtenido del tramo 5.

De acuerdo a los procedimientos del cálculo del Índice de Rugosidad entre las progresivas 1+600 al 2+000 del carril izquierdo se obtuvo un valor IRI de 5,18 m/km, así como se muestra en la hoja de cálculo Excel en el anexo 2.

4.2 Resultados del cálculo utilizando el aplicativo ABAKAL IRI

Según el levantamiento de datos de campo utilizando el aplicativo ABAKAL IRI, se obtuvo los siguientes datos que fueron obtenidos a velocidades entre 40 – 50 km/h debido a que nos encontramos en una zona urbana y en carreteras lo ideal es evaluar a 80 km/h.

4.2.1 Reporte del aplicativo ABAKAL IRI carril derecho

Mediante el aplicativo ABAKAL IRI se obtuvo el siguiente reporte que se muestra en la tabla 4, el recorrido que realizó la camioneta en la figura 43 y el grafico con los valores IRI obtenidos a cada 100 m en la figura 44.

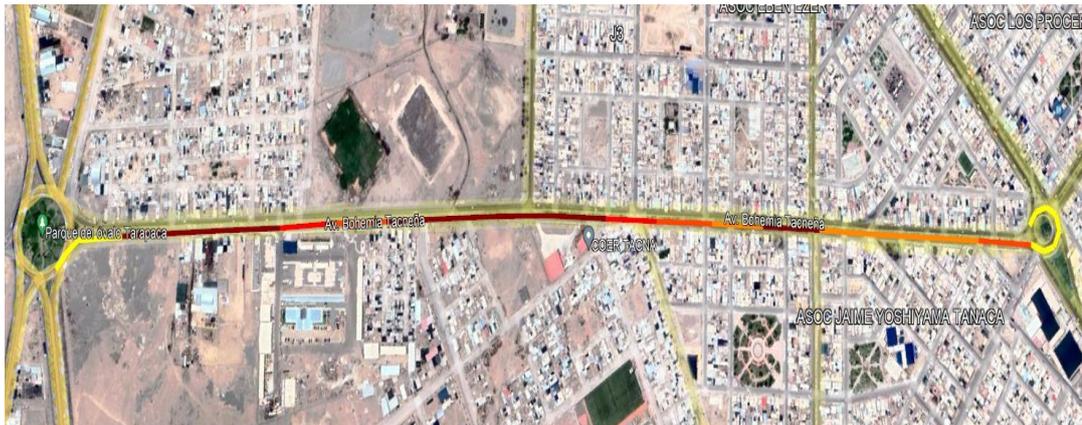
Tabla 4*Reporte del aplicativo ABAKAL IRI*

Reporte del ABAKAL IRI carril derecho					
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-18,03868	-70,26881	519,32	43,89	0	1,53
-18,03934	-70,26808	520,24	49,05	100	6,00
-18,03997	-70,26739	521,13	43,46	200	6,00
-18,04061	-70,26669	521,58	33,72	300	5,10
-18,04123	-70,26598	521,34	39,79	400	4,44
-18,04191	-70,26525	521,52	48,48	500	3,55
-18,04258	-70,26452	522,31	57,57	600	5,88
-18,04327	-70,26377	522,78	55,83	700	6,00
-18,04397	-70,26305	523,56	56,47	800	6,00
-18,04467	-70,26238	524,77	50,38	900	6,00
-18,04534	-70,26174	524,97	42,35	1 000	4,57
-18,04606	-70,26104	526,03	43,84	1 100	3,10
-18,04673	-70,26040	525,89	46,09	1 200	2,59
-18,04747	-70,25971	525,91	40,40	1 300	5,72
-18,04814	-70,25908	525,21	47,24	1 400	2,51
-18,04889	-70,25837	524,92	51,71	1 500	2,52
-18,04957	-70,25773	525,02	50,02	1 600	2,51
-18,05027	-70,25709	524,62	40,32	1 700	3,50
-18,05013	-70,25662	525,40	35,26	1 800	1,94
-18,05082	-70,25598	525,31	25,68	1 900	2,35
-18,05152	-70,25534	524,73	20,26	2 000	2,80

Nota. Tabla de reporte del aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 43

Reporte del recorrido con la camioneta carril derecho

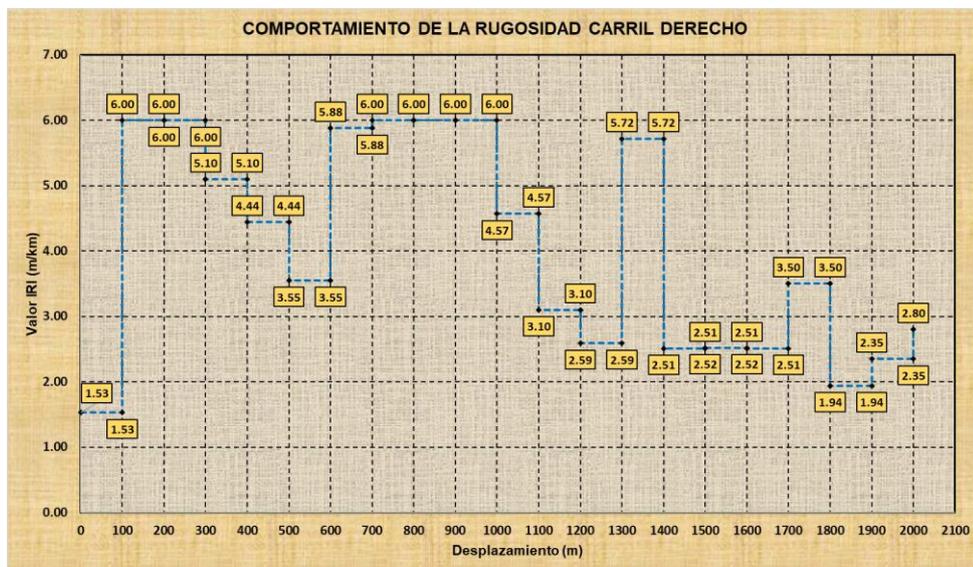


Nota. Imagen obtenida del aplicativo ABAKAL IRI.

Con los datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI se procedió a generar un gráfico así como se muestra en la figura siguiente, donde se representa la variación del IRI a cada 100 m en el carril derecho.

Figura 44

Variación del IRI a cada 100 metros carril derecho



Nota. Imagen de la variación de la rugosidad obtenida del aplicativo ABAKAL IRI.

4.2.2 Reporte del aplicativo ABAKAL IRI carril izquierdo

Mediante el aplicativo ABAKAL IRI se obtuvo el siguiente reporte que se muestra en la tabla 5, el recorrido que realizo la camioneta en la figura 45 y el grafico con los valores IRI obtenidos a cada 100 m en la figura 46.

Tabla 5

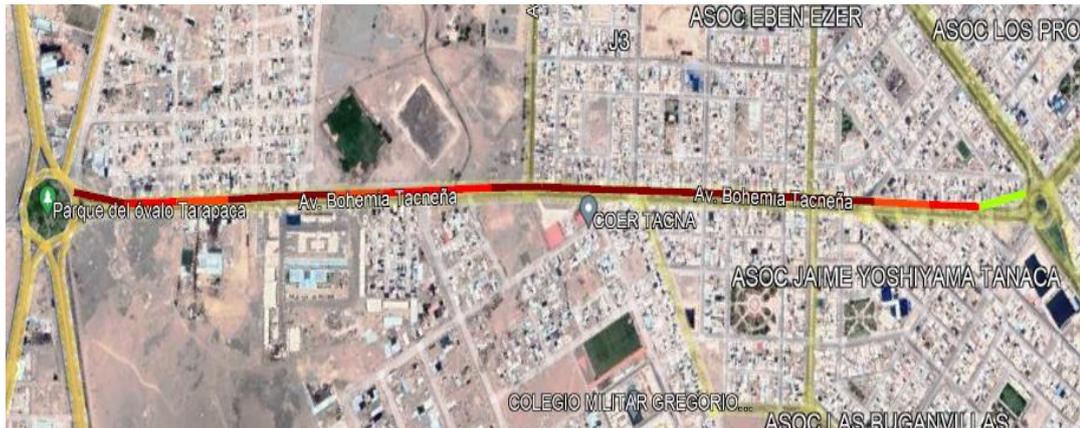
Reporte del aplicativo ABAKAL IRI

Reporte del ABAKAL IRI carril izquierdo					
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-18,04956	-70,25758	525,83	39,16	0	1,13
-18,0489	-70,25822	526,07	47,63	100	4,53
-18,04817	-70,25892	526,61	48,21	200	3,33
-18,04741	-70,25963	527,48	49,04	300	6,00
-18,04668	-70,26032	527,58	50,86	400	6,00
-18,04592	-70,26104	528,27	50,90	500	5,93
-18,04524	-70,26171	527,40	51,84	600	6,00
-18,04451	-70,26242	527,49	49,68	700	6,00
-18,04378	-70,26312	526,45	47,94	800	6,00
-18,04314	-70,26379	525,56	54,94	900	6,00
-18,04243	-70,26456	525,20	59,42	1 000	4,97
-18,0418	-70,26526	524,51	62,52	1 100	4,25
-18,04114	-70,26597	524,14	62,18	1 200	3,70
-18,04051	-70,26665	523,95	59,59	1 300	6,00
-18,03987	-70,26737	523,66	48,08	1 400	5,12
-18,03922	-70,26807	522,49	54,48	1 500	3,76
-18,03856	-70,26878	521,65	52,58	1 600	4,30
-18,03781	-70,26933	522,33	45,17	1 700	5,93
-18,03706	-70,26988	523,67	42,30	1 800	4,25
-18,03631	-70,27042	524,26	40,20	1 900	5,10
-18,03556	-70,27097	523,60	38,56	2 000	4,75

Nota. Datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 45

Reporte del recorrido con la camioneta carril izquierdo

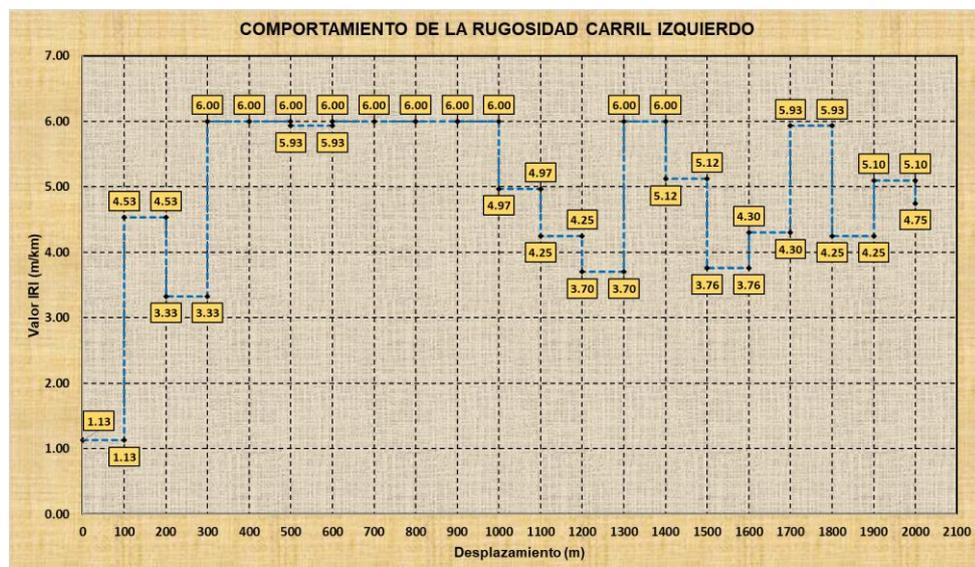


Nota. Imagen obtenida del aplicativo ABAKAL IRI.

Con los datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI se procedio a generar un grafico asi como se muestra en la figura siguiente, donde se representa la variacion del IRI a cada 100 m en el carril izquierdo.

Figura 46

Variación del IRI a cada 100 metros carril izquierdo



Nota. Datos obtenidos del aplicativo ABAKAL IRI de la variación de la rugosidad.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

5.1 Análisis de los resultados obtenidos utilizando el Rugosímetro de Merlín

La evaluación realizada con el rugosímetro de MERLIN en la avenida Bohemia Tacneña del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Resultados del rugosímetro de MERLIN

Resultados de la Rugosidad					
Calzada Derecha			Calzada Izquierda		
Progresiva	IRI (m/km)	Estado del Pavimento	Progresiva	IRI (m/km)	Estado del Pavimento
0+000 al 0+400	5,87	Malo	0+000 al 0+400	7,47	Malo
0+400 al 0+800	6,46	Malo	0+400 al 0+800	8,51	Malo
0+800 al 1+200	4,89	Malo	0+800 al 1+200	10,18	Malo
1+200 al 1+600	6,07	Malo	1+200 al 1+600	5,48	Malo
1+600 al 2+000	3,25	Malo	1+600 al 2+000	5,18	Malo
Promedio	5,31	Malo	Promedio	7,36	Malo
IRI Promedio 6,34 m/km			Malo		

Nota. Tabla de cuadro resumen de la rugosidad.

Según la tabla anterior se determina el estado del pavimento según el valor IRI obtenido, por lo que se calculó el promedio del valor IRI promedio de toda la avenida Bohemia Tacneña y se obtuvo un IRI promedio de 6,34 m/km, y mediante la tabla 7 se procedió a determinar el estado del pavimento como MALO.

Tabla 7*Clasificación para determinar el estado vial*

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

Nota. Tabla de la clasificación del estado del pavimento.

Con los valores IRI de la tabla 6 se procedió a realizar la conversión a valores PSI, para de esta manera calificar la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8*Resultados de la calificación de la transitabilidad según el PSI*

Resultados de la Transitabilidad					
Calzada Derecha			Calzada Izquierda		
Progresiva	PSI	Transitabilidad	Progresiva	PSI	Transitabilidad
0+000 al 0+400	1,72	Malo	0+000 al 0+400	1,29	Malo
0+400 al 0+800	1,55	Malo	0+400 al 0+800	1,06	Malo
0+800 al 1+200	2,05	Regular	0+800 al 1+200	0,79	Muy Malo
1+200 al 1+600	1,66	Malo	1+200 al 1+600	1,85	Malo
1+600 al 2+000	2,67	Regular	1+600 al 2+000	1,95	Malo
	1,93	Promedio		1,39	
PSI Promedio 1,66					

Nota. Tabla de resumen de la rugosidad para la transitabilidad.

Según la tabla anterior se determina la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña mediante el valor de PSI con un valor de 1,66 y según la tabla 9 el valor PSI obtenido nos da una transitabilidad MALA.

Tabla 9*Calificación de la transitabilidad según el PSI*

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

Nota. Tabla de valores para el tipo de transitabilidad.

Finalmente, mediante los resultados obtenidos cabe indicar que con la evaluación de la rugosidad con el MERLIN se obtuvieron los siguientes resultados calzada derecha, IRI promedio igual a 5,31 m/km, calzada izquierda, IRI promedio igual a 7,36 m/km, los valores determinados en los ensayos realizados nos permiten obtener un IRI promedio de las calzadas derecha e izquierda, igual a 6,34 m/km, cuyo resultado nos permitirá calificar el estado del pavimento en toda la longitud de la avenida Bohemia Tacneña como MALO.

5.2 Análisis de los resultados obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI

La evaluación realizada con el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, se obtuvieron valores IRI a cada 100 m, por lo que se promedió los valores para obtener un IRI a cada 400 m así como se aprecia en la tabla 10.

Los valores que se utilizaron fueron extraídos de la tabla 4 y 5 para poder obtener una tabla que se adecue a la forma de los resultados del rugosímetro de MERLIN para de esta manera hacer una comparación y entender los datos de ambas metodologías.

Tabla 10*Promedio de los valores IRI a cada 400 m*

Calzada derecha				Calzada izquierda			
Desplazamiento	Velocidad	IRI (m/km)	IRI Promedio (m/km)	Desplazamiento	Velocidad	IRI (m/km)	IRI Promedio (m/km)
0	43,89	1,53		0	39,16	1,13	
100	49,05	6,00		100	47,63	4,53	
200	43,46	6,00	5,39	200	48,21	3,33	4,97
300	33,72	5,10		300	49,04	6,00	
400	40,79	4,44		400	50,86	6,00	
500	48,48	3,55		500	50,90	5,93	
600	57,57	5,88	5,36	600	51,84	6,00	5,98
700	55,83	6,00		700	49,68	6,00	
800	56,47	6,00		800	47,94	6,00	
900	50,38	6,00		900	54,94	6,00	
1 000	42,35	4,57	4,07	1 000	59,42	4,97	4,73
1 100	43,84	3,10		1 100	62,52	4,25	
1 200	46,09	2,59		1 200	62,18	3,70	
1 300	40,4	5,72		1 300	59,59	6,00	
1 400	47,24	2,51	3,32	1 400	48,08	5,12	4,80
1 500	51,71	2,52		1 500	54,48	3,76	
1 600	50,02	2,51		1 600	52,58	4,30	
1 700	40,32	3,50		1 700	45,17	5,93	
1 800	35,26	1,94	2,65	1 800	42,30	4,25	5,01
1 900	35,68	2,35		1 900	40,20	5,10	
2 000	30,26	2,80		2 000	38,56	4,75	
Promedio	43,90		4,15	Promedio	50,25		5,10
IRI Promedio 4,63 m/km							

Nota. Tabla del IRI promedio.

Según la tabla anterior se determina el estado del pavimento según el valor IRI obtenido, por lo que se calculó el promedio del valor IRI promedio de toda la avenida Bohemia Tacneña y se obtuvo un IRI promedio de 4,63 m/km, y mediante la tabla 7 se procedió a determinar el estado del pavimento como MALO.

Con los valores IRI de la tabla 10 se procedió a realizar la conversión a valores PSI, para de esta manera calificar la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11*Resultados de la calificación de la transitabilidad según el PSI*

Resultados de la Transitabilidad					
Calzada Derecha			Calzada Izquierda		
Progresiva	PSI	Transitabilidad	Progresiva	PSI	Transitabilidad
0+000 al 0+400	1,88	Malo	0+000 al 0+400	2,03	Regular
0+400 al 0+800	1,89	Malo	0+400 al 0+800	1,69	Malo
0+800 al 1+200	2,39	Regular	0+800 al 1+200	2,12	Regular
1+200 al 1+600	2,73	Regular	1+200 al 1+600	2,09	Regular
1+600 al 2+000	3,09	Buena	1+600 al 2+000	2,01	Regular
	2,40	Promedio		1,99	
PSI Promedio 2,20					

Nota. Tabla de resumen de la rugosidad para la transitabilidad.

Según la tabla anterior se determina la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña mediante el valor de PSI con un valor de 2,20 y según la tabla 9 el valor PSI obtenido nos da una transitabilidad REGULAR.

CONCLUSIONES

Mediante la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Bohemia Tacneña. Se procedió a calificar el estado de transitabilidad mediante el valor promedio PSI de 1.93 de toda la avenida estudiada, a través de la tabla N° 9 se concluye que el pavimento de la avenida presenta una transitabilidad MALA.

Mediante el cálculo se determinó la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Bohemia Tacneña, comprendido desde el ovalo Tarapacá hasta el ovalo la Cultura, utilizando el aplicativo para Smartphone (teléfonos inteligentes) ABAKAL IRI. Obteniéndose un valor promedio de IRI igual a 4,63 m/km. y de acuerdo a la clasificación del estado del pavimento flexible, utilizando la tabla para la clasificación de valores de IRI en el Perú del MTC, ubicamos el estado del pavimento en el rango de MALO.

Mediante el cálculo se determinó la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Bohemia Tacneña, comprendido desde el ovalo Tarapacá hasta el ovalo la Cultura, aplicando la metodología del Rugosímetro de MERLIN. Obteniéndose un valor promedio de IRI igual a 6,34 m/km. y de acuerdo a la clasificación del estado del pavimento flexible, utilizando la tabla para la clasificación de valores de IRI en el Perú del MTC, ubicamos el estado del pavimento en el rango de MALO.

Debido a que se tienen los valores de IRI, se procedió a determinar la transitabilidad de Avenida Bohemia Tacneña obteniéndose un PSI promedio del Rugosímetro de MERLIN como los de la aplicación ABAKAL IRI; entonces se determinó los PSI para ambos valores por separado y observar su calificación. Cuyos valores fueron de un PSI promedio de toda la avenida Bohemia Tacneña de 1,66 utilizando el rugosímetro de MERLIN, que nos da una transitabilidad MALA y un PSI promedio de toda la avenida Bohemia Tacneña de 2,2 utilizando el aplicativo ABAKAL IRI que nos da una transitabilidad de REGULAR. Concluyendo que, si bien en algunos tramos la calificación de la transitabilidad varía entre regular y malo, haciendo una calificación general con los valores promedio ambas metodologías obtuvieron una transitabilidad de MALA.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos, se recomienda al Gobierno regional de Tacna realizar una evaluación de las avenidas de alto tránsito y que conectan los distritos de la región Tacna, de esa manera mejorar la transitabilidad y brindar mayor seguridad a la población de Tacna.

Considerando los resultados del aplicativo ABAKAL IRI, se recomienda a la Municipalidad de Gregorio Albarracín Lanchipa realizar un tratamiento superficial el cual consiste en la colocación de emulsiones asfálticas, teniendo en cuenta que los valores obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI que califica como un pavimento en estado MALO.

Considerando los resultados del rugosímetro MERLIN, se recomienda a la Municipalidad de Gregorio Albarracín Lanchipa realizar un tratamiento superficial el cual consiste en la colocación de emulsiones asfálticas, teniendo en cuenta que los valores obtenidos con el rugosímetro de MERLIN que califica como un pavimento en estado MALO y de esa manera poder garantizar el confort y la seguridad de los involucrados.

Considerando los resultados de la evaluación de la rugosidad con el MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, reafirmamos la recomendación a las entidades Públicas encargadas de ejecutar proyectos de infraestructura vial para programar trabajos de mantenimiento rutinarios y mantenimiento periódico (rehabilitación y reconstrucción), para de esa manera mejorar la transitabilidad de la avenida Bohemia Tacneña.

Se recomienda utilizar el aplicativo ABAKAL IRI para realizar estudios preliminares, debido a su fácil acceso y los datos obtenidos dependerán de algunos factores que si no se toman en cuenta variarían el resultado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAKAL. (2020). *Manual ABAKAL IRI Investigaciones en la obra civil*. España: ABAKAL ingenieros consultores, S.L.
- Aguirre, J.; Chambilla, D. (2021). "Evaluación superficial del Pavimento en calle Tarapacá tramo Ovalo cuzco hasta avenida Gustavo pinto, distrito de Tacna - 2021". Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Almenara, C. (2015). "Aplicación de Teléfonos Inteligentes para determinar la Rugosidad de Pavimentos Urbanos en Lima". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alvarenga, E. (2002). *Indices de medición de la regularidad de un pavimento*. Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano.
- Badilla, G. (2009). "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)". *Infraestructura Vial-Publicación No.21*, 30-37.
- Camacho, S. (2018). "Evaluación y Análisis de la Rugosidad en Pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el Rugosímetro de Merlín". Puno: Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".
- Caro, F.; Peña, G. (2012). "Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica". *Intekhnia*, 7 (1), 57-72.
- Choque, J. (2019). "Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de Pavimento Flexible, Tramo Emp.Pe-3s-Atuncolla, 2017". Puno: Perú:Universidad Nacional del Altiplano.
- Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. M
- Flores, E.; Pilco, D. (2021). "Análisis Funcional del Pavimento Flexible para mejorar la Transitabilidad Vehicular, Utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020". Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Junaid, M. (2015). "Medidas de rendimiento del Pavimento utilizando una aplicación para teléfonos inteligentes basada en Androi". India: Universidad de Osmania de la India.

- Mamani, B.; Vallejos, H. (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: Universidad Privada de Tacna.
- Marín, D.; Riscanevo, M.; Acosta, P. (2016). "Análisis del Índice de rugosidad internacional. Aplicación al aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín, Colombia". *UGCiencia* 22, 57-69.
- Medina, R.; Farro, D. (2018). *“Evaluación superficial y de rugosidad del Pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo: Óvalo Transportes – Óvalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2017”*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Montoya, J. (2013). *“Análisis del IRI para un Proyecto de Carretera sinuosa concesionada en el Perú”*. Lima: Universidad de Piura.
- Onofre, J.; Sánchez, J.; Santiago, W. (2008). *“Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de Pavimento usando el Perfilómetro Romdas Z-250”*. El Salvador: Universidad de el Salvador .
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *“Evaluación de la Transitabilidad utilizando el Rugosímetro de Merlín monitoreo de conservación Carretera Cañete-Huancayo Km.110+000 al Km.112+000”*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo*. Trujillo: Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sayers, M. & Karamidas, S. (1988). *El pequeño libro de la elaboración de Perfiles*. Michigan USA.
- Sayers, M.; Karamihas, S. (1998). *El librito de la elaboración de perfiles. Información básica sobre la medición e interpretación de perfiles de carreteras*. Washington, USA.
- Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator*. Lima: Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Zeballos, G.; Vizcarra, C. (2021). *“Aplicación de Teléfonos Inteligentes y el Rugosímetro de Merlín para la determinación de la Rugosidad del Pavimento Flexible en la carretera Ta-615, tramo: puente el peligro – Emp. pe-40, Tacna - 2020”*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2021”

TESISTAS: Bach. Yhimy Huanca Quispe - Bach. Vanessa Andrea Quispe Gutierrez

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿Cómo la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida Bohemia Tacneña, Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021?</p> <p>2. INTERROGANTE ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cómo se determina la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña?</p> <p>b) ¿Cómo se determina la evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña?</p> <p>c) ¿Cómo determinar la transitabilidad vehicular en función de la rugosidad calculada por el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida Bohemia Tacneña, Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña.</p> <p>b) Determinar la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña.</p> <p>c) Determinar la transitabilidad vehicular en función de la rugosidad calculada por el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, contribuye FAVORABLEMENTE en el mejoramiento de la transitabilidad vehicular, en la avenida Bohemia Tacneña, Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) La determinación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Bohemia Tacneña, RESULTA MUY PERJUDICIAL.</p> <p>b) La determinación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña, RESULTA MUY PERJUDICIAL.</p> <p>c) La determinación de la transitabilidad vehicular, en función de la rugosidad determinada aplicando la metodología ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLÍN en la avenida Bohemia Tacneña, ES MUY DEFICIENTE.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pavimento flexible ▪ Rugosidad de los pavimentos ▪ Índice internacional de rugosidad ▪ Cálculo del índice de rugosidad ▪ Aplicativo para Smartphone ABAKAL. ▪ Índice ABAKAL (IRI) ▪ Rugosímetro de MERLÍN. ▪ Esquema del rugosímetro ▪ Cálculo del rango D ▪ Correlación D versus IRI 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada. <p>Nivel de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva, evaluativo. <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avenida Bohemia Tacneña, tramo: Óvalo Tarapacá-Óvalo la Cultura, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021. <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todas las vías del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> -La avenida Bohemia Tacneña, Óvalo Tarapacá- Óvalo la Cultura <p>Técnicas de Recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación. - Formato de campo - Reporte del rugosímetro de MERLÍN - Reporte del aplicativo ABAKAL <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Odómetro manual. - Conos de seguridad. - Ficha o formulario de observación para aforos. - Guías de observación y formatos de campo. - Método del Rugosímetro de MERLIN. - Teléfono inteligente - Aplicativo ABAKAL. - Hoja electrónica Excel.
			<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1. Mejorar la transitabilidad vehicular.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Transitabilidad en función del IRI. ▪ Geometría de la vía. 	

ANEXO 2 RESULTADOS DEL CALCULO DEL VALOR IRI

CARRIL DERECHO TRAMO 1



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	1	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	VANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 36
 LECTURA FINAL: 21

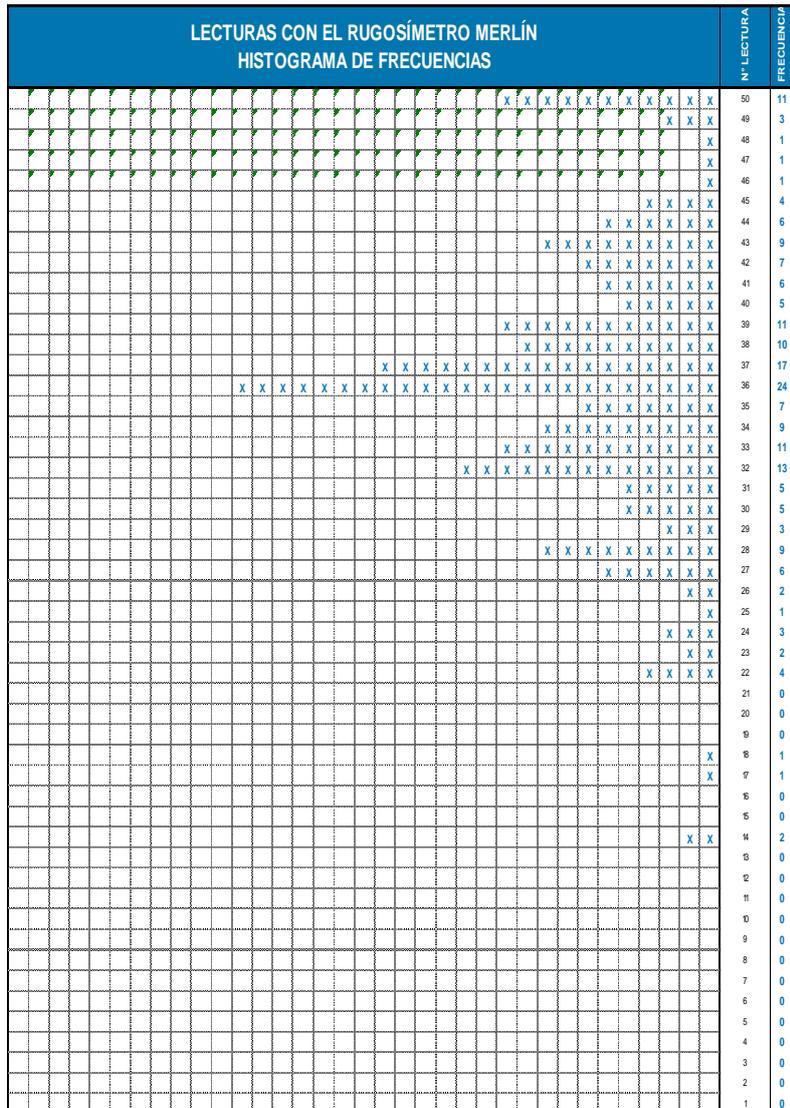
LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	36	38	43	36	37	23	28	14	38	30
2	39	50	32	37	43	26	44	43	31	36
3	36	17	35	22	33	38	35	44	32	44
4	36	40	22	49	39	22	32	27	27	41
5	37	41	24	33	37	45	18	37	43	41
6	36	39	28	39	41	22	50	30	37	44
7	35	34	43	40	36	28	33	39	36	34
8	36	39	43	37	24	50	41	42	36	26
9	34	37	45	34	39	28	30	42	30	39
10	37	36	36	25	44	37	42	50	27	37
11	37	32	33	33	28	37	40	36	36	38
12	36	34	45	31	44	50	50	36	29	43
13	35	35	33	31	36	42	39	38	27	33
14	33	32	50	38	50	32	36	34	29	37
15	36	32	46	28	14	41	30	37	34	49
16	36	37	28	47	50	42	31	32	38	42
17	33	38	23	27	34	35	36	32	40	43
18	50	24	40	48	32	36	38	32	45	33
19	50	43	32	29	32	36	34	37	39	33
20	49	38	36	31	28	42	28	39	35	27
	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.
 EI= 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
RELACION DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.83
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	135.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	112.050 mm
RUGOSIDAD IRI:	5.87 m/Km
Observaciones:	



CARRIL DERECHO TRAMO 3



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	3	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	VANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 36
 LECTURA FINAL: 21

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1	30	0	14	34	34	27	31	36	37
2	38	46	35	35	34	48	31	35	38
3	32	34	22	40	37	46	35	31	50
4	42	50	28	35	34	27	33	35	36
5	44	33	40	37	32	50	34	33	38
6	39	50	34	33	34	30	36	32	29
7	33	24	44	36	28	50	34	36	45
8	32	39	31	39	38	39	30	32	39
9	37	32	35	37	42	45	50	37	33
10	38	35	37	34	7	34	38	31	34
11	41	35	26	40	31	46	35	34	45
12	37	31	19	35	34	32	34	34	32
13	41	38	50	39	35	28	38	34	20
14	33	33	45	37	34	24	31	29	33
15	41	45	43	35	36	24	36	33	45
16	47	43	37	37	33	50	32	33	38
17	33	35	26	41	35	36	34	35	34
18	39	29	44	34	34	32	35	37	37
19	30	31	39	34	39	41	32	31	33
20	32	37	22	40	36	35	33	30	35

FACTOR DE CORRECIÓN F.C. = 0.83

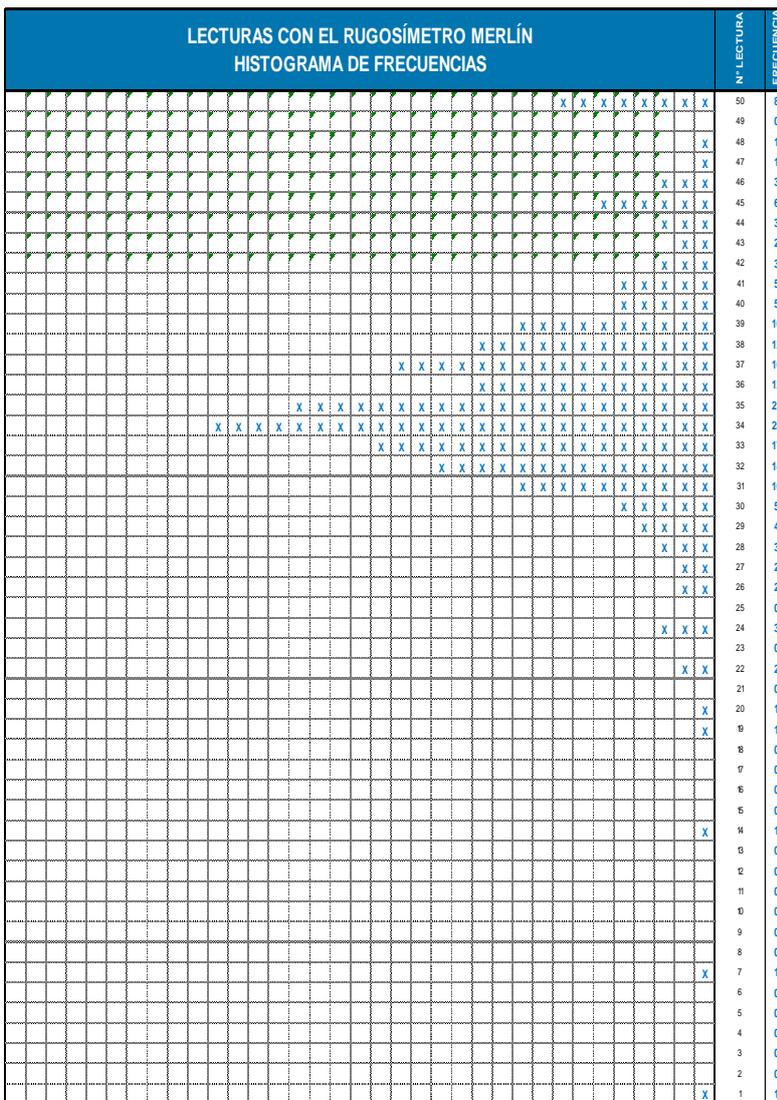
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

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": 110.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 91.300 mm
RUGOSIDAD IRI: 4.89 m/Km

Observaciones:



CARRIL DERECHO TRAMO 5



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	JANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 36
LECTURA FINAL: 21

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	46	34	35	34	37	50	35	35	34	34
2	26	36	34	33	30	38	36	35	36	33
3	32	35	34	38	34	33	31	36	35	38
4	38	34	35	35	34	32	38	40	34	35
5	36	28	33	33	37	36	30	32	28	33
6	37	35	36	31	37	31	35	34	35	31
7	39	38	33	43	43	33	33	31	38	43
8	38	32	34	32	30	36	41	35	32	32
9	35	35	28	32	32	34	36	35	35	32
10	36	34	39	45	35	37	42	36	34	45
11	35	34	36	44	37	33	38	29	34	44
12	36	33	32	40	30	37	35	19	33	40
13	36	36	35	34	36	32	34	45	36	34
14	34	35	32	41	33	38	36	39	35	41
15	36	33	38	39	33	35	40	40	33	39
16	36	34	32	32	35	42	33	33	34	32
17	38	36	33	36	36	34	32	39	36	36
18	36	35	39	30	34	32	35	30	35	30
19	34	35	33	32	35	34	35	31	35	32
20	34	37	37	31	32	35	33	21	37	31
	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.

EI=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:

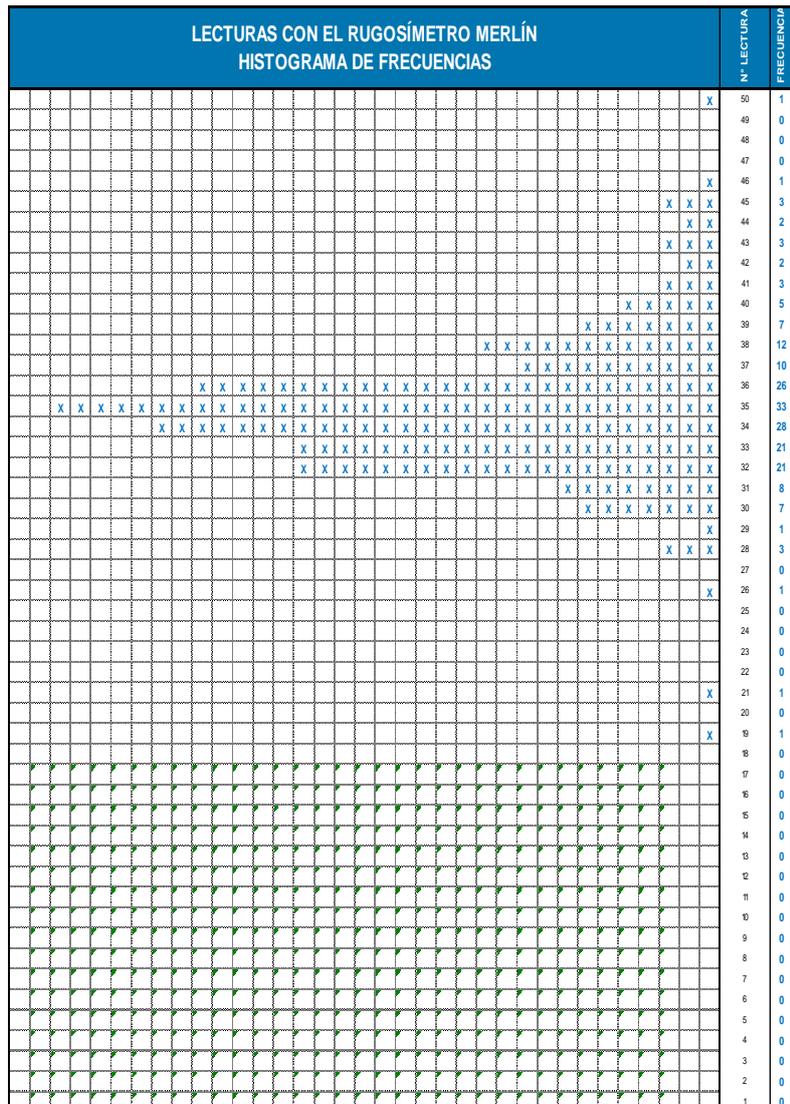
NÚMERO DE DATOS: 200.00
DATOS DESCARTADOS: 20.00
RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
FACTOR DE CORRECCIÓN: 0.83

Resultado del IRI:

RANGO "D": 67.857 mm
RANGO CORREGIDO "Dc": 56.321 mm

RUGOSIDAD IRI: 3.25 m/Km

Observaciones:



CARRIL IZQUIERDO TRAMO 2



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	2	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	VANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 41
LECTURA FINAL: 34

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	36	23	33	41	37	36	34	39	18	39
2	35	38	37	38	34	31	31	35	33	30
3	36	36	36	37	34	31	39	32	50	50
4	35	29	35	36	33	36	34	35	42	31
5	36	33	34	36	34	32	38	29	36	35
6	33	39	36	34	38	31	33	24	34	39
7	34	15	39	35	33	36	32	38	28	38
8	30	47	33	38	35	37	34	36	31	36
9	35	36	37	34	35	25	44	31	36	36
10	34	24	35	38	32	30	35	25	31	30
11	31	28	41	33	38	34	31	35	32	22
12	39	30	49	35	34	26	31	33	36	33
13	32	30	36	56	35	37	22	46	0	35
14	39	35	34	57	33	38	41	36	37	24
15	44	41	39	34	36	26	19	31	41	35
16	40	33	37	33	31	32	24	38	23	50
17	50	34	36	29	39	35	45	25	18	39
18	29	36	34	38	34	33	38	36	39	40
19	35	35	38	42	38	34	34	28	29	15
20	36	33	30	41	38	36	30	37	50	35
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.77

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.
 EI=EXTREMO INFERIOR, CE=CENTRO, ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

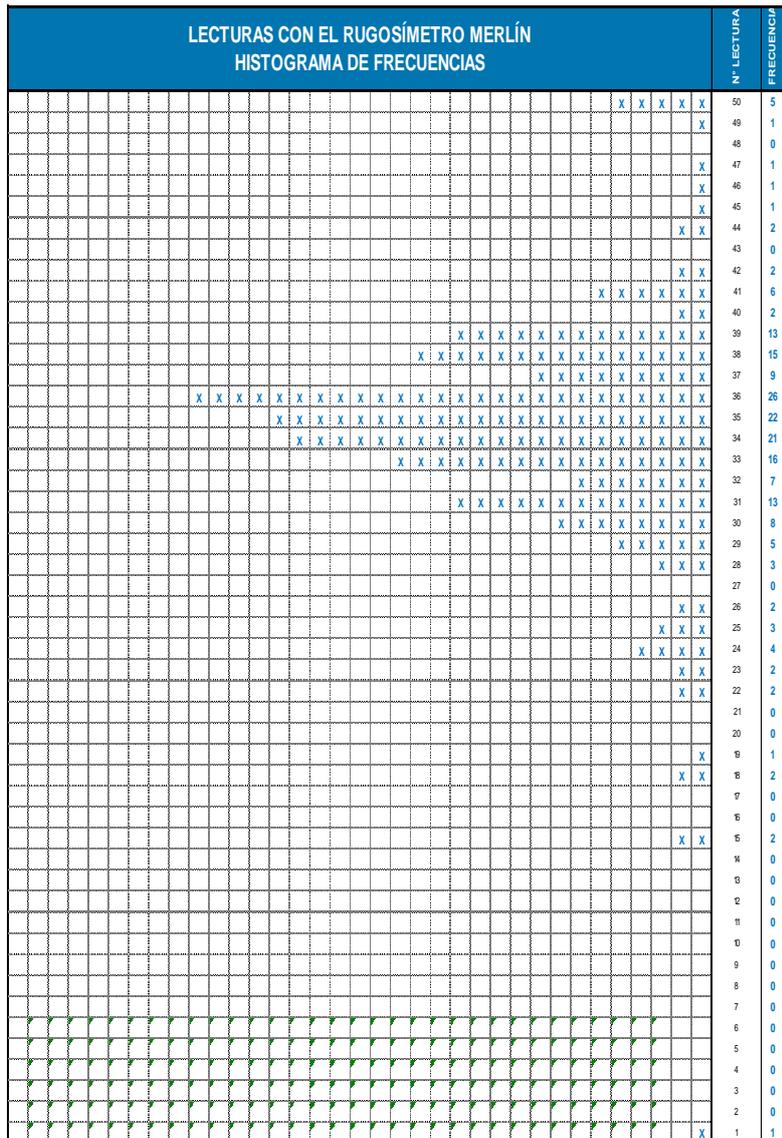
RESULTADOS

Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 198.00
 DATOS DESCARTADOS: 19.80
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 1.77

Resultado del IRI:
RANGO "D": 95.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr": 168.150 mm

RUGOSIDAD IRI: 8.51 m/Km

Observaciones:



CARRIL IZQUIERDO TRAMO 3



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	3	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	VANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 41
 LECTURA FINAL: 34

LECTURAS EN CAMPO- MERLIN									
29	31	29	34	13	32	36	38	35	40
33	38	34	24	40	36	31	37	32	43
50	28	28	29	34	41	37	36	31	33
30	32	50	45	37	42	33	34	32	31
40	42	18	35	34	36	38	32	33	32
33	30	18	31	36	26	37	29	35	30
35	45	31	34	40	30	34	31	39	38
34	30	30	20	42	46	36	32	34	25
36	23	37	38	31	28	34	34	30	39
46	38	40	36	38	48	38	35	29	33
28	27	50	25	33	35	37	31	35	34
34	30	26	38	39	35	34	32	36	35
20	37	48	26	38	35	37	32	34	46
37	43	31	19	37	44	34	38	34	41
33	29	39	30	32	38	38	34	34	40
38	37	42	22	40	39	37	33	38	37
33	33	32	22	35	35	35	33	33	37
30	28	22	32	37	32	28	50	33	33
30	23	19	33	36	43	36	30	34	36
29	24	36	26	37	37	35	35	28	44

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.77

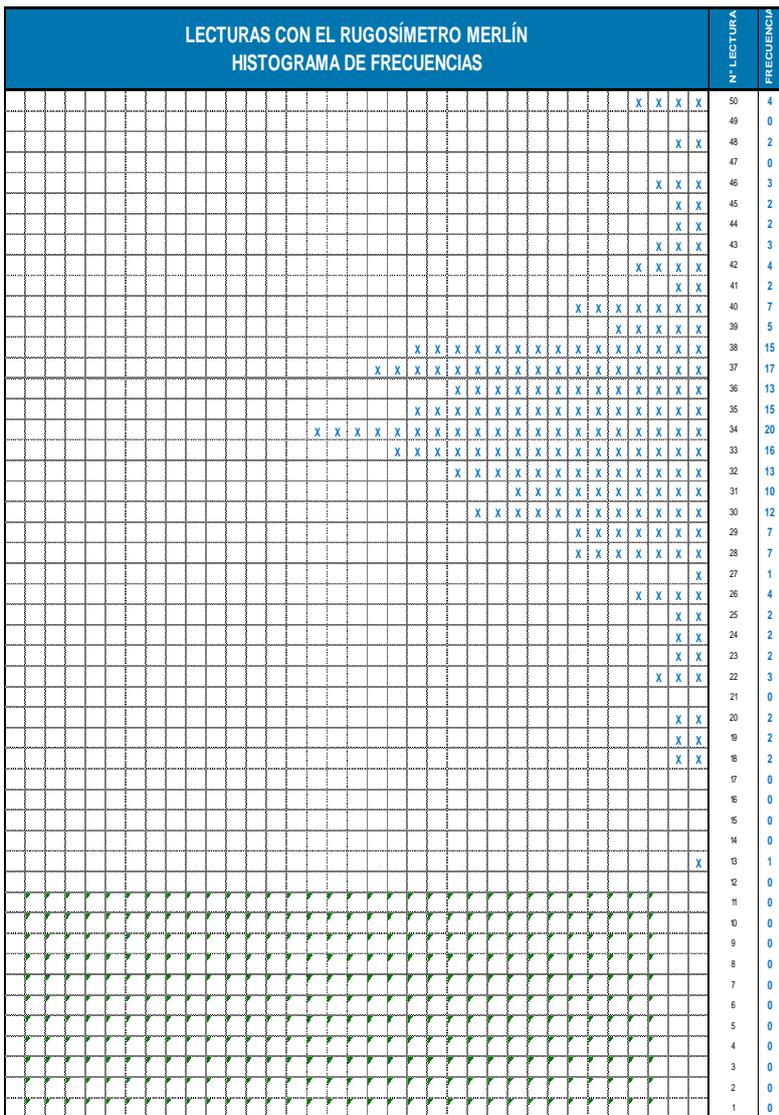
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10% de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 D > 40 mm D < 40 mm
 IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0486D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 1.77

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 115.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 203.550 mm
 RUGOSIDAD IRI: 10.18 m/Km

Observaciones:



CARRIL IZQUIERDO TRAMO 5



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

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2021"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	200 m	FECHA:	15/08/2021	OPERADOR:	YHIMY HUANCA QUISPE	AUXILIAR:	VANESSA QUISPE GUTIERREZ

LECTURA INICIAL: 41
LECTURA FINAL: 34

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										
1	33	40	35	37	34	38	37	38	33	34
2	36	36	31	39	37	35	39	39	38	40
3	33	36	37	36	36	28	31	35	36	
4	38	40	29	31	35	33	32	35	37	35
5	34	39	30	30	35	34	31	36	38	35
6	36	38	36	35	35	33	34	40	31	35
7	31	30	32	38	36	36	32	37	37	36
8	37	34	36	30	37	37	37	33	28	37
9	35	32	38	38	36	35	32	41	45	36
10	38	34	38	29	38	30	33	37	10	38
11	35	35	39	30	37	38	36	41	43	37
12	35	32	41	35	33	34	35	39	38	33
13	36	39	38	34	39	38	37	38	29	39
14	36	34	33	36	34	29	35	37	34	34
15	33	36	33	35	35	36	34	31	34	35
16	34	35	42	34	34	35	39	34	32	34
17	37	34	32	35	38	34	34	32	36	38
18	33	37	38	35	30	43	32	42	34	30
19	30	29	34	36	34	35	32	28	38	34
20	29	32	30	39	32	36	37	46	35	32
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.77

CÁLCULO DEL VALOR DE 'D'

$D = (E_i + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$

Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.

E_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: 1.77

Resultado del IRI:

RANGO 'D': 55.000 mm
RANGO CORREGIDO 'Der': 97.350 mm

RUGOSIDAD IRI: 5.18 m/Km

Observaciones:

