UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023

TESIS

Presentada por:

Bach. Nelson Gustavo Chura Bautista

Bach. Víctor Daniel Flores Coapaza

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

Tesis sustentada y aprobada el día 04 de abril de 2024 estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE : .....
Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas

SECRETARIO : .....
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

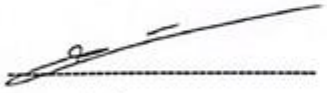
VOCAL : .....
Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

ASESOR DE TESIS : .....
Dr. Ing. Martín Paucara Rojas

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Ing. Martín Paucara Rojas**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 770-2023-FIAG/UNJBG de la tesis denominada: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"**, presentado por el Bachiller Nelson Gustavo Chura Bautista y Bachiller Victor Daniel Flores Coapaza, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software Antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 10%, por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor
DNI N°: 00451289
Nombre y apellidos del asesor: **Dr. Ing. Martín Paucara Rojas**

DEDICATORIA

A mis padres, Ruben y Fabiana, por su apoyo incondicional, confianza y motivación para lograr mis aspiraciones.

Bach. Nelson Gustavo Chura Bautista

A Dios, por su infinito amor y misericordia, por permitirme culminar este desafío.

A mis padres, Francisco y Beatriz, por sus consejos y orientaciones.

A mi hermana Elizabeth, por su constante apoyo y motivación.

Bach. Víctor Daniel Flores Coapaza

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por brindarnos la oportunidad de mejorar nuestra formación profesional.

Al Dr. Martín Paucara Rojas, por su orientación en el desarrollo de esta tesis.

A nuestros docentes por compartir sus conocimientos y vivencias con nosotros.

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

Página

DEDICATORIA iv

AGRADECIMIENTOS v

ÍNDICE DE FIGURAS ix

ÍNDICE DE TABLAS xiii

RESUMEN xv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Planteamiento del Problema 3

1.2. Formulación del Problema 5

1.3. Justificación 6

1.4. Definición de los Objetivos 7

1.5. Formulación de la Hipótesis 8

1.6. Alcances y limitaciones 9

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 10

2.1. Antecedentes de la investigación 10

2.2. Bases teóricas 15

2.3. Definición de términos 27

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO 29

3.1. Tipo de investigación..... 29

3.2. Diseño de Investigación..... 30

3.3. Población y Muestra de Investigación..... 31

3.4. Técnicas de Recolección de Datos 32

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos 33

CAPÍTULO IV RESULTADOS 40

4.1. Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN..... 40

4.2. Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI..... 66

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS 73

5.1. Análisis de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN..... 73

5.2. Análisis de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI 76

5.3. Análisis de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI..... 79

5.4. Análisis del Índice de Serviciabilidad y la Transitabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI 81

CONCLUSIONES..... 85

RECOMENDACIONES 87

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 88

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1 *Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la clasificación de vías en función del IRI* 18

Figura 2 *Esquema del Rugosímetro de MERLIN* 22

Figura 3 *Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento*..... 24

Figura 4 *Formato para la recolección de datos de campo* 25

Figura 5 *Aplicativo ABAKAL IRI*..... 26

Figura 6 *Calibración del rugosímetro de MERLIN*..... 34

Figura 7 *Toma de Lecturas con el Rugosímetro de MERLIN: Tramo de Subida* 35

Figura 8 *Toma de Lecturas con el Rugosímetro de MERLIN: Tramo de Bajada* 35

Figura 9 *Verificación de los datos obtenidos durante el procedimiento* 36

Figura 10 *Vehículo utilizado para el procedimiento con ABAKAL IRI*..... 37

Figura 11 *Smartphone con ABAKAL IRI, anclada al parabrisas del vehículo*.... 38

Figura 12 *Aplicación ABAKAL IRI funcionando con el vehículo en desplazamiento* 38

Figura 13 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 01* 41

Figura 14 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 01* 42

Figura 15 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 01* 43

Figura 16 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 02* 44

Figura 17 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 02* 45

Figura 18 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 02* 46

Figura 19 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 03* 47

Figura 20 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 03* 48

Figura 21 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 03* 49

Figura 22 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 04* 50

Figura 23 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 04* 51

Figura 24 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 04* 52

Figura 25 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 01* 53

Figura 26 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 01* 54

Figura 27 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 01* 55

Figura 28 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 02* 56

Figura 29 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 02* 57

Figura 30 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 02* 58

Figura 31 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 03* 59

Figura 32 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 03* 60

Figura 33 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 03* 61

Figura 34 *Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 04* 62

Figura 35 *Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 04* 63

Figura 36 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 04* 64

Figura 37 *Comportamiento de los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida* 68

Figura 38 *Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida* 69

Figura 39 *Comportamiento de los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada* 71

Figura 40 *Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada* 72

Figura 41 *Análisis de los resultados del IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI* 80

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1 *Clasificación de la Servicialidad* 17

Tabla 2 *Valores para determinar el estado vial en el Perú según la rugosidad* .. 19

Tabla 3 *Equipos utilizados en la medición de la rugosidad de pavimento* 21

Tabla 4 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida* 67

Tabla 5 *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada* 70

Tabla 6 *Resumen de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN* 73

Tabla 7 *Estado vial según el IRI* 75

Tabla 8 *Resumen del estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea según el IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN* 76

Tabla 9 *Resumen de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI* 77

Tabla 10 *Resumen del estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea según el IRI calculado mediante la aplicación ABAKAL IRI* 78

Tabla 11 *Porcentaje de similitud del IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI* 79

Tabla 12 *Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad* 81

Tabla 13 *Resultado del Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN* 82

Tabla 14 *Resultado del Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad mediante la aplicación ABAKAL IRI* 83

Tabla 15 *Comparación de la Transitabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI* 84

RESUMEN

El tipo de investigación es aplicada, con diseño no experimental y tiene por finalidad analizar el índice de rugosidad internacional del pavimento flexible. La investigación se realizó en la Av. Mariano Necochea, Tacna, en el año 2023. La población estuvo conformada por las calles y avenidas del distrito de Ciudad Nueva, Tacna y se consideró como muestra a 1.6 Km de la Av. Mariano Necochea. Se aplicaron: el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI. Se analizaron los datos obtenidos utilizando ambos métodos. Para el análisis de resultados se trabajó con tablas y figuras. Se comprobó un estado vial muy malo en pavimento flexible de la Av. Mariano Necochea. Así se determinó que ambas metodologías son adecuadas para determinar el índice de rugosidad internacional del pavimento flexible de las vías terrestres.

Palabras clave: Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento, Rugosímetro de MERLIN, ABAKAL IRI

ABSTRACT

The type of research is applied, with a non-experimental design and its purpose is to analyze the international roughness index of flexible pavement. The research was carried out on Av. Mariano Necochea, Tacna, in the year 2023. The population was made up of the streets and avenues of the district of Ciudad Nueva, Tacna and 1.6 km from Av. Mariano Necochea was considered as a sample. The MERLIN roughness meter and the ABAKAL IRI application were applied. The data obtained were analyzed using both methods. To analyze the results, tables and figures were used. A very bad road condition was confirmed on the flexible pavement of Mariano Necochea Avenue. Thus, it was determined that both methodologies are appropriate to determine the international roughness index of the flexible pavement of land roads.

Keywords: International Pavement Roughness Index, MERLIN Roughness Meter, ABAKAL IRI

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial de un país determina en gran medida su desarrollo económico, así como su nivel de competitividad en la región. Los caminos, puentes y carreteras reducen los costos en transporte y minimizan el tiempo de traslado entre localidades.

A pesar que se han pavimentado kilómetros de carreteras, existen aún muchas sin pavimentar. Asimismo, el mantenimiento de las vías terrestres pavimentadas en nuestro país es un problema relevante e importante a resolver. Debido al incremento del parque automotor en nuestro país, el deterioro de las vías se acelera aún más.

Para realizar un adecuado programa de conservación y mantenimiento, se deben recolectar datos técnicos actualizados regularmente. Esto requiere realizar una inversión que permita obtener datos representativos de la red vial. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un estándar utilizado para medir el nivel de regularidad de las carreteras.

El presente estudio busca analizar el IRI del pavimento flexible mediante el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, con la finalidad de evidenciar el estado del pavimento de la avenida analizada.

Esta investigación está dividida en cinco capítulos.

En el Capítulo I se describe el problema de estudio mediante el planteamiento y formulación de las interrogantes, la justificación resalta la

importancia del problema a estudiar, los objetivos, general y específicos definen el rumbo de la investigación y se proponen las hipótesis.

En el Capítulo II se detallan los antecedentes de la investigación a nivel local, regional y mundial, el marco teórico de referencia que se emplea, así como la definición de los principales conceptos utilizados.

En el Capítulo III se enmarca en la metodología empleada, el tipo y diseño de investigación, ámbito de estudio, población y muestra que se estudió, asimismo las técnicas, instrumentos y procedimientos realizados.

En el Capítulo IV se muestran los resultados, se realiza el cálculo del IRI mediante el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI.

En el Capítulo V se expone la discusión de resultados del IRI por ambos métodos, la clasificación del estado del pavimento y el índice de serviciabilidad y transitabilidad.

Finalmente se plantean las conclusiones del estudio y se proponen algunas recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la antigüedad, los caminos han sido una de las primeras señales de una cultura adelantada, y tan pronto como las ciudades comenzaron a expandirse y aumentar la densidad de población, se hizo cada vez más difícil la interrelación con otros territorios necesarios para suministrar o trasladar productos alimenticios a diversas ciudades (Montalvo, 2008).

A nivel internacional, se está dando un aumento considerable en la población, tal es así que se prevé que dicho crecimiento alcance el 70% en la aglomeración de la población dentro de las ciudades, todo esto causado por varios factores, uno de ellos es el impacto de la migración (Castillo y Dolores, 2020). Todo esto genera una gran necesidad de comunicación; la cual se busca solucionar mediante una adecuada planificación vial, construcción de carreteras y el mantenimiento vial.

Tal que, en este contexto, el Banco Mundial en 1986, estableció una medida que cuantifica la rugosidad superficial de la capa principal de las carreteras, de forma que permita evaluar y unificar una sola escala de medición más conocida como valores IRI. Este Índice de Rugosidad Internacional (IRI), a pesar del tiempo sigue siendo de mucha importancia, tal como lo precisa, Badilla (2019), identificar

la regularidad de las superficies del pavimento, definirá las medidas correctivas de conservación o rehabilitación a las carreteras.

Ahora bien, a nivel nacional, en el Perú, el Índice de Rugosidad Internacional es un factor muy relevante, ya que nos permite conocer el estado de nuestra red vial, incluso en la norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos la menciona.

Por su parte, respecto al ámbito local, Copari y Maquera (2021), precisa que Tacna no cuenta con un programa de mantenimiento apropiado y no posee una fiscalización vigente sobre la funcionalidad de las carreteras de su territorio. En consecuencia, todo esto conlleva a una existencia constante de las obras de mantenimiento de tránsito vehicular, ocasionando molestias a conductores y peatones.

En ese escenario, la zona de estudio dentro de la provincia de Tacna, que se encuentra en el distrito de Ciudad Nueva, según Beingolea y Gonzalo (2021), tal distrito, está en constante crecimiento de población, por ende, el aumento del flujo vehicular en las principales vías, provocando un incremento del congestionamiento vehicular, que debilita la rodadura asfáltica, acortando su vida útil y aumentando la existencia de patologías en el pavimento.

De este modo, producto de la escaza infraestructura vial, y ante la falta de mantenimiento rutinario ausente por varios años de la Avenida Mariano Necochea, es necesario abordar dicha problemática mediante la presente investigación, que

busca aumentar el conocimiento científico sobre el mantenimiento de infraestructuras viales, específicamente en vías de aumento de población de la ciudad de Tacna. Con este fin, en una primera instancia este trabajo tiene la finalidad de realizar un proceso comparativo de dos maneras de calcular el IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN, y el aplicativo ABAKAL IRI, cuyos resultados servirán a futuros investigadores y/o autoridades locales con el fin de fortalecer el estilo de vida de la zona especificada en el distrito de Ciudad Nueva.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el Rugosímetro de MERLIN y la Aplicación Abakal IRI, permitirán analizar el Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023?
b) ¿Cuál es el valor del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante la aplicación Abakal IRI, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023?

c) ¿Existe semejanza entre los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación Abakal IRI, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En primera instancia**, respecto a la justificación teórica,** se tiene que la realización de esta investigación está orientada a comprender, y brindar los conceptos y parámetros básicos para el cálculo del Índice de Rugosidad del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN y la Aplicación ABAKAL IRI, para así poder contribuir a enriquecimiento de la literatura científica, sobre tan importante concepto en el mantenimiento de vías pavimentadas, y sobre todo al aplicarse a una nueva población.

De igual forma**, relacionado a la justificación práctica,** se tiene que la realización de esta investigación busca garantizar soluciones precisas para la Avenida Mariano Necochea, al ser una avenida principal del distrito de Ciudad Nueva, y tener un bajo nivel de calidad de transitabilidad vehicular. Asimismo, establecer la semejanza del Índice de Rugosidad del Pavimento, que estará acorde a los resultados y posibles problemas identificados en campo.

Por otra parte**, en lo concerniente a la justificación social,** se tiene que la realización de la presente investigación tiene un inmenso aporte ya que el

mencionado trabajo hace frente al deficiente servicio de transitabilidad vial en la Avenida Mariano Necochea, así mejorando el estilo de vida de los pobladores, siendo los más beneficiarios los conductores y peatones de las zonas aledañas a la avenida antes mencionada

Por tales motivos, se contempla de manera indispensable la materialización del presente estudio denominado *"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"*

1.4. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Analizar el Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Calcular el valor del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023.

b) Calcular el valor del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante la aplicación Abakal IRI, en la Av. Mariano Necochea, Tacna – 2023.
c) Analizar la semejanza entre valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación Abakal IRI, en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

El Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, permitirán analizar el Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible en la Av. Mariano Necochea, Tacna - 2023.

1.5.2. Hipótesis específicas

a) El Rugosímetro de MERLIN permitirá calcular el valor de Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible en la Av. Mariano Necochea, Tacna – 2023.
b) La aplicación ABAKAL IRI permitirá calcular el valor de Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible en la Av. Mariano Necochea, Tacna – 2023.

c) El Rugosímetro de MERLIN y la aplicación Abakal IRI permitirán analizar la semejanza entre los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional del pavimento flexible, en la Av. Mariano Necochea, Tacna – 2023.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Tiene como alcance a nivel local, que los resultados conseguidos en esta investigación conciernen a la intención de poder contribuir al aumento de la transitabilidad peatonal y vehicular de la Avenida Mariano Necochea, ya que se ha identificado previamente que en dicha área de la ciudad existe población viviendo en zonas donde la avenida no está en constante mantenimiento. Todo esto conlleva al cálculo del índice de rugosidad del pavimento que brinda el estado actual del pavimento y es un claro indicador para su mantenimiento, lo cual intensificaría la calidad de vida de los residentes y conductores. Por tanto, el alcance de la investigación corresponde a la localidad del distrito de Ciudad Nueva, ya que dicha vía sirve como medio de comunicación.

Por otro lado, en lo concerniente a las limitaciones de la investigación, se tiene que, en el distrito de Ciudad Nueva, la Avenida Mariano Necochea es una avenida muy transitada, el ensayo de Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI se tiene que realizar en un tiempo dónde no se encuentre congestionada, con el fin de realizar una buena lectura y evitar accidentes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Reyes (2020), en su tesis titulada "*Determinación del índice de Rugosidad Internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el Rugosímetro de MERLIN"* (Tesis de Maestría), cuyo propósito fue calcular y comparar el IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN, dos aplicaciones de smartphone y software Vial ProVal. Los resultados fueron, mediante el Rugosímetro de MERLIN se calculó un IRI de 2.00 m/km, en el aplicativo TotalPave IRI un valor de 3.30 m/km, en el aplicativo IRI CALCULATOR un valor de 0,783 m/km, mientras que el Software ProVal un valor de 3,82 m/km. Concluyendo que, en cuanto a los valores IRI realizando diversos cálculos nos indican que el estado de pavimento del lugar de estudio es BUENA. De lo antes descrito, se puede evidenciar que, en esta investigación existe una gran diferencia entre los valores de IRI de los diferentes métodos utilizados, esto se podría dar por diferentes factores, la calibración de los equipos, buen estado del vehículo y que se maneje a una velocidad constante. Por tal motivo se requiere la evaluación de estos parámetros y su posterior comparación de resultados en diferentes zonas de estudio.

Román (2020), en su tesis titulada "*Metodología para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimento flexibles de Guatemala"* (Tesis de Maestría), cuyo propósito fue describir la metodología para el cálculo del IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN. Los resultados fueron, mediante el Rugosímetro de MERLIN se calculó un IRI de 1.41 – 2.73 m/km. Concluyendo que, en cuanto a los valores IRI realizando diversos cálculos nos indican que el estado de pavimento del lugar de estudio es BUENA. De lo antes descrito, se puede evidenciar que, a pesar de que el método Rugosímetro de MERLIN es antiguo, sigue teniendo vigencia, y es de mucha importancia para la evaluación de pavimentos. Por tal motivo es necesario evaluar y comparar con los métodos nuevos (sean electrónicos o digitales) para tener varias opciones al momento de realizar un estudio a nivel profesional.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Goicochea y Ibáñez (2020), en su tesis titulada "*Análisis comparativo entre el sistema ROADROID y el procedimiento fotogramétrico para realizar el diagnóstico IRI de la Av. Enrique Meiggs, Chimbote - 2020"* (Tesis de Licenciatura), cuyo propósito fue calcular el IRI mediante el Sistema ROADROID y el uso de la fotogrametría, para después analizar su rendimiento, costo y valor calculado, la metodología de investigación fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental, y en lo concerniente al corte de la investigación fue transversal. Los

resultados fueron, mediante la fotogrametría se calculó un IRI de 2.24 m/km, mientras que mediante la aplicación ROADROID un valor IRI de 2.50 m/km. Concluyendo que, en cuanto a los valores IRI realizando diversos cálculos nos indican que el estado de pavimento del lugar de estudio es ACEPTABLE, además, se menciona que la aplicación ROADROID aproximadamente tiene un rendimiento de estudio de 160.00 km/día y un costo de S/246.70, mientras que, mediante la fotogrametría se da un rendimiento de 4.00 km/día y una inversión de S/1,999.65. De lo antes descrito, se puede evidenciar que, si bien la fotogrametría nos brinda cálculos más exactos es mucho más costosa. Además, que los aplicativos, como por ejemplo el ROADROID, nos brinda valores muy cercanos, es más rápido y menos costosa que el procedimiento fotogramétrico, sería tema de investigación evaluarlo y verificar estos valores en comparación a métodos tradicionales además de corroborarlo con otros aplicativos existentes.

Llocl la y Sánchez (2019), en su tesis titulada "*Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del cusco mediante el Aplicativo para Smartphone ROADROID, Rugosímetro electrónico BUMP INTEGRATOR B1 – 100 A y Rugosímetro de* MERLIN*"* (Tesis de Licenciatura), cuyo propósito fue calcular el IRI mediante diferentes métodos los cuáles son el Rugosímetro de MERLIN, Rugosímetro Electrónico modelo BUMP INTEGRATOR B1 – 100 A y el aplicativo ROADROID, para después calcular la ratio de serviciabilidad presente (PSR) en función del IRI, la

metodología de investigación fue de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental. Los resultados fueron, mediante el Rugosímetro de MERLIN un valor IRI de 7.31 m/km, un valor IRI de 6.75 m/km en el Rugosímetro electrónico, mientras que mediante la aplicación ROADROID un valor IRI de 6.79 m/km. Concluyendo que, en cuanto a los valores IRI realizando diversos cálculos nos indican que el estado de pavimento del lugar de estudio es MUY MALO, y que los métodos antes mencionados poseen un porcentaje de 18.92 % de variación. Lo antes descrito, permite evidenciar que los métodos en estudio brindan resultados similares, que al fin y al cabo dan a conocer el estado del pavimento, por ende, se necesitaría de más estudios para aumentar el nivel de confiabilidad, para que próximamente sean usados más continuamente que los métodos tradicionales.

2.1.3. Antecedentes locales

Flores (2022), en su tesis titulada "*Análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el Rugosímetro de MERLIN, dando propuesta de solución en la Av. Los Ángeles Del Distrito De Pocollay, Tacna - 2022"* (Tesis de Licenciatura), cuyo propósito fue calcular el IRI mediante diferentes métodos los cuáles son el Rugosímetro de MERLIN y un teléfono inteligente para conocer el estado del pavimento, para después proponer propuestas de mejora, la investigación cuenta con una metodología aplicada. Los resultados fueron, mediante el Rugosímetro de MERLIN un valor IRI de 5.89 m/km, mientras que mediante la aplicación de

teléfono ABAKAL un valor IRI de 5.52 m/km. Concluyendo que, en cuanto a los valores IRI realizando diversos cálculos nos indican que el estado de pavimento del lugar de estudio es MUY MALO, por lo que la presente investigación plantea una intervención mediante reconstrucción, recapeo, emulsiones asfálticas. Lo antes descrito, permite evidenciar que ambos métodos dan valores reales que pueden ser usados para estudios a nivel profesional, por tal motivo es necesario estudiarlo y aplicarlo en diferentes zonas de estudio.

Beingolea y Gonzalo (2021), en su tesis titulada "*Aplicación del Smartphone y el Rugosímetro De* MERLIN *para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021"* (Tesis de Licenciatura), cuyo propósito fue el de ampliar el conocimiento mediante el cálculo del IRI, a través del Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, la investigación cuenta con una metodología de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, y en lo concerniente al diseño de la investigación es descriptivo - exploratorio. Los resultados fueron, mediante el Rugosímetro de MERLIN un valor IRI de 4.61 m/km, mientras que mediante la aplicación de teléfono ABAKAL un valor IRI de 4.51 m/km. Concluyendo que, obteniendo un valor promedio califica al pavimento de la vía en estudio como MALO. Lo antes descrito, permite evidenciar que la aplicación ABAKAL IRI, obtiene resultados similares al del Rugosímetro de MERLIN, por lo que se intuye que los datos son confiables.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimento

Según (Montejo, 2002) un pavimento es un conjunto de capas sobrepuestas que se diseñan y construyen de forma técnica utilizando materiales adecuados y compactados.

2.2.2. Clasificación de pavimentos

Los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi rígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

a) **Pavimentos flexibles:** Están formados por una carpeta bituminosa apoyada sobre la base y subbase (capas no rígidas). Aunque se puede omitir alguna de estas capas de acuerdo a las características de la obra. (Montejo, 2002)

b) **Pavimentos semi rígidos:** Tiene la misma estructura que el pavimento flexible, pero una de sus capaz se rigidiza de forma artificial utilizando un aditivo (asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos). La finalidad de emplear aditivos es modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales para reducir los costos de construcción. (Montejo, 2002)

c) **Pavimentos rígidos:** Son aquellos compuestos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado. La alta rigidez y el elevado coeficiente de elasticidad del concreto hidráulico, la distribución de los esfuerzos se realiza en una zona más extensa. Asimismo, el concreto, por su resistencia a la tensión, favorece el comportamiento de un pavimento, aunque existan zonas débiles en la subrasante. (Montejo, 2002)

d) **Pavimentos articulados:** Compuestos por una capa de bloques de concreto, prefabricados, (adoquines) la cual de apoya sobre una delgada capa de arena y sobre una capa granular o sobre la subrasante directamente. (Montejo, 2002)

2.2.3. Rugosidad

La rugosidad es la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana modelada teórica, con dimensiones que afectan la dinámica de un vehículo, la calidad de manejo, las cargas dinámicas y el drenaje. (ASTM E 867, 2006)

2.2.4. Índice de Servicialidad

Es un valor de apreciación que evalúa las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento; actualmente para medir este deterioro

se utiliza el IRI, Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index). (Coronado, 2002)

Tabla 1

Clasificación de la Servicialidad

Indice de Serviciabilidad (PSI)	Clasificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

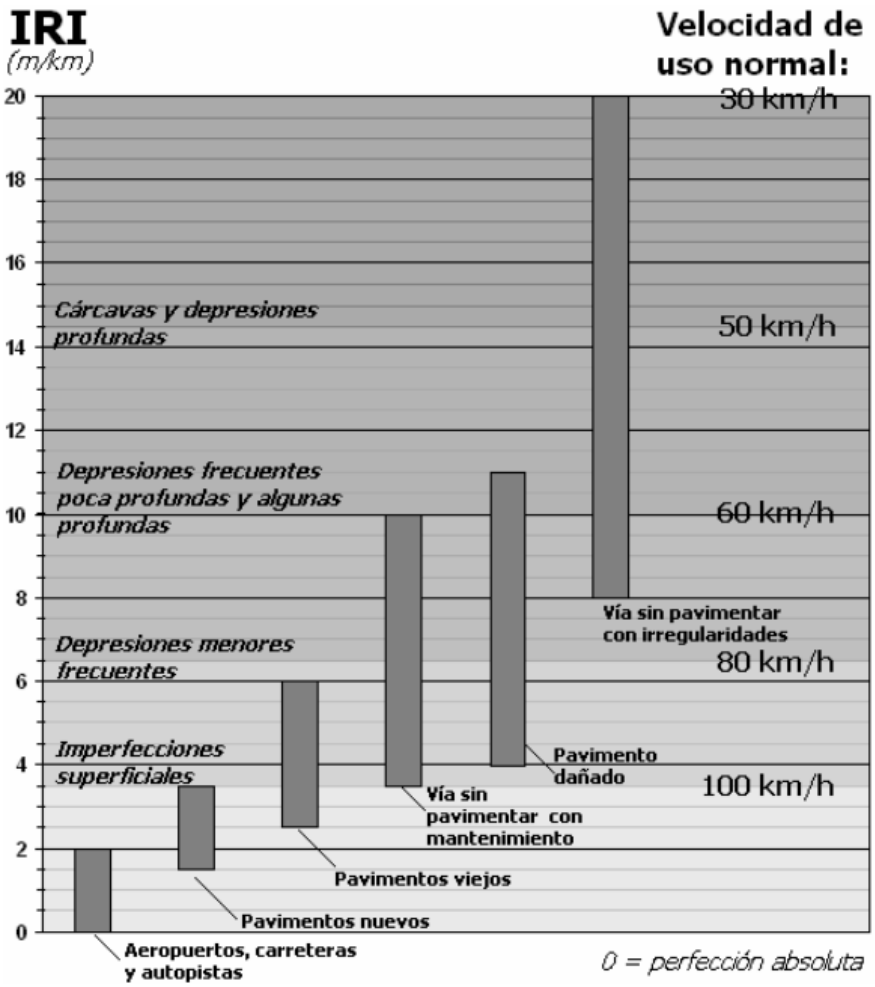
Nota. Fuente: (AASHTO, 1993)

El IRI es un modelo matemático, que realiza el cálculo del movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo, mientras transita sobre una superficie de vía con una velocidad de 80 Km/h. (Badilla, 2009)

En base a un estudio realizado por el Banco mundial se clasificaron los caminos en función de IRI.

Figura 1

Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la clasificación de vías en función del IRI



Nota. Fuente: Banco Mundial

Tabla 2

Valores para determinar el estado vial en el Perú según la rugosidad

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.80$	$IRI \leq 6.00$
Regular	$2.80 < IRI \leq 4.00$	$6.00 < IRI \leq 8.00$
Malo	$4.00 < IRI \leq 5.00$	$8.00 < IRI \leq 10.00$
Muy malo	$5.00 < IRI$	$10.00 < IRI$

Nota. Fuente: (MTC, 2013)

2.2.5. Clasificación de equipos para la medición del IRI

Según (Gutiérrez, 2004) la clasificación de los equipos para medir la rugosidad de los caminos es como sigue:

a) Clase 1: Perfiles de precisión

Son los equipos más exactos para cuantificar el IRI. En el caso de perfiles estáticos, el perfil longitudinal se debe analizar en intervalos menores a 250 mm, en pavimentos muy lisos la precisión en elevación debería ser 0.5 mm. En el caso de pavimentos rugosos este valor se puede incrementar.

Para probar la exactitud, los perfilómetros de alta velocidad deben ser corroborados con un método como el de “mira y nivel”.

b) Clase 2: Otros métodos perfilo métricos

Los equipos que no cumplen con los requerimientos de exactitud y precisión requeridos en la clase 1. En esta clase tanto el hardware como los métodos de medición son calibrados por métodos independientes.

c) Clase 3: IRI estimado a partir de ecuaciones de correlación

El valor de IRI es deducido utilizando ecuaciones de correlación. Cada equipo tiene propiedades dinámicas, las cuales varían con el tiempo.

d) Clase 4: Evaluación subjetiva y equipos no calibrados.

Se obtiene el IRI desde una evaluación subjetiva (experiencia y evaluación visual) o utilizando mediciones no calibradas. Esta clase de aplica cuando no se requiera mucha exactitud en el resultado del IRI.

2.2.6. Equipos para la medición de la rugosidad

Existen diversos equipos que se utilizan para determinar la rugosidad de una vía y se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3

Equipos utilizados en la medición de la rugosidad de pavimento

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red.
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo.
Perfilómetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nived de red y recepción de proyectos viales	Muy compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de red viales grandes.

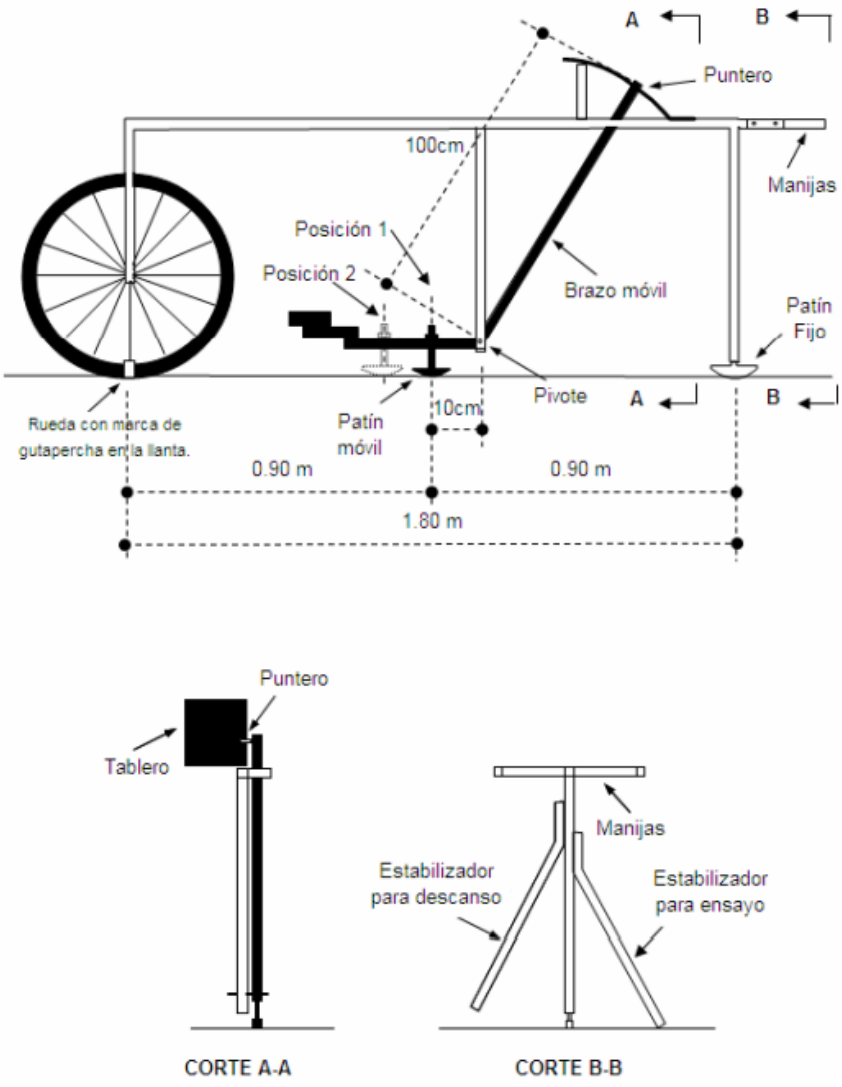
Nota. Fuente: (Badilla y otros, 2008)

2.2.7. Rugosímetro de MERLIN

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, ideado para utilizarse en países en vías de desarrollo, como lo es Perú. La correlación de los resultados obtenidos entre el MERLIN y la escala del IRI, presenta un coeficiente de determinación muy cercano a uno. (R^2 =0.98). (Del Aguila, 1999)

Figura 2

Esquema del Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: (Del Aguila, 1999)

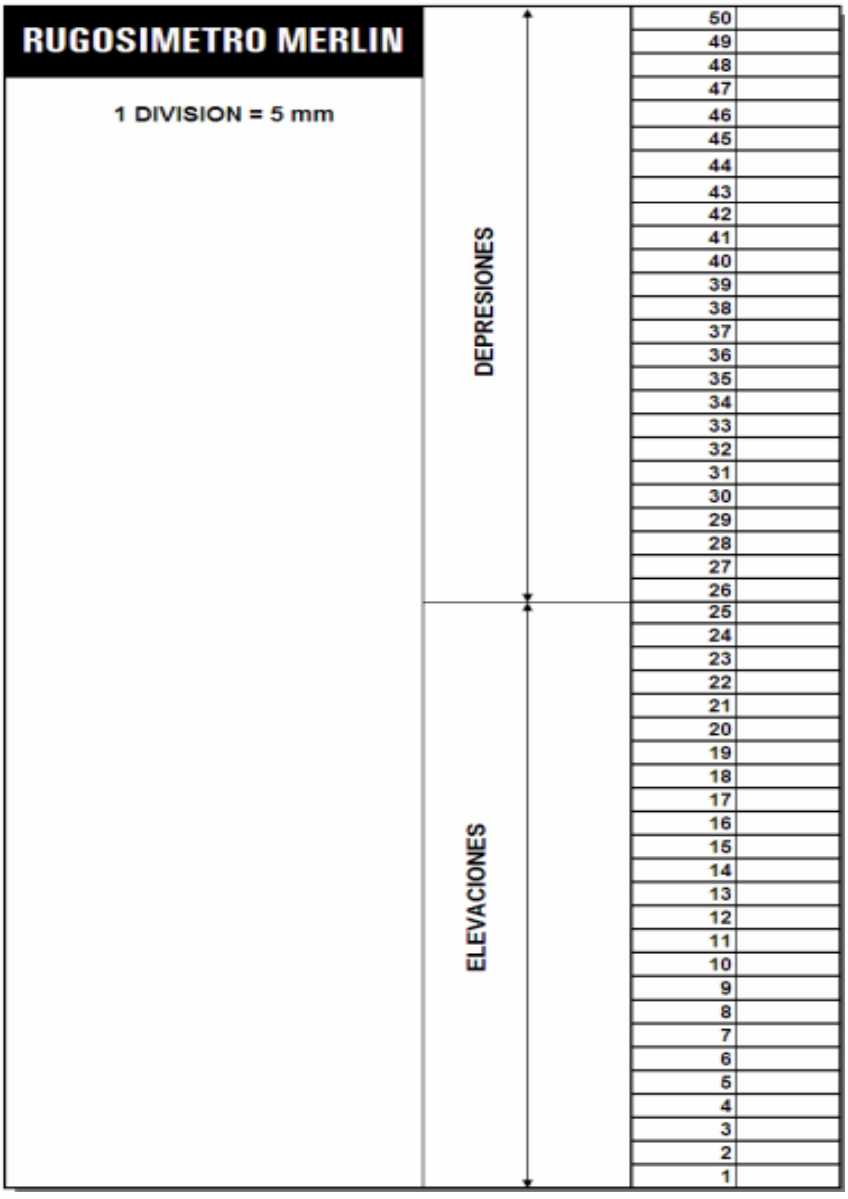
La Figura Nº 2 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras

que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla. (Del Aguila, 1999)

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza 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 (Ver Figura Nº 3). (Del Aguila, 1999)

Figura 3

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento



Nota. Fuente: (Del Aguila, 1999)

Figura 4

Formato para la recolección de datos de campo

Nota. Fuente: (Del Aguila, 1999)

2.2.8. Aplicativo ABAKAL IRI

El aplicativo ABAKAL IRI también nos permite obtener valores IRI producto de las vibraciones detectadas por el smartphone integrado a un vehículo de transporte. Utilizando los sensores de vibración y el GPS del teléfono inteligente, se produce la detección de los datos del IRI cada 100m.

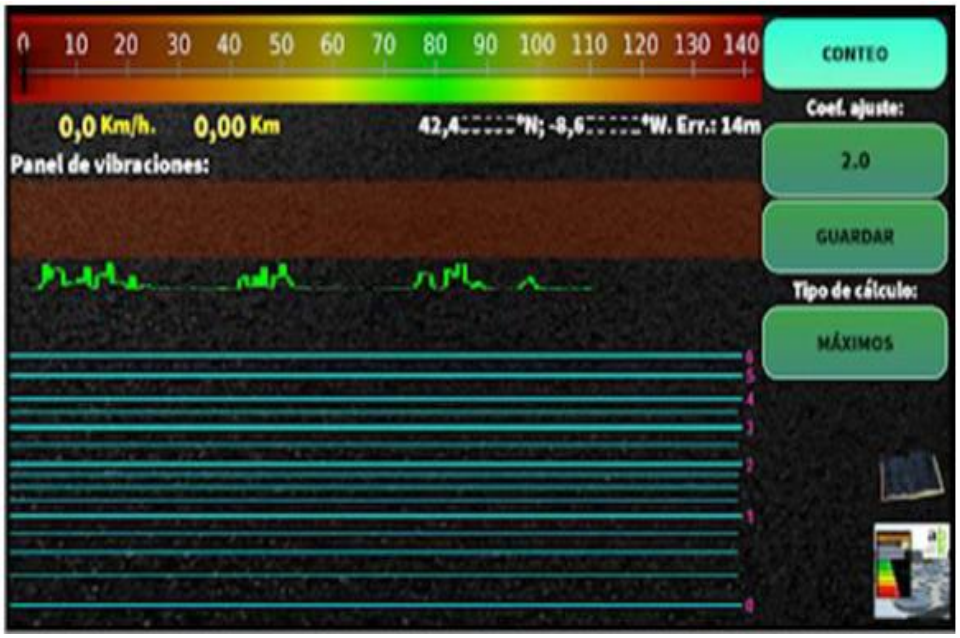
La velocidad del vehículo debe ser constante de aproximadamente 50 Km/h y el teléfono inteligente se puede apoyar en el parabrisas para una adecuada operación y configuración del aplicativo.

El aplicativo ABAKAL IRI genera distintos archivos, de los cuales se utilizan los que se describen a continuación:

- IRI.csv, con la información para realizar las gráficas.
- IRI.kml, con información para exportar en el programa Google Earth.

Figura 5

Aplicativo ABAKAL IRI



Nota. Fuente: ABAKAL, 2023

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- TRANSITABILIDAD

  Calidad funcional de la vía percibida directamente por los usuarios. Nota: Esta calidad se caracteriza en general por la aptitud de la vía de permitir la circulación fluida en condiciones de seguridad y a una velocidad adecuada a su categoría. (PIARC, 2023)

- PAVIMENTO

  Del latín pavimentum, el pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. El pavimento funciona como sustento de los seres vivos y de las cosas. (Pérez & Gardey, 2023)

- RUGOSIDAD

  La rugosidad consiste en pequeñas irregularidades presentes en la superficie. Estas irregularidades caracterizan el acabado o textura de la superficie, que puede ser definida como un conjunto de patrones existentes en las superficies físicas. (Alves, Ferreira, & Leta, 2011)

- RUGOSIMETRO

  El rugosímetro o perfilómetro es el equipo más utilizado en la industria en general para medir la rugosidad de componentes comunes de ingeniería. (Hinojosa & Reyes, 2001)

- SMARTPHONE

  Un teléfono inteligente, también conocido como smartphone (del inglés smart, “inteligente”, y phone, “teléfono”), es un dispositivo portátil que combina las funciones tradicionales de un teléfono celular, con las de una computadora de bolsillo o tableta táctil. (Equipo editorial, Etecé, 2022)

- MERLIN

  Del acrónimo de la terminología inglesa: Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación en estudio, se consideró el tipo de investigación aplicada, debido que se distingue por estar encaminada al uso o aprovechamiento de la información obtenida, y estos últimos se adquieren posteriormente de sistematizar y poner en práctica a partir del estudio. La aplicación de la información y las conclusiones de la investigación conlleva a comprender la realidad de manera estricta, metódica y consistente. (Murillo, 2008)

Para este caso en particular, se debe al análisis que se desarrollará entre el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI en la Av. Mariano Necochea, determinando el índice de rugosidad internacional (IRI) del pavimento flexible.

En lo concerniente al enfoque de investigación, se tiene que es de enfoque cuantitativo, ya que se caracteriza por la secuencia y la evidencia. Consiste en crear supuestos y determinar variables problemáticas; para posteriormente desarrollar una estrategia con la finalidad de poner a prueba (diseño); las variables se calculan en condiciones específicas; y sacar conclusiones sobre una o más hipótesis. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

En cuanto al nivel de investigación, se precisa que es de nivel descriptivo, ya que concordante con lo precisado por (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) el nivel descriptivo especifica que la finalidad es investigar la ocurrencia y valor de una o más variables.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación en estudio, se consideró el diseño de investigación no experimental, ya que (Mertens, 2007), afirma que una investigación posee un diseño no experimental ya que se caracteriza por variables que no pueden o no deben ser manipuladas o son de difícil manipulación. La investigación examina el diseño a través de la inspección de acontecimientos que suscitan en el ambiente natural con el fin de analizarlos.

En cuanto al corte de investigación, se consideró de corte transversal, ya que concordante con lo precisado por (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), plantearon que recoge información en un determinado tiempo. Al respecto, cabe señalar que la recopilación de información (rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI) en la presente investigación será elaborada solo en un momento de tiempo.

Asimismo, se consideró que la investigación también se enmarca en un enfoque hipotético-deductivo, ya que determina si la hipótesis sobre la relación que existe entre las variables investigadas es cierta, y al respecto, (Canpo, 2011) afirma

que el método mencionado consiste en la generación de hipótesis. partiendo de dos premisas, la primera general y la segunda empírica, para desarrollar posteriores pruebas empíricas.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Población

Respecto a la población, según lo precisado por (Ventura, 2017) es el conjunto que es un componente de una evaluación con la finalidad de relacionarlos con acontecimientos que se pretenden estudia. En este sentido, para la presente investigación la población serán los pobladores y conductores, que utilizan o viven en zonas aledañas la Av. Mariano Necochea que se encuentra en el distrito de Ciudad Nueva de la provincia de Tacna.

3.3.2. Muestra

En relación a la muestra de investigación, según lo precisado por (Arias, 2006), la muestra es aquel subgrupo característico de la localidad. En este caso, es preciso detallar que la muestra estará constituida por la cantidad de 1.60 kilómetro lineal de la Av. Mariano Necochea, con la finalidad de generar los datos que permitan realizar el análisis respectivo.

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Sobre las técnicas de recolección para los datos que se obtengan en el estudio, se ha tenido a bien contemplar los puntos a continuación:

a) Inspección ocular: Proceso para el reconocimiento del terreno, se tomarán apuntes y fotografías.

b) Trabajo de campo: Se realizará el estudio sobre el índice de rugosidad internacional del pavimento.

3.4.2. Instrumentos

Por otra parte, respecto a los instrumentos que serán empleados para el avance de las actividades que se ejecuten en esta investigación, se tiene los siguientes:

a) Formatos de recolección de datos
b) Rugosímetro de MERLIN
c) Celular con aplicación instalada
d) Laptop

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. Etapa inicial

El trabajo de investigación inició con la recolección de la información bibliográfica, elaboración del marco teórico y el proceso para el análisis entre el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI.

3.5.2. Trabajos de campo

En esta parte de la investigación, abarca todos aquellos trabajos para conocer la realidad del problema descrito. De una manera más detallada, en primer lugar, se hará una inspección visual: tomar fotografías, apuntes que ayudarán para la investigación. Luego, se realizarán los procedimientos de ingeniería descritos a continuación:

a) RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Para obtener los datos se realizaron 200 lecturas en 4 tramos de 400 m c/u, en la vía seleccionada, tanto de subida como de bajada. Seguidamente se listarán los pasos necesarios para el procedimiento:

1. Tener los formatos de campo para anotar las lecturas a obtener.
2. Llenar el encabezado de los formatos con los datos del tramo a analizar.
3. Calibrar el rugosímetro de MERLIN antes de iniciar primera lectura de subida.

4. Sujetar el rugosímetro por las manijas, elevarlo y desplazarse hacia adelante una longitud equivalente a una vuelta completa de la rueda (2 m). Luego apoyar el equipo sobre el pavimento y anotar la lectura del puntero del equipo en el formato.
5. Repetir el proceso hasta completar el tramo y continuar los siguientes, anotando las lecturas en los formatos correspondientes.
6. Para la lectura de bajada, repetir los pasos del 3 al 5.

Figura 6

Calibración del rugosímetro de MERLIN

Nota. Elaboración Propia

Figura 7

Toma de Lecturas con el Rugosímetro de MERLIN: Tramo de Subida

Nota. Elaboración Propia

Figura 8

Toma de Lecturas con el Rugosímetro de MERLIN: Tramo de Bajada

Nota. Elaboración Propia

Figura 9

Verificación de los datos obtenidos durante el procedimiento

Nota. Elaboración Propia

b) ABAKAL IRI

1. Instalar el aplicativo ABAKAL IRI en el smartphone.
2. Sujetar el smartphone fijamente al vehículo.
3. Configurar en Coef. Ajuste: 2.0. y en Tipo de cálculo: ESTADÍSTICO.
4. Abrir el aplicativo, pulsar en INICIAR y luego CONTEO.
5. Desplazarse con el vehículo a una velocidad adecuada de acuerdo a las normas de tránsito, en el tramo de subida.
6. Al terminar el recorrido pulsar en PARAR, luego en DETENER y finalmente en GUARDAR.
7. Repetir los pasos 4 al 6 en el tramo de bajada.

8. Conectar el smartphone a una laptop para realizar la descarga de los archivos de extensión *.csv del aplicativo.

Figura 10

Vehículo utilizado para el procedimiento con ABAKAL IRI

Nota. Elaboración Propia

Figura 11

Smartphone con ABAKAL IRI, anclada al parabrisas del vehículo

Nota. Elaboración Propia

Figura 12

Aplicación ABAKAL IRI funcionando con el vehículo en desplazamiento

Nota. Elaboración Propia

3.5.3. Trabajos de gabinete

Las actividades de gabinete, abarcan los procesos para el procesamiento de los datos recolectados en las labores de campo utilizando tanto el RUGOSÍMETRO DE MERLIN como el ABAKAL IRI. Seguidamente, se hará el análisis comparativo entre los métodos aplicados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En las lecturas de campo y para el procesamiento de resultados obtenidos mediante en Rugosímetro de MERLIN y la Aplicación ABAKAL IRI, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la evaluación de la calzada de subida, el Inicio es la intersección de la Avenida Mariano Necochea con la Avenida Manuel Cuadros, que para fines prácticos de la investigación se denominará como Km 0+000.00 del carril de subida.
- Y en lo concerniente para la evaluación de la calzada de bajada, el Inicio es la intersección de la Avenida Mariano Necochea con la Avenida Jorge Antonio Encinas, que para fines prácticos de la investigación se denominará como Km 0+000.00 del carril de bajada.

4.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN se ha evaluado mediante tramos de 400 m según lo indicado en la metodología explicada en el Capítulo II “Marco Teórico de la Investigación”.

Cada tramo analizado genera 200 lecturas y para los resultados de la presente investigación se realizó la evaluación de la calzada de subida y de bajada de la Avenida Mariano Necochea, la cual fue dividida por 4 tramos de 400 m. De esa manera, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 13

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 01

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: I (Km 0+0.00 + Km 0+400.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: SUBIDA **HORA:** 05:00 AM

N° ENSAYO: 01 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	25	28	15	26	27	25	30	22	21
2	32	30	18	8	31	22	28	20	20	50
3	25	34	37	28	32	18	31	21	27	37
4	23	27	18	21	12	23	32	28	23	21
5	26	20	47	28	18	19	27	23	26	36
6	28	25	20	21	38	43	18	34	18	22
7	36	31	16	25	21	30	19	21	23	17
8	18	38	34	20	26	30	25	18	27	28
9	29	15	19	20	24	28	24	17	23	28
10	25	21	24	39	24	22	30	26	25	22
11	35	25	20	25	22	34	23	23	24	25
12	23	31	20	23	22	28	25	24	16	28
13	28	18	19	24	19	28	24	19	18	4
14	26	31	18	24	19	31	24	26	19	24
15	12	33	14	18	35	25	28	20	26	27
16	25	10	16	23	18	34	26	23	24	24
17	15	24	18	25	24	27	27	28	19	24
18	35	26	28	32	34	31	24	27	22	24
19	38	22	17	22	30	21	26	25	24	26
20	21	18	33	30	26	24	27	21	34	36

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES: La calibración para realizar el ensayo de Rugosímetro de Merlín para el carril de subida da los siguientes resultados:

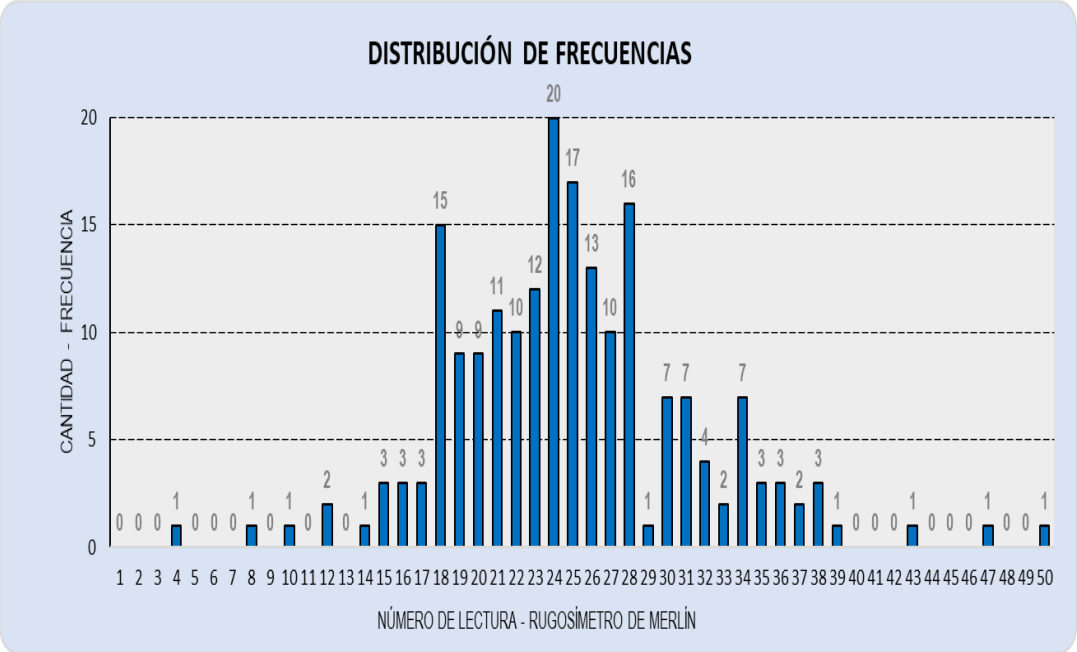
Lectura inicial 25

Lectura final 28

Nota. Elaboración Propia

Figura 14

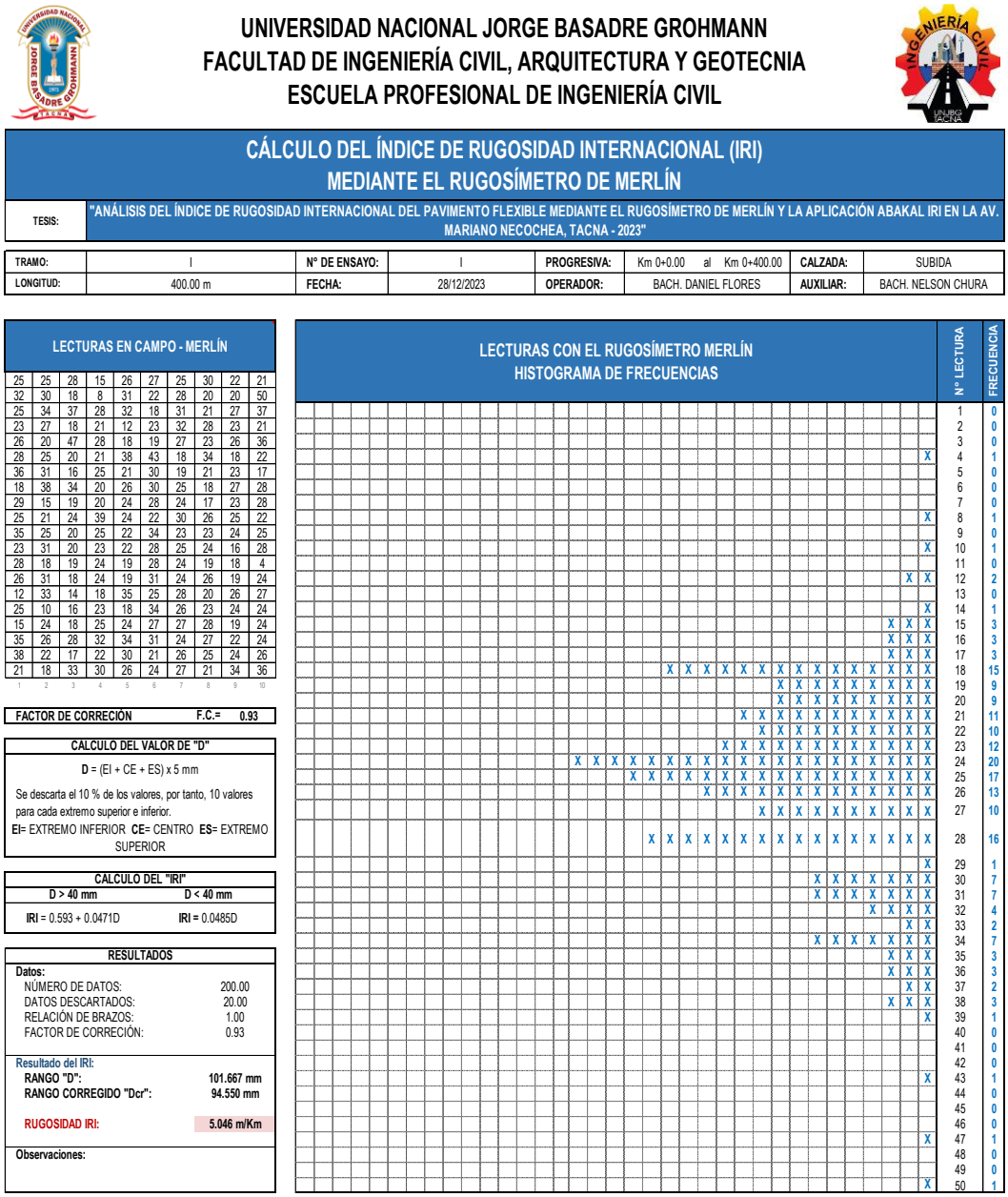
Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 01



Nota. Elaboración Propia

Figura 15

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 01



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	I	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CALZADA:	SUBIDA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. DANIEL FLORES	AUXILIAR:	BACH. NELSON CHURA

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

1	25	25	28	15	26	27	25	30	22	21
2	32	30	18	8	31	22	28	20	20	50
3	25	34	37	28	32	18	31	21	27	37
4	23	27	18	21	12	23	32	28	23	21
5	26	20	47	28	18	19	27	23	26	36
6	28	25	20	21	38	43	18	34	18	22
7	36	31	16	25	21	30	19	21	23	17
8	18	38	34	20	26	30	25	18	27	28
9	29	15	19	20	24	28	24	17	23	28
10	25	21	24	39	24	22	30	26	25	22
11	35	25	20	25	22	34	23	23	24	25
12	23	31	20	23	22	28	25	24	16	28
13	28	18	19	24	19	28	24	19	18	4
14	26	31	18	24	19	31	24	26	19	24
15	12	33	14	18	35	25	28	20	26	27
16	25	10	16	23	18	34	26	23	24	24
17	15	24	18	25	24	27	27	28	19	24
18	35	26	28	32	34	31	24	27	22	24
19	38	22	17	22	30	21	26	25	24	26
20	21	18	33	30	26	24	27	21	34	36
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.93

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485D

RESULTADOS

Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.93
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	**101.667 mm**
RANGO CORREGIDO "Dcr":	**94.550 mm**
RUGOSIDAD IRI:	**5.046 m/Km**

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	0
2	0
3	0
4	1
5	0
6	0
7	0
8	1
9	0
10	1
11	0
12	2
13	0
14	1
15	3
16	3
17	3
18	15
19	9
20	9
21	11
22	10
23	12
24	20
25	17
26	13
27	10
28	16
29	1
30	7
31	7
32	4
33	2
34	7
35	3
36	3
37	2
38	3
39	1
40	0
41	0
42	0
43	1
44	0
45	0
46	0
47	1
48	0
49	0
50	1

Nota. Elaboración Propia

Figura 16

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 02

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: II (Km 0+400.00 + Km 0+800.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: SUBIDA **HORA:** 05:28 AM

N° ENSAYO: 2 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

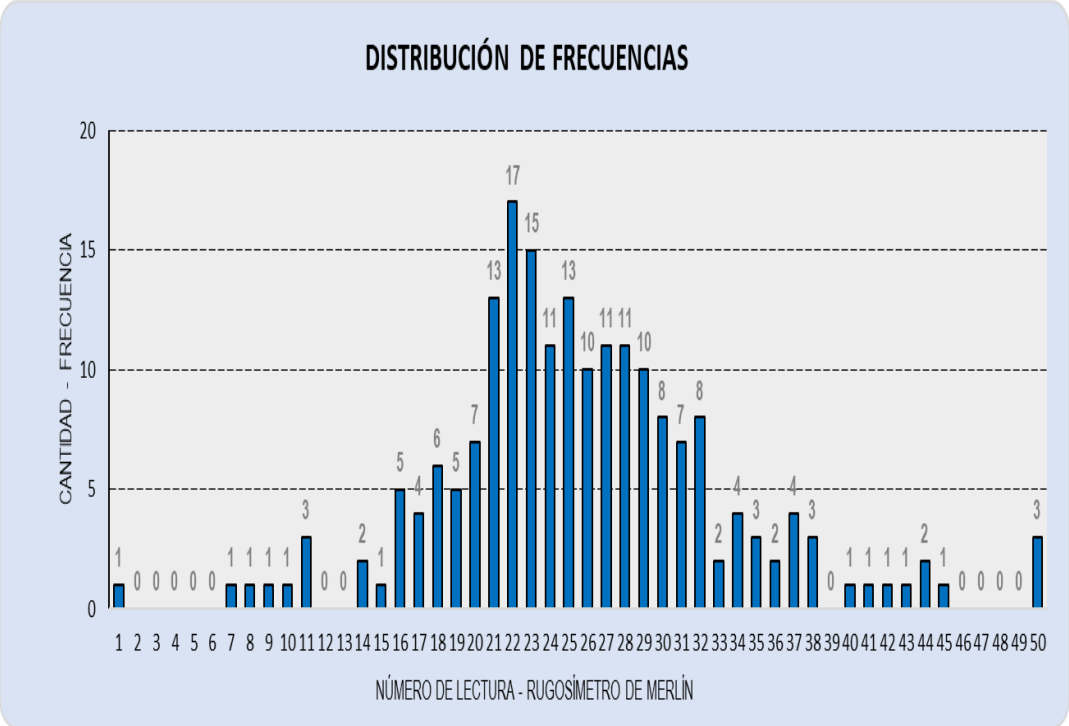
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 17

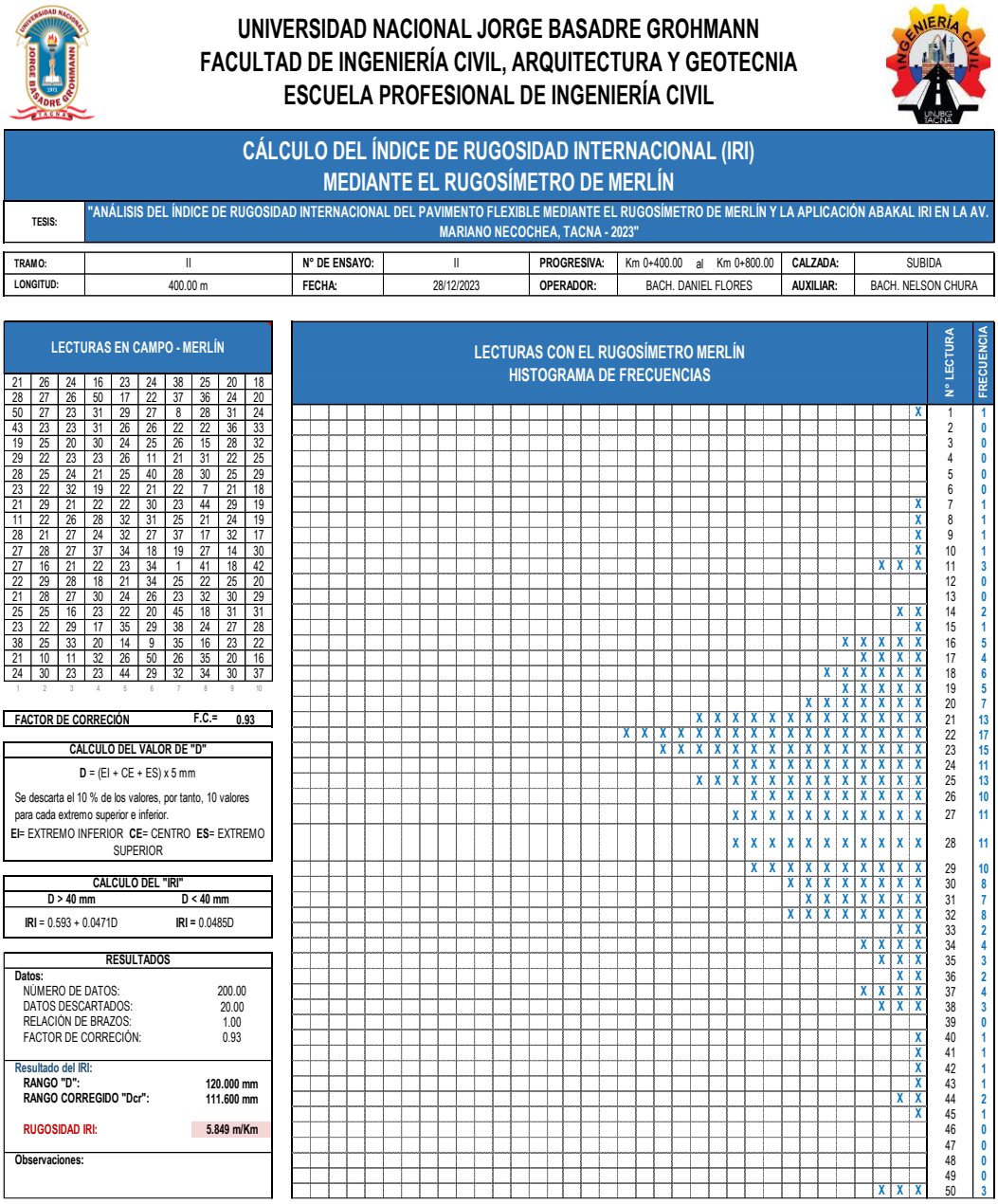
Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 02



Nota. Elaboración Propia

Figura 18

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 02



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	II	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CALZADA:	SUBIDA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. DANIEL FLORES	AUXILIAR:	BACH. NELSON CHURA

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.93

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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 CORRECIÓN:	0.93

Resultado del IRI:

RANGO "D":	120.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	111.600 mm
RUGOSIDAD IRI:	5.849 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	1
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	1
8	1
9	1
10	1
11	3
12	0
13	0
14	2
15	1
16	5
17	4
18	6
19	5
20	7
21	13
22	17
23	15
24	11
25	13
26	10
27	11
28	11
29	10
30	8
31	7
32	8
33	2
34	4
35	3
36	2
37	4
38	3
39	0
40	1
41	1
42	1
43	1
44	2
45	1
46	0
47	0
48	0
49	0
50	3

Nota. Elaboración Propia

Figura 19

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 03

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: III (Km 0+800.00 + Km 1+200.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: SUBIDA **HORA:** 05:55 AM

N° ENSAYO: 3 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

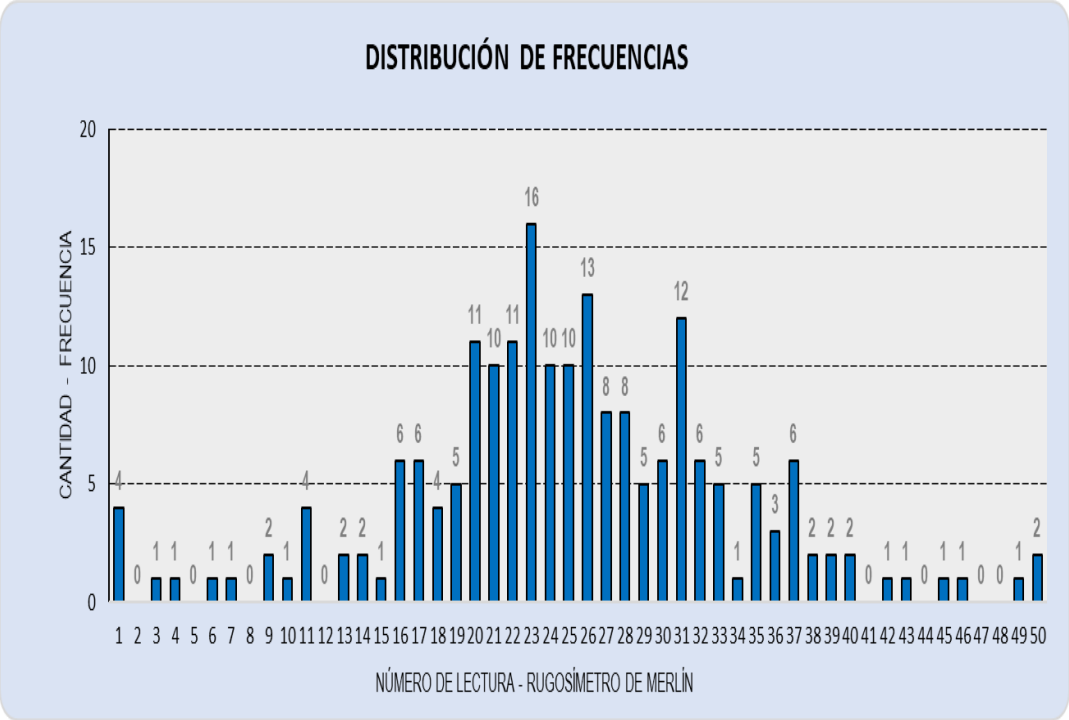
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 20

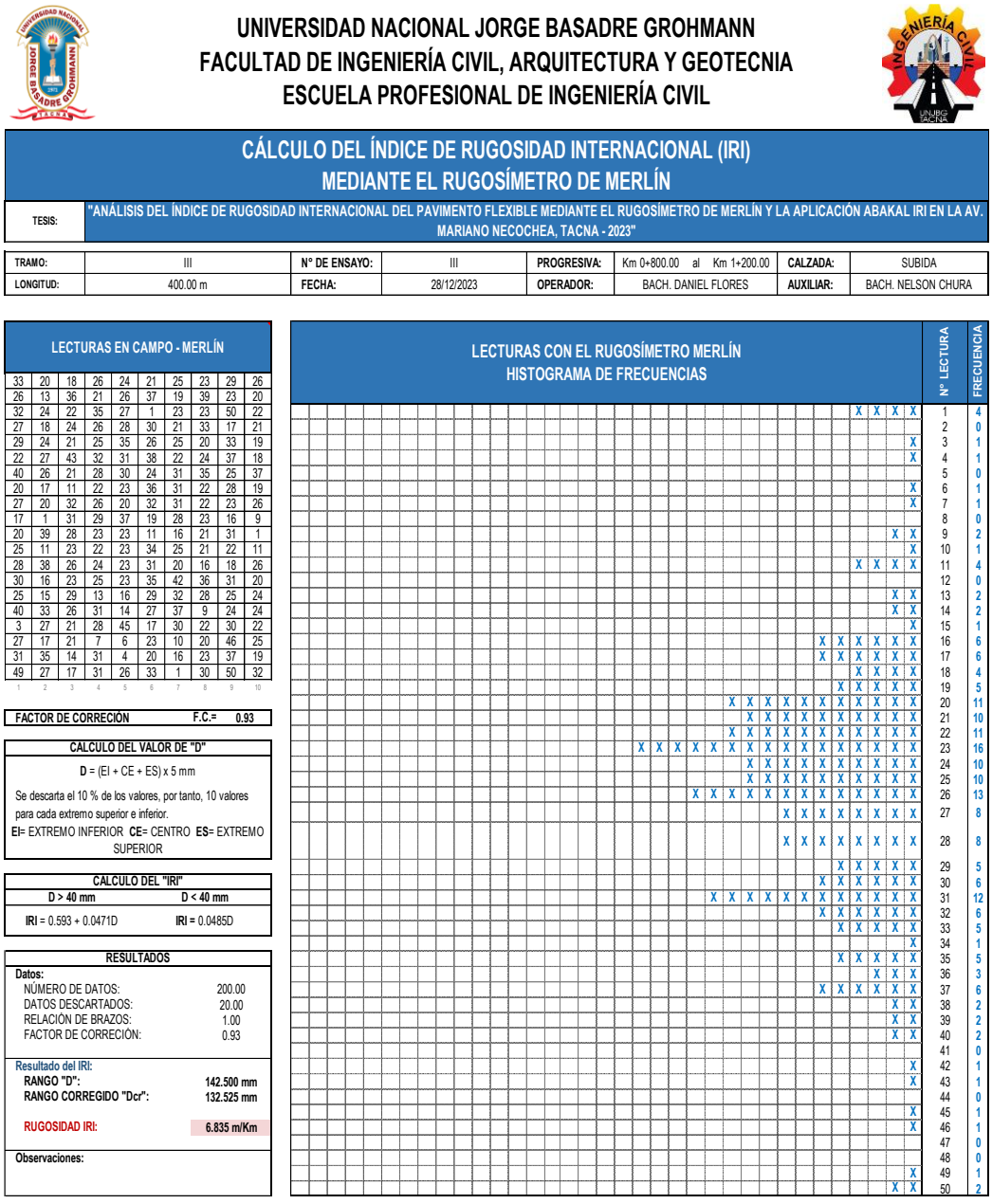
Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 03



Nota. Elaboración Propia

Figura 21

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 03



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	III	N° DE ENSAYO:	III	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CALZADA:	SUBIDA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. DANIEL FLORES	AUXILIAR:	BACH. NELSON CHURA

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN	F.C.=	0.93

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	**IRI** = 0.0485D

RESULTADOS

Datos:

NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.93

Resultado del IRI:

RANGO "D":	**142.500 mm**
RANGO CORREGIDO "Dcr":	**132.525 mm**
RUGOSIDAD IRI:	**6.835 m/Km**

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	4
2	0
3	1
4	1
5	0
6	1
7	1
8	0
9	2
10	1
11	4
12	0
13	2
14	2
15	1
16	6
17	6
18	4
19	5
20	11
21	10
22	11
23	16
24	10
25	10
26	13
27	8
28	8
29	5
30	6
31	12
32	6
33	5
34	1
35	5
36	3
37	6
38	2
39	2
40	2
41	0
42	1
43	1
44	0
45	1
46	1
47	0
48	0
49	1
50	2

Nota. Elaboración Propia

Figura 22

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Subida - Tramo 04

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: IV (Km 1+200.00 + Km 1+600.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: SUBIDA **HORA:** 06:23 AM

N° ENSAYO: 4 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

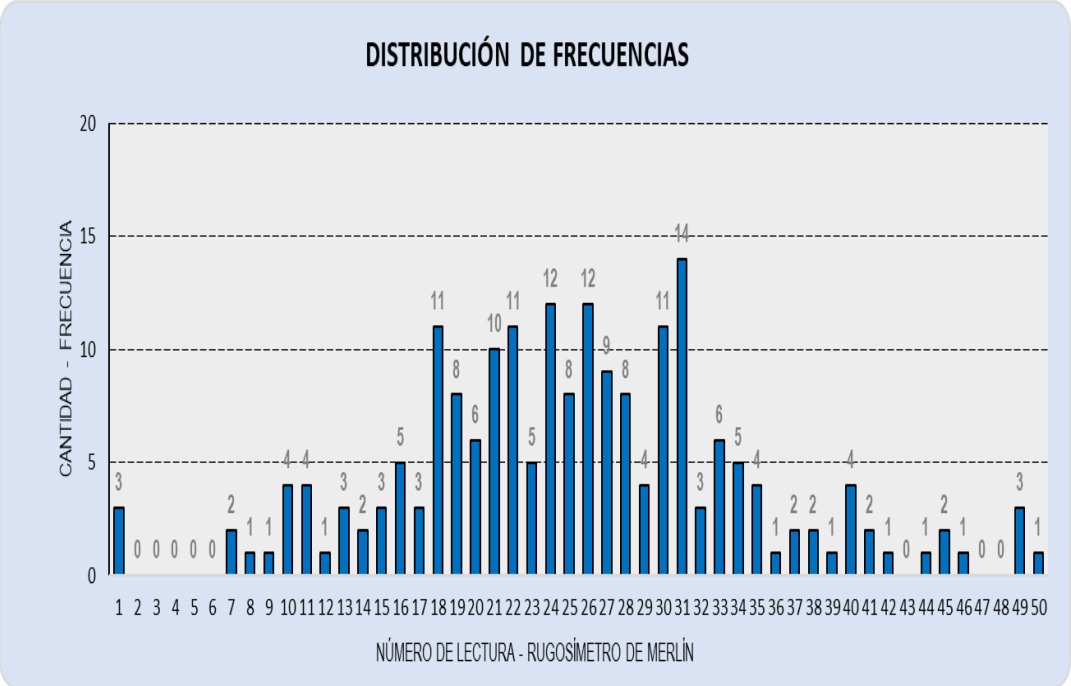
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 23

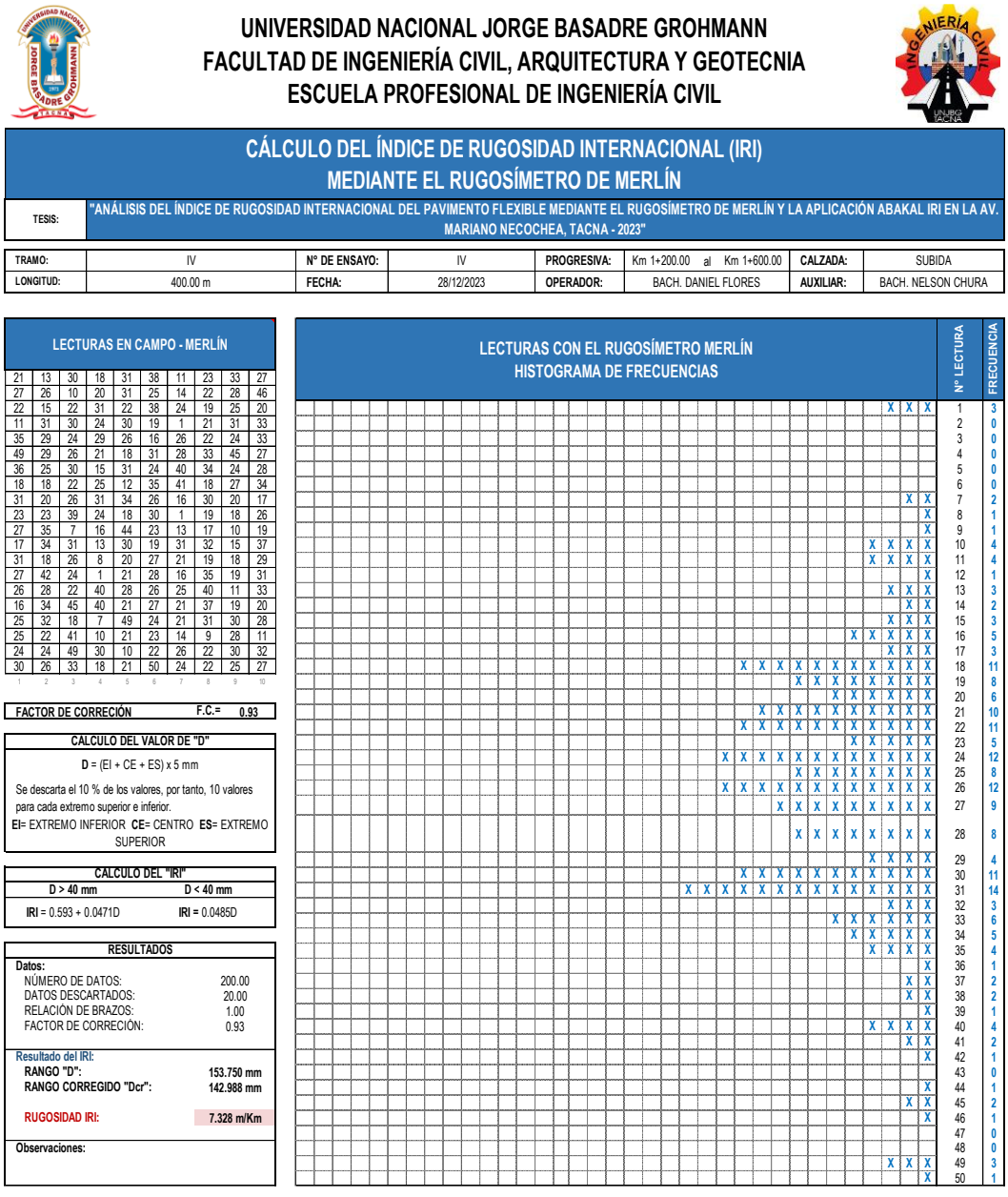
Distribución de Frecuencias, Calzada: Subida - Tramo 04



Nota. Elaboración Propia

Figura 24

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Subida - Tramo 04



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	IV	N° DE ENSAYO:	IV	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CALZADA:	SUBIDA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. DANIEL FLORES	AUXILIAR:	BACH. NELSON CHURA

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.93

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485D

RESULTADOS

Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.93
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	153.750 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	142.988 mm
RUGOSIDAD IRI:	7.328 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	3
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	2
8	1
9	1
10	4
11	4
12	1
13	3
14	2
15	3
16	5
17	3
18	11
19	8
20	6
21	10
22	11
23	5
24	12
25	8
26	12
27	9
28	8
29	4
30	11
31	14
32	3
33	6
34	5
35	4
36	1
37	2
38	2
39	1
40	4
41	2
42	1
43	0
44	1
45	2
46	1
47	0
48	0
49	3
50	1

Nota. Elaboración Propia

Figura 25

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 01

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: I (Km 0+0.00 + Km 0+400.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: BAJADA **HORA:** 06:55 AM

N° ENSAYO: 01 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES: La calibración para realizar el ensayo de Rugosímetro de Merlín para el carril de subida da los siguientes resultados:

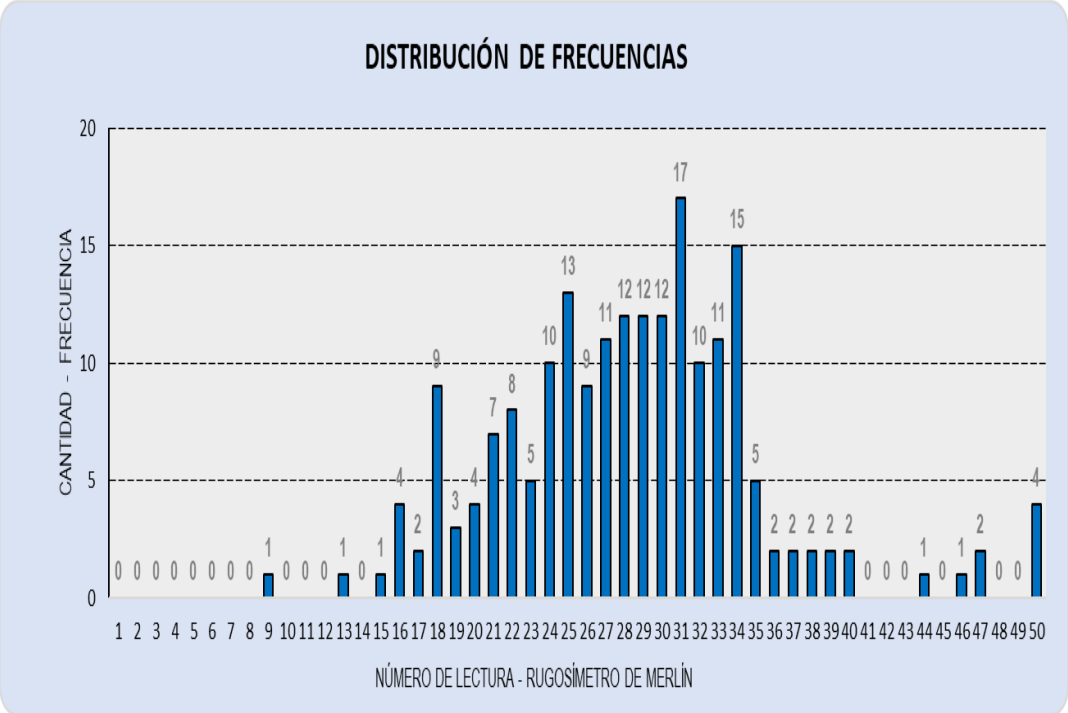
Lectura inicial 25

Lectura final 16

Nota. Elaboración Propia

Figura 26

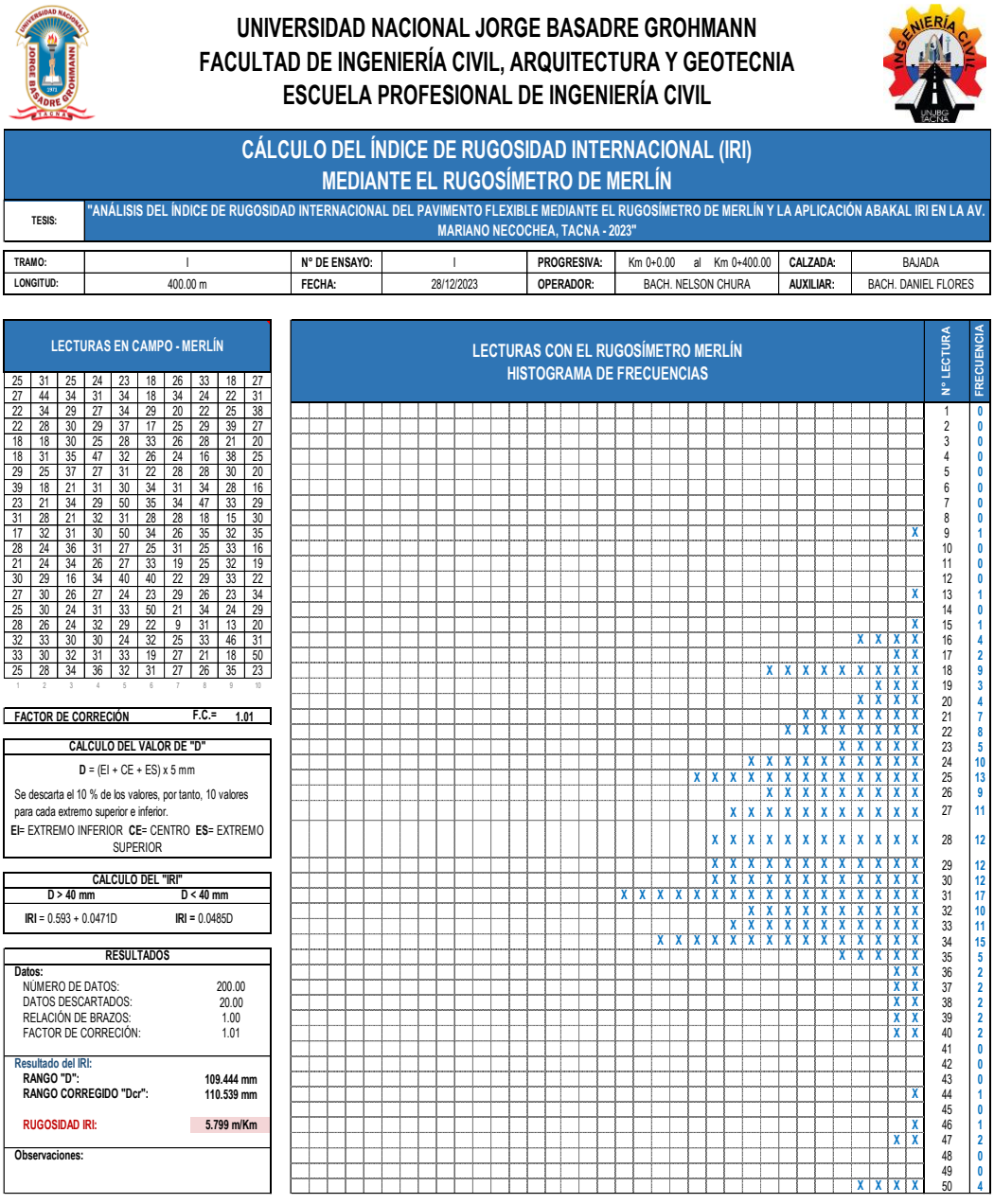
Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 01



Nota. Elaboración Propia

Figura 27

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 01



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	I	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CALZADA:	BAJADA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. NELSON CHURA	AUXILIAR:	BACH. DANIEL FLORES

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.01

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO 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:	1.01

Resultado del IRI:

RANGO "D":	**109.444 mm**
RANGO CORREGIDO "Dcr":	**110.539 mm**
RUGOSIDAD IRI:	**5.799 m/Km**

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	1
10	0
11	0
12	0
13	1
14	0
15	1
16	4
17	2
18	9
19	3
20	4
21	7
22	8
23	5
24	10
25	13
26	9
27	11
28	12
29	12
30	12
31	17
32	10
33	11
34	15
35	5
36	2
37	2
38	2
39	2
40	2
41	0
42	0
43	0
44	1
45	0
46	1
47	2
48	0
49	0
50	4

Nota. Elaboración Propia

Figura 28

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 02

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: II (Km 0+400.00 + Km 0+800.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: BAJADA **HORA:** 07:11 AM

N° ENSAYO: 2 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

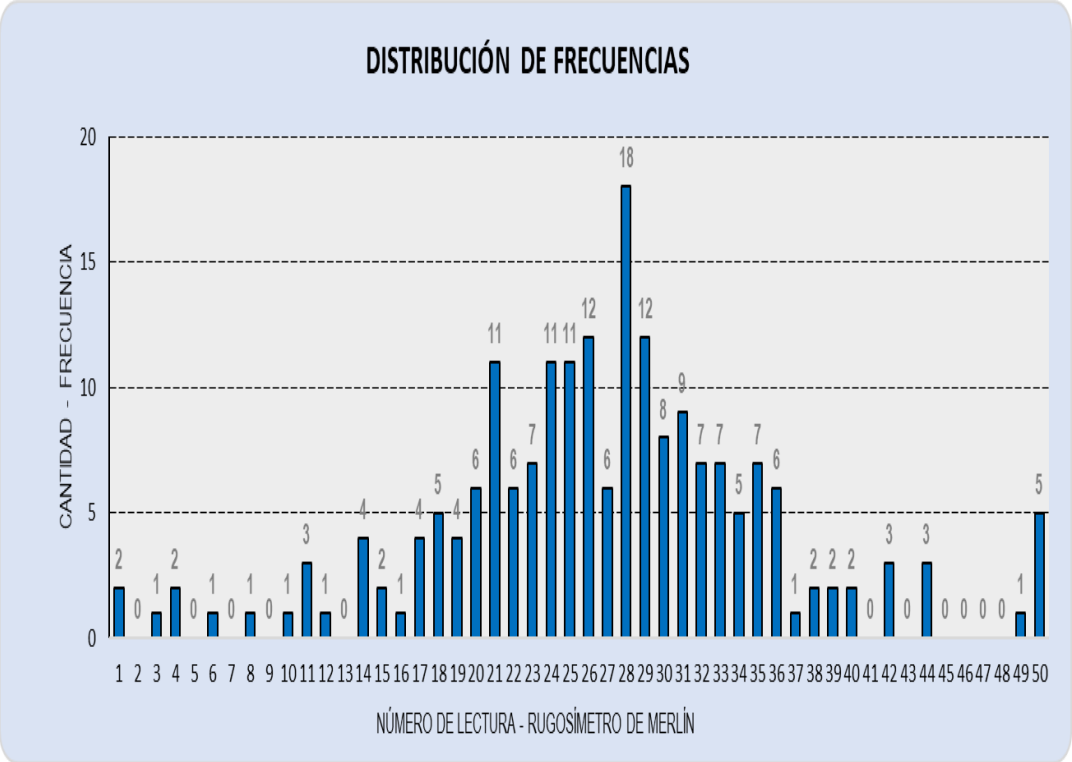
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 29

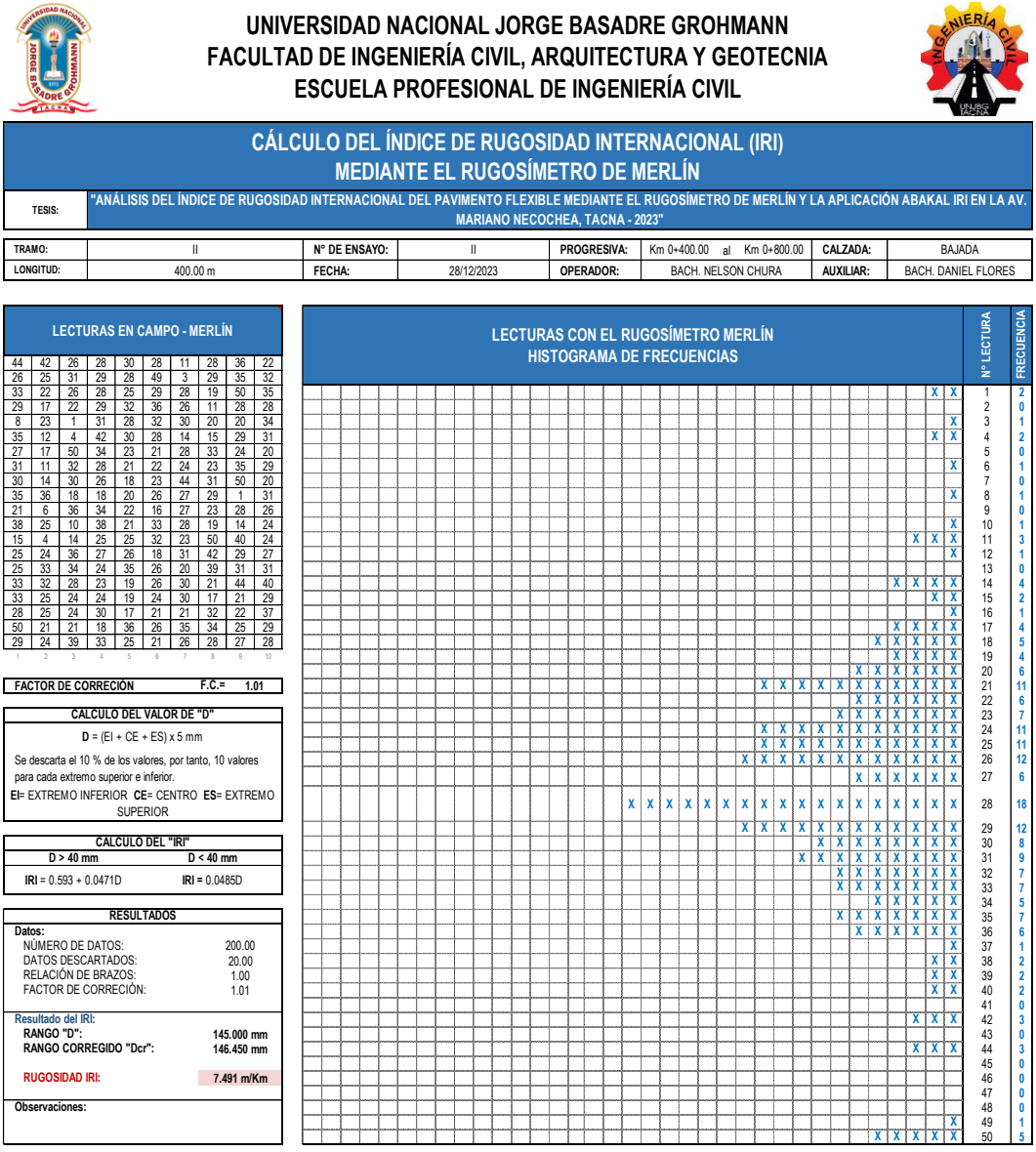
Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 02



Nota. Elaboración Propia

Figura 30

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 02



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	II	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CALZADA:	BAJADA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. NELSON CHURA	AUXILIAR:	BACH. DANIEL FLORES

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN	F.C.=	1.01

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO 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:	1.01

Resultado del IRI:

RANGO "D":	**145.000 mm**
RANGO CORREGIDO "Dcr":	**146.450 mm**
RUGOSIDAD IRI:	**7.491 m/Km**

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	2
2	0
3	1
4	2
5	0
6	1
7	0
8	1
9	0
10	1
11	3
12	1
13	0
14	4
15	2
16	1
17	4
18	5
19	4
20	6
21	11
22	6
23	7
24	11
25	11
26	12
27	6
28	18
29	12
30	8
31	9
32	7
33	7
34	5
35	7
36	6
37	1
38	2
39	2
40	2
41	0
42	3
43	0
44	3
45	0
46	0
47	0
48	0
49	1
50	5

Nota. Elaboración Propia

Figura 31

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 03

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: III (Km 0+800.00 + Km 1+200.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: BAJADA **HORA:** 07:26 AM

N° ENSAYO: 3 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

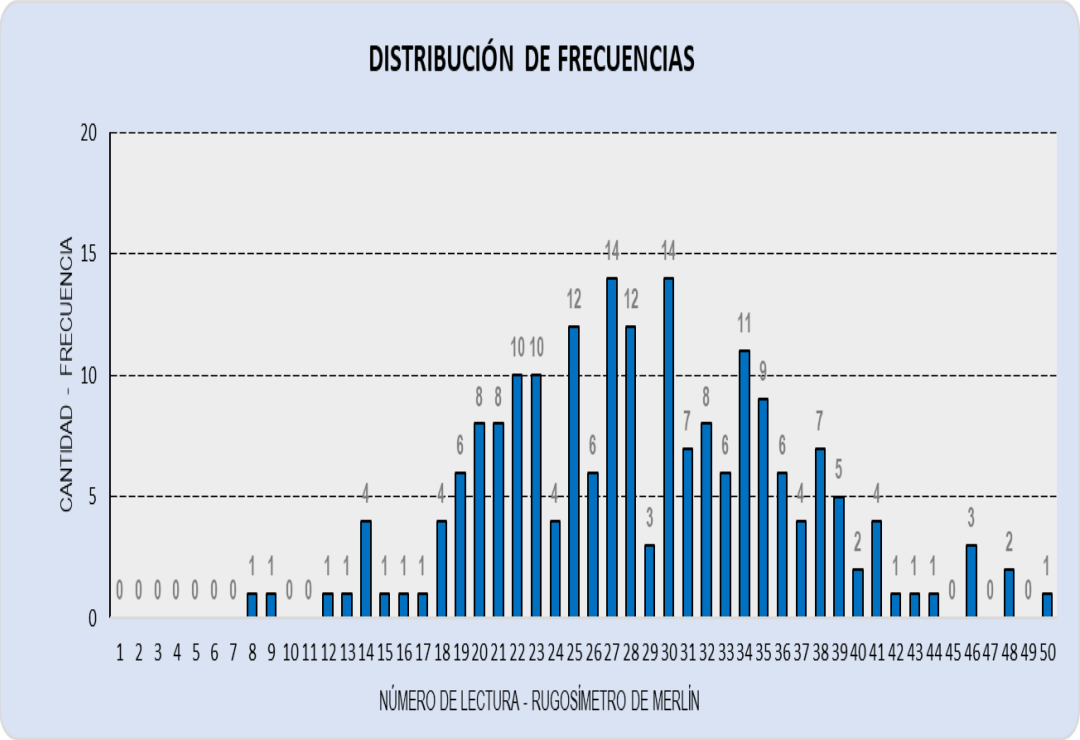
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 32

Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 03



Nota. Elaboración Propia

Figura 33

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 03

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	III	N° DE ENSAYO:	III	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CALZADA:	BAJADA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. NELSON CHURA	AUXILIAR:	BACH. DANIEL FLORES

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.01

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO 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:	1.01

Resultado del IRI:

RANGO "D":	123.750 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	124.988 mm
RUGOSIDAD IRI:	6.480 m/Km

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	1
9	1
10	0
11	0
12	1
13	1
14	4
15	1
16	1
17	1
18	4
19	6
20	8
21	8
22	10
23	10
24	4
25	12
26	6
27	14
28	12
29	3
30	14
31	7
32	8
33	6
34	11
35	9
36	6
37	4
38	7
39	5
40	2
41	4
42	1
43	1
44	1
45	0
46	3
47	0
48	2
49	0
50	1

Nota. Elaboración Propia

Figura 34

Datos obtenidos de las lecturas de campo, Calzada: Bajada - Tramo 04

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS: "ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO: IV (Km 1+200.00 + Km 1+600.00) **FECHA:** 28/12/2023

CARRIL: BAJADA **HORA:** 07:40 AM

N° ENSAYO: 4 **DATOS:** LECTURA EN CAMPO

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

TIPO DE PAVIMENTO

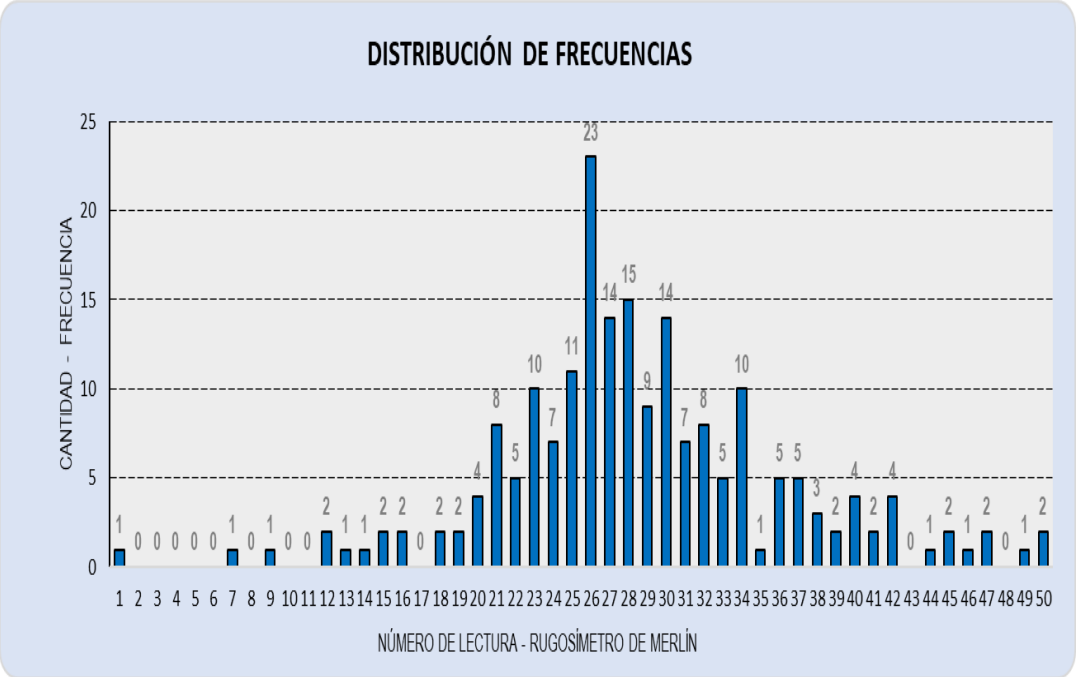
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRÍO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

OBSERVACIONES:

Nota. Elaboración Propia

Figura 35

Distribución de Frecuencias, Calzada: Bajada - Tramo 04



Nota. Elaboración Propia

Figura 36

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, Calzada: Bajada - Tramo 04

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN

TESIS:	"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI EN LA AV. MARIANO NECOCHEA, TACNA - 2023"

TRAMO:	IV	N° DE ENSAYO:	IV	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CALZADA:	BAJADA
LONGITUD:	400.00 m	FECHA:	28/12/2023	OPERADOR:	BACH. NELSON CHURA	AUXILIAR:	BACH. DANIEL FLORES

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN

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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.01

CALCULO DEL VALOR DE "D"

D = (EI + CE + ES) x 5 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

CALCULO 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:	1.01

Resultado del IRI:

RANGO "D":	**128.750 mm**
RANGO CORREGIDO "Dcr":	**130.038 mm**
RUGOSIDAD IRI:	**6.718 m/Km**

Observaciones:

LECTURAS CON EL RUGOSÍMETRO MERLÍN
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

N° LECTURA	FRECUENCIA
1	1
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	1
8	0
9	1
10	0
11	0
12	2
13	1
14	1
15	2
16	2
17	0
18	2
19	2
20	4
21	8
22	5
23	10
24	7
25	11
26	23
27	14
28	15
29	9
30	14
31	7
32	8
33	5
34	10
35	1
36	5
37	5
38	3
39	2
40	4
41	2
42	4
43	0
44	1
45	2
46	1
47	2
48	0
49	1
50	2

Nota. Elaboración Propia

En las tablas anteriores, se puede observar los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, de los diferentes tramos tanto de la calzada de subida y bajada, los cuáles se muestran a continuación:

- De la Figura 15, se puede observar que, en la calzada de subida, en el Tramo 01 (Progresiva Km 0+0.00 al Km 0+400.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 5.046 m/km.
- De la Figura 18, se puede observar que, en la calzada de subida, en el Tramo 02 (Progresiva Km 0+400.00 al Km 0+800.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 5.849 m/km.
- De la Figura 21, se puede observar que, en la calzada de subida, en el Tramo 03 (Progresiva Km 0+800.00 al Km 1+200.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 6.835 m/km.
- De la Figura 24, se puede observar que, en la calzada de subida, en el Tramo 04 (Progresiva Km 1+200.00 al Km 1+600.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 7.328 m/km.
- De la Figura 27, se puede observar que, en la calzada de bajada, en el Tramo 01 (Progresiva Km 0+000.00 al Km 0+400.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 5.799 m/km.

- De la Figura 30, se puede observar que, en la calzada de bajada, en el Tramo 02 (Progresiva Km 0+400.00 al Km 0+800.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 7.491 m/km.
- De la Figura 33, se puede observar que, en la calzada de bajada, en el Tramo 03 (Progresiva Km 0+800.00 al Km 1+200.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 6.480 m/km.
- De la Figura 36, se puede observar que, en la calzada de bajada, en el Tramo 04 (Progresiva Km 1+200.00 al Km 1+600.00), el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 6.718 m/km.

4.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE LA APLICACIÓN ABAKAL IRI

Para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI se ha evaluado la calzada de subida y la calzada de bajada, obteniendo resultados cada 100 m según lo indicado en la metodología explicada en el Capítulo II “Marco Teórico de la Investigación”.

Para los resultados de la presente investigación se realizó la evaluación de la calzada de subida y de bajada de la Avenida Mariano Necochea. Además, la aplicación ABAKAL IRI, brinda aparte de los valores ya calculados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), una imagen satelital del recorrido realizado con el aplicativo. De esa manera, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4

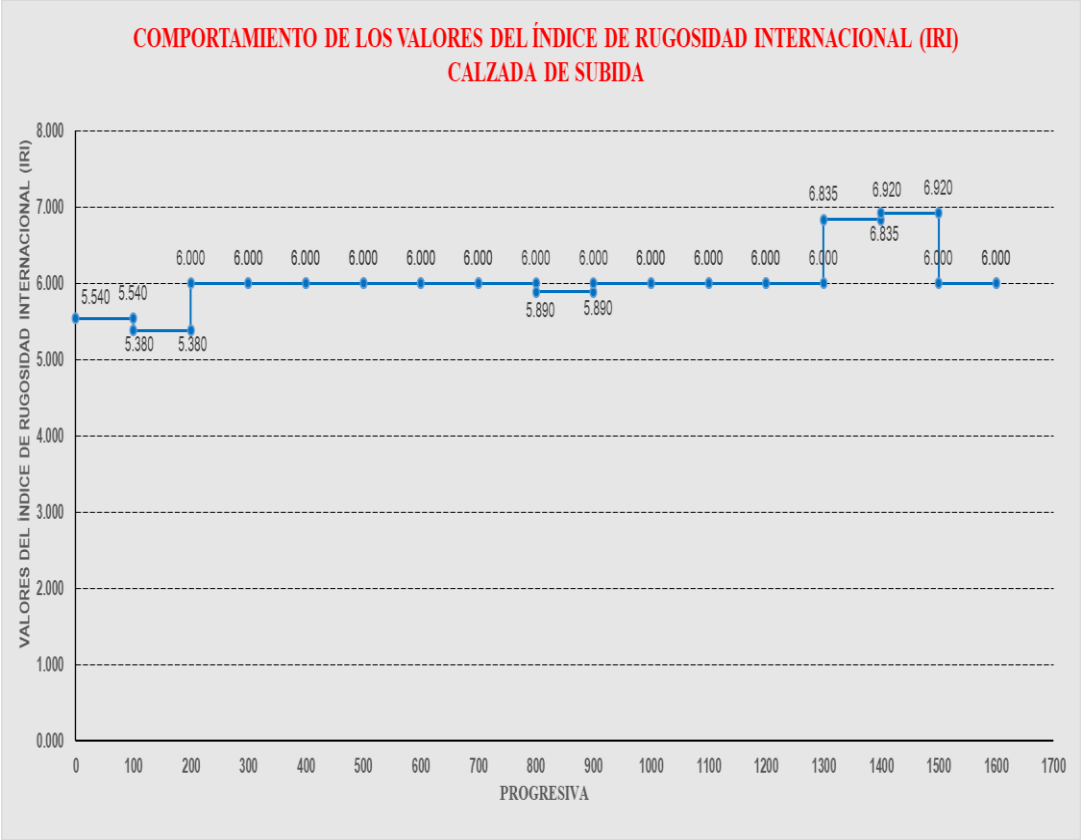
Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17.982213	-70.241595	677.37	33.18	0	5.540
-17.981682	-70.240763	681.77	40.06	100	5.380
-17.980967	-70.240114	685.15	39.26	200	6.000
-17.98021	-70.239525	690.7	39.08	300	6.000
-17.979554	-70.238808	697.28	29.49	400	6.000
-17.979021	-70.237983	703.21	26.8	500	6.000
-17.978449	-70.237139	707.65	33.65	600	6.000
-17.977912	-70.236363	711.72	15.05	700	6.000
-17.977359	-70.235544	716.26	35.51	800	5.890
-17.976786	-70.234729	721.72	38.13	900	6.000
-17.976254	-70.233972	726.32	18.98	1,000.00	6.000
-17.9757	-70.233202	730.74	35.81	1,100.00	6.000
-17.975171	-70.232411	737.66	43.97	1,200.00	6.000
-17.974655	-70.231627	743.5	45.49	1,300.00	6.000
-17.974116	-70.230821	748.12	37.32	1,400.00	6.835
-17.973611	-70.230034	752	33.47	1,500.00	6.920
-17.973071	-70.229221	754.84	28.34	1,600.00	6.000
		PROMEDIO			6.033

Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI

Figura 37

Comportamiento de los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI

Figura 38

Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Subida

Nota. Fuente*:* Aplicación ABAKAL IRI

Tabla 5

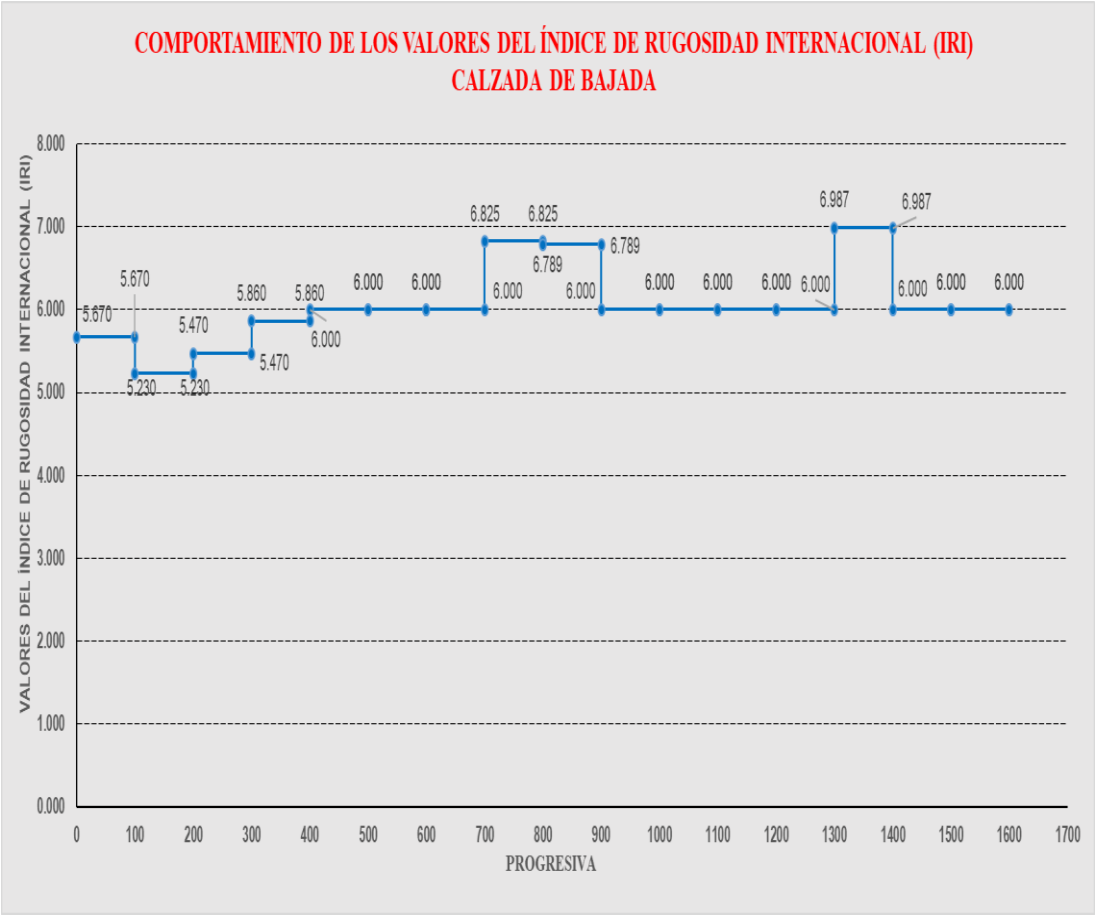
Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17.973162	-70.22946	756.21	45.00	0	5.670
-17.973709	-70.230302	751.73	43.00	100	5.230
-17.974236	-70.231076	746.88	47.00	200	5.470
-17.974774	-70.231909	742.72	48.00	300	5.860
-17.975305	-70.232716	735.84	44.09	400	6.000
-17.975827	-70.23351	729.46	45.45	500	6.000
-17.976364	-70.234321	725.55	45.00	600	6.000
-17.976921	-70.235119	720.84	48.00	700	6.000
-17.977463	-70.235906	715.56	46.00	800	6.825
-17.978032	-70.236737	711.2	48.00	900	6.789
-17.978567	-70.237503	706.85	42.21	1,000.00	6.000
-17.97911	-70.238299	702.53	45.00	1,100.00	6.000
-17.979686	-70.239078	696.25	42.00	1,200.00	6.000
-17.980386	-70.239755	690.85	47.00	1,300.00	6.000
-17.981162	-70.240299	686.14	47.00	1,400.00	6.987
-17.981771	-70.241025	682.37	48.00	1,500.00	6.000
-17.982246	-70.241829	678.83	41.00	1,600.00	6.000
		PROMEDIO			6.049

Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI

Figura 39

Comportamiento de los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), obtenidos de la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada



Nota. Fuente: Aplicación ABAKAL IRI

Figura 40

Evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, Calzada: Bajada

Nota. Fuente*:* Aplicación ABAKAL IRI

En las tablas anteriores, se puede observar los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, de la calzada de subida y bajada, los cuáles se muestran a continuación:

- De la Tabla 4, se puede observar que, en la calzada de subida, el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 6.033 m/km.
- De la Tabla 5, se puede observar que, en la calzada de bajada, el valor calculado del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es de 6.049 m/km.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN, se establecen de la siguiente manera:

Tabla 6

Resumen de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Rugosímetro de MERLIN

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA	CALZADA DE BAJADA
	IRI (m/km)	IRI (m/km)
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.046	5.799
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.849	7.491
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.835	6.480
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	7.328	6.718
PROMEDIO	6.265	6.622
IRI PROMEDIO (m/km)	6.444	

Nota. Elaboración Propia

De la tabla líneas arriba, se puede observar que se obtuvieron valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible tanto para la calzada de subida y de bajada mediante el Rugosímetro de MERLIN; para lo cual los valores fueron: IRI promedio 6.265 m/km para el carril de subida; mientras que para el carril de bajada un IRI promedio de 6.622 m/km.

Logrando de esa manera calcular un valor de IRI promedio de la Avenida Mariano Necochea correspondiente a 6.444 m/km; cuyo resultado nos posibilitará conocer y analizar el estado del pavimento flexible a lo largo de todo el recorrido de la avenida en estudio.

5.1.1. Análisis de la clasificación del estado del pavimento flexible acorde al IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN

Según el MTC (2013), en el territorio nacional se estableció los valores para determinar el estado vial de las vías pavimentadas o no pavimentadas según el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), tal cual como lo indica la tabla a continuación:

Tabla 7

Estado vial según el IRI

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.80$	$IRI \leq 6.00$
Regular	$2.80 < IRI \leq 4.00$	$6.00 < IRI \leq 8.00$
Malo	$4.00 < IRI \leq 5.00$	$8.00 < IRI \leq 10.00$
Muy malo	$5.00 < IRI$	$10.00 < IRI$

Nota. Fuente: MTC (2013) – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

Según los datos calculados y en referencia al IRI promedio calculado de 6.443 m/km mediante el Rugosímetro de MERLIN, se puede calificar el estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea como “MUY MALO”, según lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG -2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 8

Resumen del estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea según el IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA		CALZADA DE BAJADA	
	IRI (m/km)	Estado Vial	IRI (m/km)	Estado Vial
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.046	Muy malo	5.799	Muy malo
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.849	Muy malo	7.491	Muy malo
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.835	Muy malo	6.480	Muy malo
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	7.328	Muy malo	6.718	Muy malo
PROMEDIO	6.265	Muy malo	6.622	Muy malo
IRI PROMEDIO (m/km)	6.444 Muy malo			

Nota. Elaboración Propia

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE LA APLICACIÓN ABAKAL IRI

Los valores calculados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI, para una correcta comparación se agrupará en tramos de 400 m tal cual como la metodología del Rugosímetro MERLIN, y estos valores se establecen de la siguiente manera:

Tabla 9

Resumen de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante la aplicación ABAKAL IRI

Dist.	CALZADA DE SUBIDA			CALZADA DE BAJADA		
	Velocidad (km/h)	IRI (m/km)	IRI PROM. (m/km)	Velocidad (km/h)	IRI (m/km)	IRI PROM. (m/km)
0	33.18	5.540		45.00	5.670	
100	40.06	5.380		43.00	5.230	
200	39.26	6.000	5.845	47.00	5.470	5.640
300	39.08	6.000		48.00	5.860	
400	29.49	6.000		44.09	6.000	
500	26.8	6.000		45.45	6.000	
600	33.65	6.000	5.973	45.00	6.000	6.206
700	15.05	6.000		48.00	6.000	
800	35.51	5.890		46.00	6.825	
900	38.13	6.000		48.00	6.789	
1000	18.98	6.000	6.000	42.21	6.000	6.197
1100	35.81	6.000		45.00	6.000	
1200	43.97	6.000		42.00	6.000	
1300	45.49	6.000		47.00	6.000	
1400	37.32	6.835	6.439	47.00	6.987	6.247
1500	33.47	6.920		48.00	6.000	
1600	28.34	6.000		41.00	6.000	
PROMEDIO			6.064	PROMEDIO		6.073
IRI PROMEDIO (m/km) 6.069						

Nota. Elaboración Propia

5.2.1. Análisis de la clasificación del estado del pavimento flexible acorde al IRI mediante la aplicación ABAKAL IRI

El estado vial del pavimento flexible según el Ministerio de Transporte y Comunicación de acorde a los valores obtenidos del IRI según la aplicación ABAKAL IRI, se reflejan en la tabla a continuación:

Tabla 10

Resumen del estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea según el IRI calculado mediante la aplicación ABAKAL IRI

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA		CALZADA DE BAJADA	
	IRI (m/km)	Estado Vial	IRI (m/km)	Estado Vial
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.845	Muy malo	5.640	Muy malo
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.973	Muy malo	6.206	Muy malo
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.000	Muy malo	6.197	Muy malo
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	6.439	Muy malo	6.247	Muy malo
PROMEDIO	6.064	Muy malo	6.073	Muy malo
IRI PROMEDIO (m/km)	6.069 Muy malo			

Nota. Elaboración Propia

Según los datos calculados y en referencia al IRI promedio calculado de 6.069 m/km mediante la aplicación ABAKAL IRI, se puede calificar el estado vial del pavimento flexible de la Avenida Mariano Necochea como “MUY MALO”, según lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG -2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

5.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI

Con el fin de un correcto análisis se calculará el porcentaje de similitud del IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI.

Tabla 11

Porcentaje de similitud del IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA		CALZADA DE BAJADA	
	IRI (m/km)			
	Rugosímetro de MERLIN	ABAKAL IRI	Rugosímetro de MERLIN	ABAKAL IRI
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.046	5.845	5.799	5.640
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.849	5.973	7.491	6.206
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.835	6.000	6.480	6.197
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	7.328	6.439	6.718	6.247
PROMEDIO	6.265	6.064	6.622	6.073
% de SIMILITUD	96.79 %		91.71 %	

Nota. Elaboración Propia

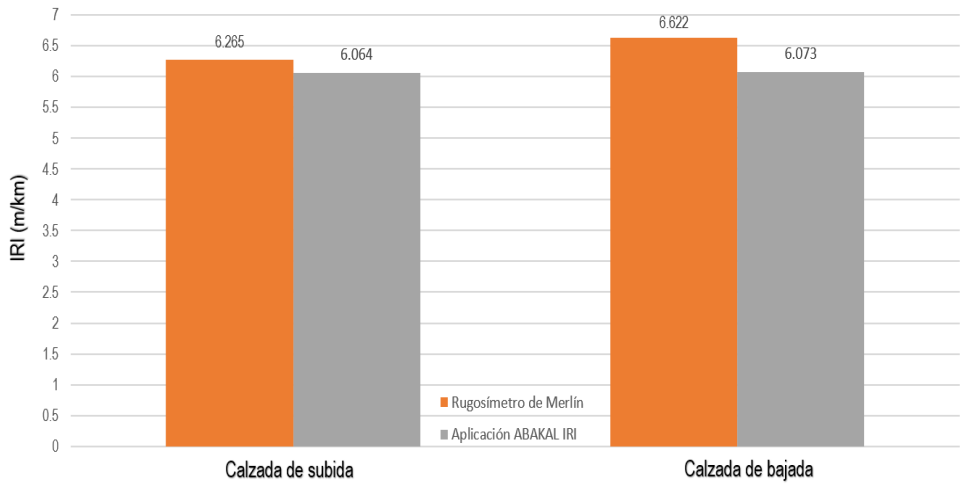
De la tabla líneas arriba, se puede observar que se obtuvieron valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible muy similares. En el caso de la calzada de subida se observa una similitud del 96.79 %, mientras que para la calzada de bajada una similitud del 91.71 %.

De la misma manera, se puede hallar un porcentaje de similitud del 94.18 % de los valores del IRI calculado por la aplicación ABAKAL IRI con respecto al Rugosímetro de MERLIN, para la avenida Mariano Necochea en toda su extensión.

Para un mejor entendimiento la comparación de los valores calculados del IRI se representará mediante la siguiente figura:

Figura 41

Análisis de los resultados del IRI calculado mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI



Nota. Elaboración Propia

5.4. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD Y LA TRANSITABILIDAD MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA APLICACIÓN ABAKAL IRI

Con los valores calculados de IRI mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, se puede calcular el índice de Serviciabilidad mediante la fórmula de Williams Paterson:

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$$

Para posteriormente obtener la Transitabilidad de la vía en función del valor calculado del PSI.

Tabla 12

Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad

Índice de Serviciabilidad	Transitabilidad
0.00 – 1.00	Muy mala
1.00 – 2.00	Mala
2.00 – 3.00	Regular
3.00 – 4.00	Buena
4.00 – 5.00	Muy buena

Nota. Fuente: AASHTO (1993)

Tabla 13

Resultado del Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA			CALZADA DE BAJADA		
	IRI (m/km)	PSI	Transitab.	IRI (m/km)	PSI	Transitab.
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.046	2.00	Mala	5.799	1.74	Mala
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.849	1.73	Mala	7.491	1.28	Mala
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.835	1.44	Mala	6.480	1.54	Mala
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	7.328	1.32	Mala	6.718	1.47	Mala
PROMEDIO	6.265	1.60	Mala	6.622	1.50	Mala
PSI PROMEDIO	1.55 Mala					

Nota. Elaboración Propia

De la tabla líneas arriba, se puede observar que se obtuvieron valores del índice de serviciabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN; para lo cual los valores fueron: PSI promedio de 1.60 para el carril de subida que indica un Transitabilidad “MALA”; mientras que para el carril de bajada un PSI promedio de 1.50 que indica una Transitabilidad “MALA”.

Logrando de esa manera calcular un valor de PSI promedio de la Avenida Mariano Necochea correspondiente a 1.55; que indica una Transitabilidad “MALA”, a lo largo de todo el recorrido de la avenida en estudio.

Tabla 14

Resultado del Índice de Serviciabilidad - Transitabilidad mediante la aplicación ABAKAL IRI

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA			CALZADA DE BAJADA		
	IRI (m/km)	PSI	Transitab.	IRI (m/km)	PSI	Transitab.
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	5.845	1.73	Mala	5.640	1.79	Mala
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	5.973	1.69	Mala	6.206	1.62	Mala
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	6.000	1.68	Mala	6.197	1.62	Mala
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	6.439	1.55	Mala	6.247	1.61	Mala
PROMEDIO	6.064	1.66	Mala	6.073	1.66	Mala
PSI PROMEDIO	1.66 Mala					

Nota. Elaboración Propia

De la tabla líneas arriba, se puede observar que se obtuvieron valores del índice de serviciabilidad mediante la aplicación ABAKAL IRI; para lo cual los valores fueron: PSI promedio de 1.66 para el carril de subida y bajada que indican un Transitabilidad “MALA”.

Logrando de esa manera calcular un valor de PSI promedio de la Avenida Mariano Necochea correspondiente a 1.66; que indica una Transitabilidad “MALA”, a lo largo de todo el recorrido de la avenida en estudio.

Tabla 15

Comparación de la Transitabilidad mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI

Progresiva	CALZADA DE SUBIDA		CALZADA DE BAJADA	
	Transitabilidad			
	Rugosímetro de MERLIN	ABAKAL IRI	Rugosímetro de MERLIN	ABAKAL IRI
Km 0+000.00 - Km 0+400.00	Mala	Mala	Mala	Mala
Km 0+400.00 - Km 0+800.00	Mala	Mala	Mala	Mala
Km 0+800.00 - Km 1+200.00	Mala	Mala	Mala	Mala
Km 1+200.00 - Km 1+600.00	Mala	Mala	Mala	Mala
PROMEDIO	Mala	Mala	Mala	Mala

Nota. Elaboración Propia

De la tabla líneas arriba, se puede observar que la Clasificación de la Transitabilidad “MALA” es igual mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI para la avenida Mariano Necochea en toda su extensión.

CONCLUSIONES

Al analizar los valores del Índice de Rugosidad Internacional, mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, nos indica que, en ambas metodologías, según lo indicado por MTC resulta un estado vial "MUY MALO" para toda la extensión de la Avenida Mariano Necochea. Así mismo, según lo indicado por el AASHTO la avenida en estudio que posee una transitabilidad "MALA". Concluyendo que, ambas metodologías permiten analizar de manera adecuada el Índice de Rugosidad Internacional del Pavimento, para así posteriormente determinar el estado vial del pavimento y su transitabilidad.

Al calcular los valores del Índice de Rugosidad Internacional, mediante el Rugosímetro de MERLIN, se obtuvo un valor IRI promedio de 6.444 m/km para toda la extensión de la Avenida Mariano Necochea, que según lo indicado por MTC resulta un estado vial "MUY MALO". Además, con el valor IRI consecuentemente se calculó el Índice de serviaciabilidad cuyo valor fue de 1.55, que según el AASHTO posee una transitabilidad "MALA".

Al calcular los valores del Índice de Rugosidad Internacional, mediante la aplicación ABAKAL IRI, se obtuvo un valor IRI promedio de 6.069 m/km para toda la extensión de la Avenida Mariano Necochea, que según lo indicado por MTC resulta un estado vial "MUY MALO". Además, con el valor IRI consecuentemente

se calculó el Índice de serviaciabilidad cuyo valor fue de 1.66, que según el AASHTO posee una transitabilidad “MALA”.

Al calcular los valores del Índice de Rugosidad Internacional, mediante el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, se calculó una semejanza del 94.18 % de los valores del IRI calculado por la aplicación ABAKAL IRI con respecto al Rugosímetro de MERLIN, para la avenida Mariano Necochea en toda su extensión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de los ensayos del cálculo del IRI mediante el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, en un tiempo dónde no se encuentre congestionada (menor tráfico), preferiblemente en las madrugadas, con la finalidad de realizar buenas lecturas y evitar accidentes.

Se recomienda la indagación y utilización de las nuevas tecnologías para calcular el índice de rugosidad internacional, tal como lo es la aplicación ABAKAL IRI entre otras innovaciones tecnológicas, para que posteriormente sea considerado una metodología de mayor impacto y su uso sea más frecuente en la evaluación de los pavimentos en el Perú por su menor tiempo de realización y su bajo costo en comparación a otras metodologías.

Se recomienda a la entidad responsable, en este caso la Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva, en función de la presente investigación, considere la evaluación e intervención de forma inmediata o a corto plazo, mediante planes de mantenimiento y/o reconstrucción de la Avenida Mariano Necochea, considera una de las vías primordiales del Distrito de Ciudad Nueva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.* Washinton, D.C.

Acosta, J., Rodríguez, I., Huanacuni, D., Valencia, M., & Flores, A. (2011). *Metalogenia y Geología Económica por Regiones.* Lima: INGEMMET.

Alves, M., Ferreira, B., & Leta, F. (2011). Evaluation of Roughness Parameters using Image Analysis from Different Optical and Electronic Microscopes. *Información tecnológica, 22*(4), 129-146. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000400014

Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica.* Episteme. Recuperado el 20 de Octubre de 2023, de https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf

ASTM E 867. (2006). *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems.* Washington, D.C.

Badilla, G. (Febrero de 2009). Determinación de la regularidad superficial de pavimento mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): Aspectos y consideraciones importantes. *Infraestructura Vial*(21), 30-37. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Badilla/publication/277227990_Determinacion_de_la_regularidad_superfi

cial_del_pavimento_mediante_el_calculo_del_Indice_de_Regularidad_Internacional_IRI/links/57597cf408aec91374a38a73/Determinacion-de-la-regular

Badilla, G. (2010). Ingeniería 20. *Ingeniería - Revista de la Universidad de Costa Rica*, 155-168.

Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*. San José: Unidad de Investigación (UI). Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1463/UI-03-08%20Determinaci%c3%b3n%20de%20un%20procedimiento%20de%20ensayo%20para%20el%20c%c3%a1lculo%20del%20IRI.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Beingolea, H., & Gonzalo, J. (2021). *Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021 (Tesis de Licenciatura).* Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Canpo, B. (2011). La lógica de la investigación científica. Segunda parte. *La Lámpara de Diógenes, 12*(22-23), 207-236. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/844/84421585014.pdf

Copari, P., & Maquera, H. (2021). *Análisis del estado funciones y propuesta de diseño de la carpeta asféltica en la Av. Industrial, Tramo: Av. Hipólito Unanue – Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020 (Tesis de Licenciatura).* Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.* Guatemala. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf

Del Aguila, P. (1999). Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de https://www.academia.edu/download/53799847/Metodologia_para_obtener_la_rugosidad.pdf

Equipo editorial, Etecé. (11 de Junio de 2022). *Smartphone*. Recuperado el 20 de Octubre de 2023, de https://concepto.de/smartphone/

Flores, L. (2022). *Análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el Rugosímetro de MERLIN, dando propuesta de solución en la Av. Los Ángeles Del Distrito De Pocollay, Tacna - 2022 (Tesis de Licenciatura).* Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Forslof, L., & Jones, H. (2015). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smat Phones. *Journal of Civil Engineering and Arquitecture*(9), 485-496. doi:10.17265/1934-7359/2015.04.012

Goicochea, A., & Ibáñez, J. (2020). *Análisis comparativo entre el sistema ROADROID y el procedimiento fotogramétrico para realizar el diagnóstico IRI de la Av. Enrique Meiggs, Chimbote - 2020 (Tesis de Licenciatura).* Lima: Universidad César Vallejo.

Gutiérrez, T. A. (2004). *Índice de Regularidad Internacional.* Programa Infraestructura del Transporte (PITRA). LanammeUCR. Recuperado el 20 de Octubre de 2023, de https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1347/LM-PI-PV-IN-24a-04%20%C3%8Dndice%20de%20regularidad%20internacional.pdf?sequence=1

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). McGraw Hill. Recuperado el 20 de Octubre de 2023, de https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Hinojosa, M., & Reyes, M. (2001). La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías, IV*(11). Obtenido de https://eprints.uanl.mx/10044/1/11_Moises_Hinojosa_et_al_Rugosidad.pdf

Lloclla, A., & Sánchez, K. (2019). *Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del cusco mediante el Aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico BUMP INTEGRATOR B1 – 100 A y Rugosímetro de MERLIN" (Tesis de Lic.* Cusco: Universidad Andina del Cusco.

Mertens, D. (2007). Transformative paradigm. Mixed methods and social justice. *Journal of Mixed Methods Research*(1), 212-225. doi:http://dx.doi.org/10.1177/1558689807302811

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.* Bogotá. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

MTC. (2013). *Manual de "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013".* Lima.

Murillo, W. (2008). *La investigación científica.* Recuperado el 10 de Junio de 2022, de http//www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm

Pérez, J., & Gardey, A. (19 de Enero de 2023). *Pavimento - Qué es, importancia, definición y concepto.* Obtenido de https://definicion.de/pavimento/

PIARC. (2023). *Asociación Mundial de la Carretera*. Obtenido de https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-

Transporte-Carretera/ficha-termino/93788-es-transitabilidad#:~:text=Definici%C3%B3n%20%3A%20Calidad%20funcional%20de%20la,velocidad%20adecuada%20a%20su%20categor%C3%ADa.

Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de Rugosidad Internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN (Tesis de Maestría).* Manabí: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Román, F. (2020). *Metodología para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimento flexibles de Guatemala (Tesis de Maestría).* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ventura, J. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, *43*(4), 648-649. Recuperado el 20 de Octubre de 2023, de https://www.redalyc.org/pdf/214/21453378014.pdf