



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL DE LA SUPERFICIE DEL
PAVIMENTO DE LA CARRETERA IQUITOS NAUTA
KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023**

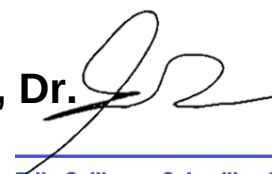
AUTOR:

PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel

Presentado para obtener el título profesional de
INGENIERO CIVIL

Asesor: Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.

ORCID: 0000-0001-9815-6828



Erlin Guillermo Cabanillas Oliva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP 44807

Línea de Investigación: Ingeniería de los materiales y
construcción de infraestructura

San Juan Bautista –Maynas –

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal N° 842-2023-UCP-FCEI, del 06 de diciembre del 2023, se designó jurado.

Con Resolución Decanal N° 140-2025-UCP-FCEI, del 14 de febrero del 2025, se autorizó la sustentación.

Siendo las 10:00 a.m. del día 18 de febrero del 2025, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA IQUITOS NAUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"**.

Presentado por:

RICARDO MIGUEL PORRAS NUÑEZ
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

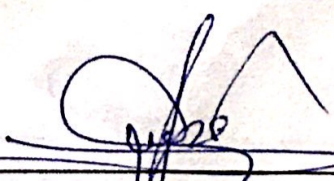
Asesor: Ing. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, Dr.

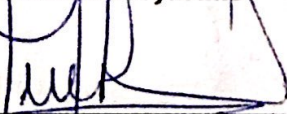
Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

La sustentación es: APROBADA POR UNANIMIDAD

A las 11:20 horas culminó el acto público.

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.


Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.
Presidente del Jurado


Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc.
Miembro del jurado


Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.
Miembro del jurado



"Año de la recuperación y consolidación de la económica peruana"

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética e Integridad Científica

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA
SUPERFICIE DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA IQUITOS NAUTA
KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"**

Del alumno: **RICARDO MIGUEL PORRAS NÚÑEZ**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **13% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 12 de febrero del 2025.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge L. Tapullima Flores', is written over a horizontal line.

Presidente del Comité de Ética e
Integridad Científica
Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores



UCP_CIVIL_2025_TESIS_RICARDO_P ORRAS_V2

13%
Textos
sospechosos



- 3% Similitudes
2% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes
mencionadas
- 2% Idiomas no reconocidos
- 9% Textos potencialmente
generados por la IA

Nombre del
documento: UCP_CIVIL_2025_TESIS_RICARDO_PORRAS_V2.pdf
ID del documento: 569b305305477d5452c543e9573dcee3c5b855e1
Tamaño del documento original: 5,98 MB
Autores: []

Depositante: Chris Angela Ramirez Flores
Fecha de depósito: 12/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 12/2/2025

Número de palabras: 8599
Número de caracteres: 57.093

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unjbg.edu.pe https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1a1b2c6b-23e1-4177-bbe8-cffdd8c8...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)
2	Documento de otro usuario #aad6ef El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	hdl.handle.net Evaluación funcional y la transitabilidad vehicular en el pavimento a... http://hdl.handle.net/20.500.12969/2392 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
4	repositorio.unap.edu.pe https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/20.500.14082/21590/1/Quispe_Quispe_Washington.pdf 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

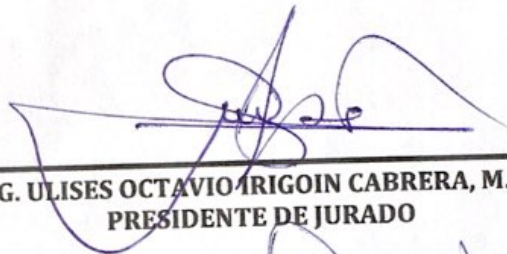
N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upt.edu.pe https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/3677/Mamani-Ticona-Corrales-Hu...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	alicia.concytec.gob.pe Descripción: Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en pavi... https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_58c87bdf11db8eb735eb11916f32b8bd	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	repositorio.undac.edu.pe http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1823/1/T026_47450870_T.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	alicia.concytec.gob.pe Metadatos: Análisis y evaluación de los índices de rugosida... https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAO_565dcdcf073b5b503843e006e2e50a36/Details	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	1library.co EQUIPOS TIPO RESPUESTA (RTRRMS) - EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DE ... https://1library.co/article/equipos-tipo-respuesta-rtrrms-equipos-medición-rugosidad.zx5wm0mw	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)



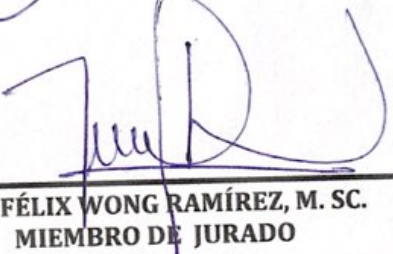
HOJA DE APROBACIÓN PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

BACHILLER: RICARDO MIGUEL PORRAS NUÑEZ

La Tesis sustentada en acto público el día 18 de febrero del 2025, a las 10:00 a.m., en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



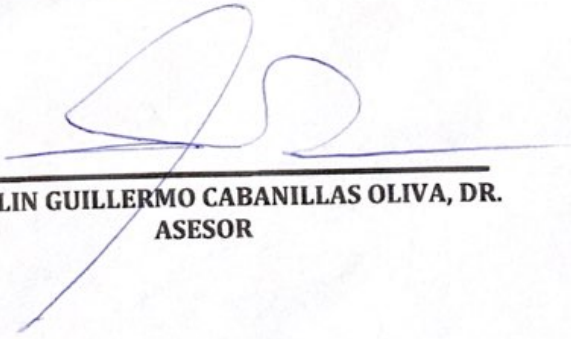
**ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, M. SC.
PRESIDENTE DE JURADO**



**ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, DR.
ASESOR**

DEDICATORIA

A mis seres queridos, por darme valor y fuerza para seguir adelante en superación personal y cumplimiento de mis metas.

El autor

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores que han estado presentes a lo largo de este pregrado por su empeño y profesionalismo. A mi asesor por los amplios conocimientos brindados y así poder culminar con la presente investigación en beneficio de Maynas y Loreto.

El autor

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
Capítulo I : MARCO TEÓRICO	12
1.1 Antecedentes de estudio	12
1.2 Bases teóricas	17
1.2.1 Carreteras	17
1.2.1.1 Una breve Reseña	17
1.2.1.2 Definición de carretera	17
1.2.1.3 Clasificación de las carreteras por su demanda	18
1.2.2 Pavimento	19
1.2.2.1 Definición	19
1.2.3 Rugosidad de la superficie pavimentada	19
1.2.3.1 Rugosidad	19
1.2.3.2 Probables orígenes de la rugosidad	21
1.2.3.3 Bondades de un pavimento cuando no hay rugosidad.	22
1.2.3.4 Lo que afecta la rugosidad en las vías que tienen pavimento	22
1.2.3.5 Importancia	23
1.2.3.6 Conservación de Pavimentos	24
1.2.3.6.1 Conservación Vial	24
1.2.3.6.2 Conservación Rutinaria	24
1.2.4 Índice de rugosidad internacional - (IRI)	25
1.2.4.1 El IRI, sus características y escalas	25
1.2.4.2 Detalles técnicos en toma de medidas para calcular la rugosidad	28
1.2.5 Métodos y equipos para evaluar la rugosidad	30
1.2.5.1 Los equipos denominados estáticos	31
1.2.5.2 Equipos dinámicos	31
1.2.5.2.1 Walking Profiler	32
1.2.5.2.2 Perfilógrafo California	33

1.2.6	La serviciabilidad usual en los pavimentos.....	34
1.2.6.1	Evaluación de la Serviciabilidad.....	34
1.2.7	el rugosímetro de Merlín	36
1.2.7.1	Un esquema para representar cuáles son las partes del equipo MERLÍN en vías pavimentadas.....	36
1.2.8	Presentación del método a aplicar para calcular la rugosidad mediante el Merlín	39
1.2.8.1	<i>Fundamentación teórica de la rugosidad</i>	39
1.2.8.2	Determinación de la Correlación D vs IRI	41
1.2.9	La correlación del PSI con el IRI	42
1.3	.Definición de términos básicos.....	44
1.3.1	Las Vías Principales Urbanas	44
1.3.2	Rugosidad Superficial.....	44
1.3.3	Comportamiento de una Vía.....	44
1.3.4	El Nivel de Servicio de la vía.....	45
1.3.5	El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	45
Capítulo II : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		46
2.1	Descripción del problema	46
2.2	Formulación del problema.....	47
2.2.1	Problema general	47
2.2.2	Problemas específicos	47
2.3	Objetivos.....	48
2.3.1	Objetivo general	48
2.3.2	Objetivo específicos	48
2.4	Hipótesis	48
2.5	Variables	48
2.5.1	Identificación de variables	48
2.5.2	Definición conceptual y operacional de las variables	49
2.5.2.1	Definición Conceptual.....	49
2.5.2.2	Definición Operacional	50
2.5.3	Operacionalización de Variables	50
Capítulo III : METODOLOGÍA		51
3.1	1 Tipo y diseño de la investigación	51
3.1.1	Tipo de investigación.....	51
3.1.2	Diseño de investigación	51
3.2	Población y muestra.....	52
3.2.1	Población	52
3.2.2	Muestra.....	52
3.3	Técnicas, instrumentos y método de recolección de datos..	52

3.3.1	Técnicas de recolección de datos.....	52
3.3.2	Instrumento de recolección de datos.....	53
3.3.3	Procedimiento de Recolección de datos.....	53
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	53
Capítulo IV RESULTADOS.....		54
4.1	Datos obtenidos del carril derecho	54
4.2	Datos obtenidos del carril izquierdo	55
4.3	Cálculo del IRI total de ambos lados.....	57
Capítulo V : DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		58
5.1	Discusión.....	58
5.2	Conclusiones.....	60
5.3	Recomendaciones.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		62
Anexo 1.	Instrumento de recolección de datos.....	64
Anexo 2.	Zona de estudio	65
Anexo 3.	Matriz de consistencia.....	66
Anexo 4.	Cuadros del Cálculo IRI – Rugosidad Merlin.....	68
a)	Rugosidad Merlín tramo 0+000 a 0+400 Carril derecho.....	68
b)	Rugosidad Merlín tramo 0+400 a 0+800 Carril derecho.....	69
c)	Rugosidad Merlín tramo 0+800 a 1+200 Carril derecho.....	70
d)	Rugosidad Merlín tramo 1+200 a 1+600 Carril derecho.....	71
e)	Rugosidad Merlín tramo 1+600 a 2+000 Carril derecho	72
f)	Rugosidad Merlín tramo 2+000 a 2+400 Carril derecho	73
g)	Rugosidad Merlín tramo 2+400 a 2+800 Carril derecho	74
h)	Rugosidad Merlín tramo 2+800 a 3+200 Carril derecho	75
i)	Rugosidad Merlín tramo 0+000 a 0+400 Carril izquierdo	76
j)	Rugosidad Merlín tramo 0+400 a 0+800 Carril izquierdo	77
k)	Rugosidad Merlín tramo 0+800 a 1+200 Carril izquierdo	78
l)	Rugosidad Merlín tramo 1+200 a 1+600 Carril izquierdo	79
m)	Rugosidad Merlín tramo 1+600 a 2+000 Carril izquierdo.....	80
n)	Rugosidad Merlín tramo 2+000 a 2+400 Carril izquierdo	81
o)	Rugosidad Merlín tramo 2+400 a 2+800 Carril izquierdo	82
p)	Rugosidad Merlín tramo 2+800 a 3+200 Carril izquierdo	83
Anexo 5.	Panel fotográfico	84

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1 VALORES IRI.	25
TABLA 2 SE PRESENTA LA RUGOSIDAD AL INICIO EN METROS POR KILÓMETRO FUENTE: MANUAL DE CARRETERAS	28
TABLA 3 REPRESENTACIÓN DEL CONSOLIDADO DE LAS EXIGENCIAS DE RUGOSIDAD EN PERMISOS DE VÍAS EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ.....	30
TABLA 4 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA MEDIR EL IRI EN LAS VÍAS.	30
TABLA 5 EL ÍNDICE PARA DETERMINAR LA SERVICIABILIDAD.	35
TABLA 6 ESCALA DE CLASIFICACIÓN	36
TABLA 7RANGOS CARACTERÍSTICO Y VALORES CORRESPONDIENTES AL IRI Y EL PSI.	43
TABLA 8 CARRIL DERECHO	54
TABLA 9 CARRIL IZQUIERDO	55
TABLA 10 RESUMEN AMBOS CARRILES.....	57
TABLA 11 INSTRUMENTO DE CAMPO	64
TABLA 12 PLANTILLA PARA PRESENTAR EL IRI	64
FIGURA 1SUPERFICIE DE UN PAVIMENTO.....	20
FIGURA 2 SE PRESENTA EL IRI, PARA QUE SEA CUANTIFICADO (SAYERS Y KARAMIHAS,1998)	27
FIGURA 3 LEVANTAMIENTOS.	31
FIGURA 4 EQUIPO DE CLASE I: PERFILÓMETRO LASER	32
FIGURA 5 VISTA DEL EQUIPO DE CLASE I: THE WALKING PROFILER.....	33
FIGURA 6 EQUIPO DE CLASE II: PERFILOGRAFO CALIFORNIA.....	34
FIGURA 7 RUGOSIMETRO MERLÍN	37
FIGURA 8 ESQUEMA DEL MELIN	37
FIGURA 9 PRESENTACIÓN DEL ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO DEL RUGOSÍMETRO MERLÍN . (DEL ÁGUILA RODRÍGUEZ, 2000)	38
FIGURA 10 ESCALA PARA LA DISPERSIÓN.....	39
FIGURA 11 CÓMO SE MIDE LAS DESVIACIONES.....	40
FIGURA 12FIGURA 16. GRÁFICO DEL HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DISTRIBUIDAD PARA MUESTRA DE 200 MEDICIONES CONSECUTIVAS.....	40
FIGURA 13 CORRELACIÓN PSI – IRI	43

RESUMEN

En esta investigación se tiene como objetivo la determinación del *Índice de Rugosidad Internacional* (IRI) de carpeta asfáltica en la carretera Iquitos-Nauta, en el tramo ubicado entre el km 0+000 y el km 3+200, ubicado en Maynas, Loreto, en el año 2023.

Se usó el equipo MERLÍN , efectuando 8 unidades de muestreo distribuidas a lo largo de los 3.2 km evaluados, en los carriles derecho e izquierdo.

El resultado indica que en el carril derecho se alcanzó un IRI promedio de 2.4, clasificado como “Regular”, mientras que en el carril izquierdo se obtuvo un IRI promedio de 2.38, igualmente clasificado como “Regular”.

En conjunto, el análisis de toda el área evaluada arrojó un IRI promedio de 2.39, lo que permite concluir que la condición del pavimento presenta una severidad calificada como “Regular”.

PALABRAS CLAVE:

Rugosidad superficial, *Índice de Rugosidad Internacional*, severidad del pavimento.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the International Roughness Index (IRI) of the pavement surface on the Iquitos-Nauta highway, in the section between km 0+000 and km 3+200, located in Maynas, Loreto, in the year 2023.

The MERLÍN equipment was used, carrying out 8 sampling units distributed along the 3.2 km evaluated, both in the right and left lanes.

The result indicates that in the right lane an average IRI of 2.4 was reached, classified as “Regular”, while in the left lane an average IRI of 2.38 was obtained, also classified as “Regular”.

Altogether, the analysis of the entire evaluated area showed an average IRI of 2.39, which allows us to conclude that the condition of the pavement presents a severity classified as “Regular”.

KEYWORDS:

Surface roughness, International Roughness Index, pavement severity.

Capítulo I : MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de estudio

En el análisis realizado por Goicochea Montoya en su tesis denominada "Estudio del Índice de Rugosidad Internacional para un Proyecto Vial Serpenteante Concesionado en Perú", dicho trabajo efectúa una observación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en un proyecto vial, proponiendo un componente para determinar hasta dónde puede ser tolerable la rugosidad promedio deslizante, tal como lo establecen los contratos de concesiones de carreteras. Esta propuesta se fundamenta en la información recopilada durante la ejecución de una rehabilitación vial.

Según los resultados de esta investigación, se deduce que para las vías de acceso en Perú, el impacto de desviación horizontal es el medida más determinante en el valor de IRI, ya que tiene implícitamente cuatro variaciones de pendiente identificado de forma explícita, en comparación con las curvas verticales que sólo muestran tres. Muestra la influencia del IRI causada justo al aumentar curvas y la mayor cantidad de curvas horizontales.

El análisis también encontró una tendencia entre el valor del IRI de diseño y el grado de curvatura aunque se concluye que para obtener una correlación más precisa habría que invertir más en la elaboración de planos de diseño detallados que muestren datos reales se utilizó un modelamiento digital del terreno basado en un levantamiento topográfico de la ruta existente, lo que limitó la precisión del análisis.

En el contexto de los contratos de concesión, la relación derivada que vincula el grado de curvatura con el IRI de diseño puede ser aplicada para

definir umbrales admisibles en el control de medidas y niveles de servicio, tal como se ha implementado en algunos contratos de concesión vigentes. (Montoya Goicochea, 2013)

El estudio titulado "Análisis del Índice de Rugosidad Internacional de la Carretera Panamericana Norte - zona Trujillo, para su mantenimiento", presentado en Trujillo, Perú, en 2016 como parte de una tesis de maestría en transportes y conservación vial, tiene como objetivo evaluar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la carretera Panamericana Norte, específicamente en Trujillo. El análisis está enfocado en garantizar un mantenimiento adecuado de la vía, considerando los aspectos socioeconómicos vinculados a la gestión vial, con el fin de optimizar la durabilidad y funcionalidad del pavimento en esa región.

Estas especificaciones definen los estándares de calidad y serviciabilidad que deben cumplir las infraestructuras viales a nivel nacional. (Sachún Quispe, 2016)

Chura y Flores (2023) en la tesis "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", encontraron que el pavimento está en muy mal estado. Usando el rugosímetro MERLIN, midieron un IRI promedio de 6.44 m/km, lo cual, según el MTC, indica que la vía está en condiciones "MUY MALAS". Además, calcularon el índice de serviciabilidad (PSI), que fue de 1.55, lo que refleja una mala transitabilidad según estándares de AASHTO. En resumen, el pavimento necesita una intervención urgente. (Chura Bautista & Flores Coapaza, 2023)

Quispe Huanca (2023) en su tesis "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de MERLIN – Abancay, 2023", descubrió que el pavimento tiene una rugosidad bastante alta (4.52 m/km), superando el límite aceptable de 2.5 m/km. El PSI también fue bajo

(1.55), lo que significa que la vía no ofrece una buena experiencia de manejo. Basado en estos resultados, recomienda rediseñar la estructura del pavimento para mejorar la transitabilidad. (Quispe Huanca, 2023)

Chambilla y Ramos (2021) en su tesis “Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de Merlín y el aplicativo IRI-calcfree en la avenida Simón Bolívar, Puno” Estos investigadores evaluaron el pavimento de la Av. Simón Bolívar en Puno usando el MERLIN y una app llamada IRI-Calcfree. Los resultados mostraron un estado “Regular” en algunos tramos (con IRI entre 3.28 y 3.85 m/km) y “Malo” en otros (4.21 m/km). Esto indica que la vía necesita mejoras, especialmente en los tramos más deteriorados. (Chambilla Velásquez & Ramos Deza, 2021)

Gonzalo y Beingolea (2021), en su tesis “Aplicación del smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna – 2021”, aplicaron tanto el MERLIN como una app para smartphones (ABAKAL IRI) y hallaron un IRI de 4.61 m/km, lo que según la clasificación del MTC califica la vía como “MALA”. En conclusión, la vía está en condiciones deficientes para el tránsito y requiere intervenciones de mantenimiento. (Gonzalo López & Beingolea Villarreal, 2021)

Carhuapoma Carlos (2019), en su tesis “Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019”, encontró que la vía tiene un nivel de servicio “Regular”. El IRI fue de 3.78 m/km y el PSI de 2.65. Aunque la vía aún es transitable, presenta signos de desgaste que podrían empeorar si no se realiza un mantenimiento adecuado. (Carhuapoma Carlos, 2019)

Choque y Pilco (2023) en la tesis “Análisis comparativo entre aplicación de rugosímetro de Merlín y aplicativo celular para el cálculo del índice de rugosidad internacional en la avenida Collpa tramo ovalo Cuzco – Avenida Educadores, Tacna – 2023” Compararon el MERLIN con una app móvil en la Av. Collpa de Tacna. Ambos métodos arrojaron resultados similares: el IRI estuvo entre 5.92 y 6.80 m/km, lo que indica un estado “MUY MALO” para la vía. Esto demuestra que tanto el MERLIN como la app son útiles para evaluar pavimentos y que la avenida necesita mejoras urgentes. (Choque Cariapaza & Pilco Chumbe, 2023)

Quispe (2024), en la tesis “Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en pavimentos flexible mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de Merlín en la vía MO-590-Moquegua”, usó drones a diferentes alturas para medir la rugosidad. Descubrió que mientras más alto vuela el dron, mayor es el IRI. A 20 metros de altura, el IRI fue de hasta 10.71 m/km en algunos tramos, lo cual es alarmante. A menor altura, el IRI fue más bajo, mostrando la importancia de considerar la altura en este tipo de mediciones. (Quispe Quispe, 2024)

Erick Saltos (2023) en la tesis “Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de la vía Los Ángeles-Andil”, concluyó que el pavimento tiene algunas ondulaciones leves, pero no afectan mucho la circulación. El IRI medido con el MERLIN mostró que la superficie está en buenas condiciones, con una mezcla asfáltica de buena calidad. (Saltos Zavala, 2023)

Homero Tingal (2021) en la tesis “Análisis del Índice de Rugosidad Internacional (iri) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de MERLIN”, encontró que la rugosidad está dentro de niveles aceptables (IRI entre 1.07 y 1.10 m/km), lo que significa que la vía está en buenas condiciones para la circulación. Según los estándares internacionales, se puede

conducir de manera cómoda a velocidades de hasta 120 km/h en esta carretera. (TIngal Limay, 2021)

Cáceres y Segura (2018) en la tesis “Análisis y evaluación de los índices de rugosidad de la Panamericana Norte – Trujillo, usando el método de Road and Level y el método de Merlín ”, realizaron pruebas usando tanto el método MERLIN como el método tradicional con nivel y mira. Encontraron que el MERLIN es más eficiente, ya que permite recolectar datos más rápido. Sin embargo, ambos métodos coincidieron en que algunos tramos necesitan mejoras debido a la rugosidad detectada. (Cáceres Vásquez & Segura Nunur, 2018)

En la tesis de Vásquez Álava (2021), “Medición del índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático MERLIN y nivel de severidad en la avenida Guardia Civil, Iquitos 2021” se determinó que la aplicación del rugosímetro MERLIN permite determinar tanto el IRI como el PSI del presente. Los resultados en la presente aplicación de la metodología a la avenida Guardia Civil demuestran que la vía se encuentra en un nivel de servicio REGULAR, ya que el PSI del presente fue de 2.45, mientras que su IRI de 3.935 la categoriza que se encuentra en estado MALA, demostrando que su pavimento necesita recibir mejorías. (Vásquez Álava, 2021)

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Carreteras

1.2.1.1 Una breve Reseña

Las vías terrestres tienen sus raíces en las primeras rutas de transporte empleadas por los seres humanos, las cuales eran meros senderos configurados por el uso repetido de personas y animales. Las civilizaciones tempranas, como la mesopotámica y la egipcia, desarrollaron caminos de tierra compactada para facilitar el comercio y la movilización militar. Sin embargo, los romanos son considerados pioneros en la construcción de carreteras estructuradas, con su extensa red de caminos pavimentados con piedras que unían su inmenso imperio y permitían el movimiento eficiente de tropas, mercancías e individuos.

Con la Revolución Industrial y la aparición de los vehículos motorizados, las necesidades de transporte incrementaron y se impulsó el desarrollo de vías terrestres modernas. En el siglo XX, la edificación de calzadas pavimentadas, autopistas y autovías se expandió rápidamente, sobre todo con la introducción del asfalto y el hormigón como materiales de pavimentación. Las carreteras se convirtieron en la esencia del progreso económico, social y urbano de los países, facilitando la conectividad entre regiones y fomentando el comercio y el turismo.

Debido a esta falta de atención, hoy en día existen numerosas carreteras, tanto recién construidas como rehabilitadas, que no cumplen con las normas de calidad respecto a la rugosidad superficial.

1.2.1.2 Definición de carretera

Las vías terrestres que enlazan diversas zonas geográficas cumplen el importante papel de transportar de forma eficiente y protegida mercancías

y personas a través de largas distancias, adaptando su diseño y construcción a normas técnicas variables según el tipo de vehículos que las transitan, la orografía del terreno y las condiciones climáticas imperantes. Las carreteras pueden estar pavimentadas (con asfalto, cemento u otros materiales) o no pavimentadas, dependiendo de su uso y localización. Su finalidad principal radica en facilitar el tránsito expedito aunque también deben garantizar la seguridad vial, por lo que los proyectistas consideran múltiples aspectos a la hora de trazar el trazado más adecuado que suele ser el camino más directo de un punto a otro a no ser que el relieve del terreno obligue a desviaciones.

1.2.1.3 Clasificación de las carreteras por su demanda

Existen diversas clasificaciones de carreteras según factores como su demanda, su diseño y su capacidad para manejar determinados volúmenes de tráfico. Entre las principales categorías se encuentran:

Autopistas y autovías: Estas imponentes vías son las arterias del transporte, diseñadas para soportar un flujo constante de vehículos a gran velocidad, especialmente de automóviles y camiones. Con varios carriles en cada sentido y sistemas que garantizan alta seguridad, conectan grandes urbes y polos industriales.

Carreteras departamentales: De tamaño más modesto pero igual de importantes, enlazan ciudades y pueblos en extensas regiones. Aunque a veces estrechas, se mantienen en buen estado para servir a todo tipo de conductores.

Caminos rurales: Encontramos estas calzadas en áreas despobladas, generalmente poco transitadas salvo por autos y furgonetas. Algunas ni siquiera están pavimentadas, pues no es prioritario su mantenimiento continuo dada la escasa actividad vial.

1.2.2 Pavimento

1.2.2.1 Definición

Es un producto compuesto de varias capas de materiales seleccionados y dispuestos de manera específica sobre una subrasante natural o mejorada.

La AASHTO clasifica los pavimentos en dos tipos principales:

Pavimentos flexibles: Son aquellos que están formados por capas de materiales que permiten cierta flexibilidad y deformación bajo la acción de las cargas. El asfalto es el material principal utilizado en este tipo de pavimentos. Las capas están diseñadas para trabajar en conjunto, distribuyendo gradualmente la carga hacia la subrasante.

Pavimentos rígidos: Estos pavimentos están contruidos principalmente con concreto hidráulico, un material que tiene una mayor rigidez y resistencia a la deformación. A diferencia de los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos distribuyen las cargas de manera más uniforme a lo largo de una superficie mayor, lo que reduce el estrés en la subrasante.

1.2.3 Rugosidad de la superficie pavimentada

1.2.3.1 Rugosidad

Existen numerosas formas de clasificar las carreteras atendiendo a aspectos como la capacidad para acoger determinados volúmenes

de tránsito, el diseño vial o las necesidades de movilidad. Entre las principales figuran:

Autopistas y autovías: Estas vastas arterias, proyectadas para garantizar un flujo constante de vehículos a gran velocidad principalmente de automóviles y camiones, conectan las grandes urbes y polos industriales. Con varios carriles en ambos sentidos y sistemas encaminados a maximizar la seguridad, constituyen los ejes vertebradores del transporte.

Carreteras departamentales: De tamaño más modesto pero no menos importantes, enlazan pueblos y ciudades en amplias regiones. Aunque en ocasiones estrechas, se mantienen en buen estado para servir a todo tipo de conductores.

Caminos rurales: Encontramos estas vías en zonas escasamente pobladas, normalmente poco frecuentadas salvo por automóviles y furgonetas. Algunas ni siquiera están pavimentadas, dado que no es prioritario su mantenimiento constante debido a la escasa actividad vial.

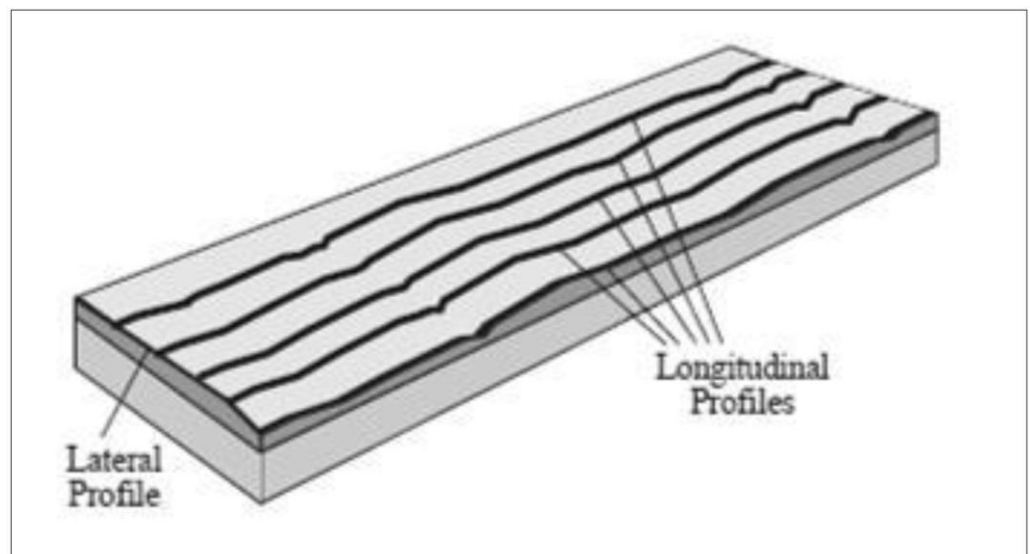


Figura 1Superficie de un pavimento.

1.2.3.2 Probables orígenes de la rugosidad

Las interrupciones frecuentes en el funcionamiento de la maquinaria de pavimentación, tales como paradas y reinicios repentinos, generan desniveles en la superficie final.

Las juntas deficientes en la construcción deben inspeccionarse y arreglarse a tiempo, mientras la mezcla todavía conserve la temperatura apropiada para su compactación uniforme.

El exceso de rastrillado del material colocado puede causar irregularidades en la capa superficial si no se controla debidamente.

Una compactación inconsistente o detener el rodillo sobre el asfalto caliente afecta la uniformidad del proceso de compactación.

Una mezcla asfáltica sin homogenizar provoca variaciones en la textura y resistencia de la superficie terminada.

Maniobras incorrectas de los camiones de transporte podrían dañar la superficie durante el proceso de descarga si no se llevan a cabo con precaución.

Diferencias en la temperatura del material colocado se traducen en desigualdades en el grado de compactación, pues los lotes más fríos no alcanzan el mismo nivel que los cargamentos más calientes.

1.2.3.3 Bondades de un pavimento cuando no hay rugosidad.

Cuando la superficie posee escasa aspereza, el pavimento provee mayor resistencia. Una textura suave otorga durabilidad en el tiempo.

Se extiende enormemente la vida útil de la carpeta vial, garantizando un rendimiento óptimo a largo plazo. Un acabado liso asegura funcionar por largos años.

Se requiere menos consumo de combustible y menos gastos en mantención. En cuanto a costos de preservación de la calzada, estos se reducen significativamente.

Los desembolsos para la conservación del pavimento se reducen en gran magnitud. Una superficie nivelada reduce las erogaciones requeridas.

Se disminuyen las cargas dinámicas que afectan perniciosamente la estructura del pavimento, lo cual preserva su integridad. Las tensiones se disminuyen, incrementando significativamente la vida de la calzada.

1.2.3.4 Lo que afecta la rugosidad en las vías que tienen pavimento.

La vejez del pavimento determina su desgaste y deterioro gradual a lo largo del tiempo. Cuanto más tiempo haya pasado, mayor será su degradación.

El alto volumen de tráfico vehicular somete a la superficie a mayores tensiones y esfuerzos, acelerando su desgaste progresivo a través de los años.

El grosor de las diferentes capas que componen el pavimento define su capacidad para soportar el peso de los vehículos que circulan en él. Un espesor menor no le permite resistir la constante presión de automóviles y camiones que transitan sobre la calle día tras día.

El número estructural del piso, indicador de su diseño y materiales, determina en gran medida su resistencia y durabilidad frente al uso.

Las propiedades del lecho de base granular, sobre todo su contenido hídrico, inciden en la estabilidad del conjunto.

El porcentaje de partículas finas menores a 0,20 mm que pasan el tamiz puede comprometer la compactación óptima.

La gravedad y magnitud de los daños preexistentes en el firme determinan su funcionalidad y servicio.

1.2.3.5 Importancia

La textura en los caminos es un elemento esencial para que la gente se sienta segura en las calles. Una superficie con la textura adecuada fomenta una conducción más cauta y eficiente. Por otro lado, una textura deficiente afecta directamente a los dueños de los vehículos, ya que las anomalías en la superficie pueden disminuir la circulación, incrementar el desgaste de neumáticos y elevar los costos de combustible.

Estas imperfecciones en la superficie del pavimento incrementan los daños patológicos que pueden tener las vías aumentando los gastos en mantenimiento y/o reparación.

De ninguna manera, monitorear el tema de la textura, es útil para prevenir el mantenimiento y optimizar la durabilidad y el beneficio de la infraestructura vial.

1.2.3.6 Conservación de Pavimentos

1.2.3.6.1 Conservación Vial

La conservación vial abarca aquellas actividades llevadas a cabo para preservar una carretera y sus componentes anexos en óptimas condiciones para el tránsito. Esto debe estar en sintonía con las características geométricas y la capa de rodadura originales en el momento de construcción, o con el estado alcanzado luego de las mejoras realizadas a lo largo del tiempo. Del mismo modo, la preservación de las vías requiere conservar tanto las características iniciales propias de su diseño como la configuración adquirida tras las sucesivas mejoras realizadas a través de los años.

1.2.3.6.2 Conservación Rutinaria

La preservación rutinaria comprende tareas continuas y permanentes en las diversas secciones de la carretera. Su meta principal es conservar los componentes viales con el menor nivel de alteración o daño posible, manteniendo las condiciones originales después de la construcción o rehabilitación. Estas actividades tienen un carácter preventivo e incluyen partidas como trabajos preliminares que consisten en dejar limpia la vía a nivel de cota, permitiendo la evacuación del agua superficial producto de lluvias sobre la calzada, también incluye la desbroza de maleza u hierbas que crezcan en las zonas que abarca toda la calzada y derecho de vía.

1.2.4 Índice de rugosidad internacional - (IRI)

El índice Internacional de Rugosidad, conocido también por sus siglas en inglés IRI, es un patrón estandarizado para cuantificar el estado de la superficie en vías y autopistas pavimentadas. Gracias a esta medida objetiva, es posible evaluar la calidad superficial del firme mediante distintos equipos de medición, obteniendo una valoración comparable e independiente del operador. El IRI ofrece una única escala de referencia que permite tipificar el estado de la capa de rodadura e identificar irregularidades en determinados tramos. Este índice resulta clave para aprobar la recepción de nuevas vías al funcionar como un parámetro fundamental en el control de calidad. En el caso de viales en explotación, el IRI también se utiliza para supervisar su evolución a lo largo del tiempo, fijando umbrales de alerta que indiquen el momento oportuno para realizar estudios de patologías o programar tareas de mantenimiento en función de la importancia de la vía.

1.2.4.1 El IRI, sus características y escalas

Este índice se expresa en milímetros por cada metro (mm/m), metros por cada kilómetro (m/km) u pulgadas por cada milla (in/mi).

De acuerdo con la Norma CE.010 y las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que serán usadas como referencia para este análisis, los parámetros empleados para clasificar un pavimento con base en su rugosidad, medida a través del IRI, son los siguientes:

Tabla 1 Valores IRI.

ESTADO	VIAS PAVIMENTADAS	VIAS NO PAVIMENTADAS
	RUGOSIDAD	RUGOSIDAD
BUENO	$0 < \text{IRI} \leq 2.8$	$\text{IRI} \leq 6$
REGULAR	$2.8 < \text{IRI} \leq 4.0$	$6 < \text{IRI} \leq 8$
MALO	$4 < \text{IRI} \leq 5.0$	$10 \leq \text{IRI}$
MUY MALO	$5 < \text{IRI}$	$9 < \text{IRI} \leq 10$

IRI desde 0 hasta 12 : Vías que están con pavimento

IRI desde 0 hasta 20 : Vías que están sin pavimentar

Tras realizar múltiples estudios sobre diferentes tipos de pavimentos con variadas texturas superficiales, se fija la velocidad máxima permitida en relación con la rugosidad de la calzada. Esta tabla es sumamente importante, puesto que funciona como base para establecer los límites de aspereza en diversos proyectos de acuerdo a la velocidad autorizada. Asimismo, la investigación consideró factores como la fricción, la adherencia y la seguridad vial al determinar la relación proporcional entre el estado de la capa de rodadura y la velocidad permitida.

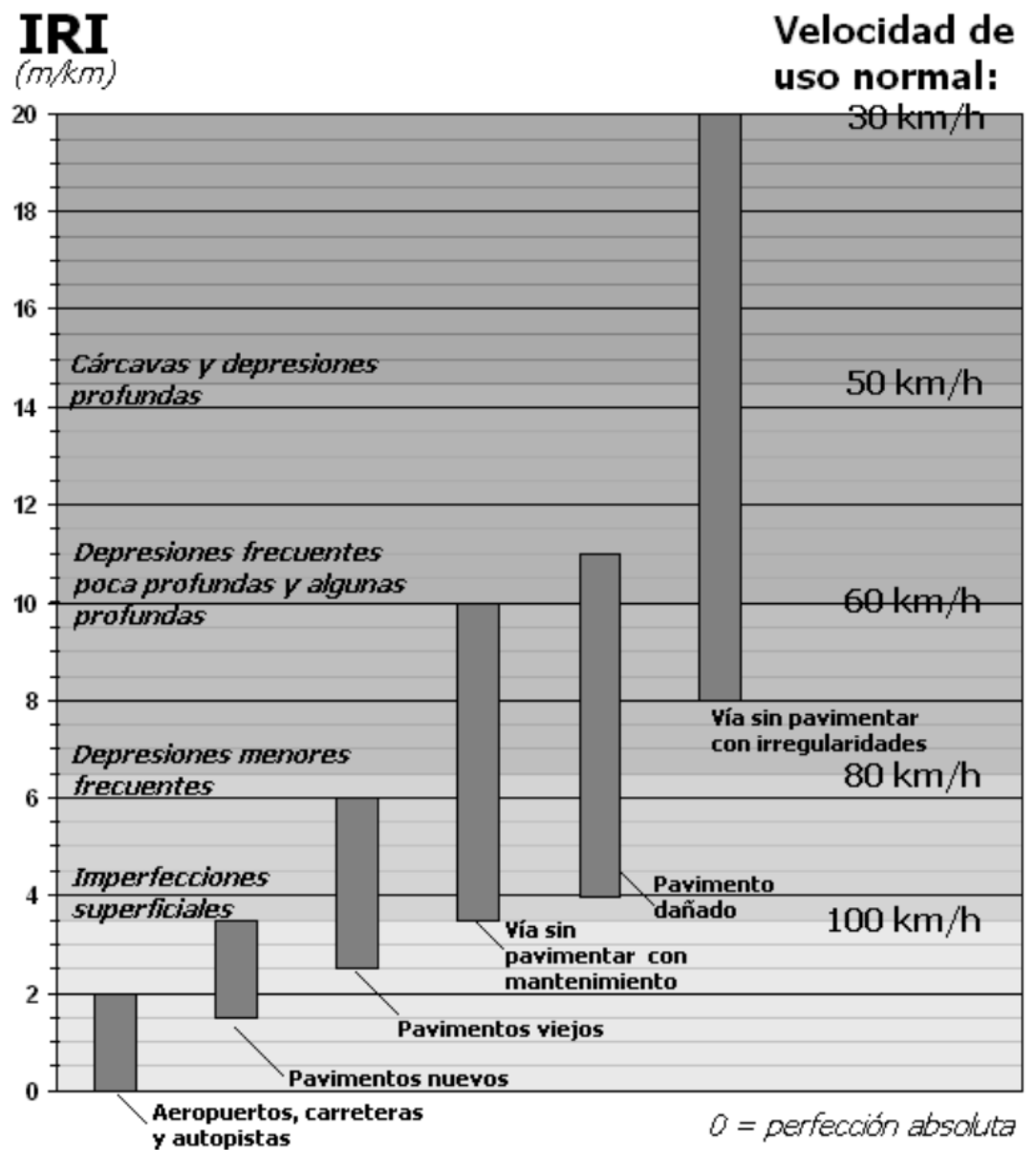


Figura 2 Se presenta el IRI, para que sea cuantificado (Sayers y Karamihas,1998)

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Período de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas, carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril; carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase, carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzadas de dos carriles	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase, carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzadas de dos carriles	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase; carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzadas de dos carriles	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito; carreteras con un IMDA $\leq$ 200 y 201 veh/día, de una calzadas	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Tabla 2 Se presenta la *Rugosidad al inicio en metros por kilómetro* Fuente: Manual de Carreteras

1.2.4.2 Detalles técnicos en toma de medidas para calcular la rugosidad

Las descripciones técnicas iniciales utilizadas en el ámbito peruano para medir la rugosidad de los pavimentos relacionaban el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) con el Índice de Servicio del Pavimento (PSI), que se empleaba para el diseño de nuevos pavimentos (Montoya, J. 2013). Según la escala de Sayers, un valor equivalente de PSI a un IRI de 1,23 metros por kilómetro debía alcanzarse mediante métodos constructivos convenidos. Posteriormente, el MTC emitió una opinión correspondiente, flexibilizando el límite máximo para áreas pavimentadas nuevas, estableciendo la rugosidad promedio máxima equivalente a 1,5 metros por kilómetro.

Cuando el pavimento es de recape o con refuerzos de asfalto, también se determinó que la rugosidad no debía exceder los 3 metros por kilómetro y como límite los 2 metros por kilómetro.

En 1995, a través del PERT, se introdujeron nuevas especificaciones técnicas para el control de la rugosidad, las cuales han sido incorporadas en los requisitos para recibir obras civiles. Estas especificaciones mencionan que la rugosidad debe controlarse mediante el cálculo del IRI y del IRIc, cuya ecuación es:

$$IRIc = IRIp + 1.645 d$$

Donde IR = IRI el característico
 IR = IRI el promedio
 Ip = la desviación estándar
 d

La textura superficial del pavimento es un factor determinante en la evaluación de su calidad. De acuerdo al coeficiente de correlación adoptado, el 95% de la carpeta vial presentará una rugosidad menor o igual al Índice Internacional de Rugosidad Característico (IIRC). Bajo este contexto, la recepción de las obras civiles será aprobada si se satisfacen los criterios siguientes:

- a) Para calzadas nuevas, el IIRC debe ser ≤ 2.0 metros por kilómetro.
- b) En los tramos sometidos a refuerzo, el IIRC debe ser ≤ 2.5 m/km.
- c) En sectores que recibieron sellado, el IIRC debe ser ≤ 3.0 m/km.

Asimismo, en la Tabla 03 se presenta un cuadro consolidado que especifica los umbrales de rugosidad exigidos para vías construidas en el Perú entre 1994 y 2010.

CONCESIÓN	Año	Metodología	IRI				
			Obras Nuevas	Operación	Tolerancia	IMD (veh/día)	Velocidad de diseño (Km/h)
Arequipa - Matarani	1994	IRI promedio	2.0	2.0	No	2,500	60
Red Vial N° 5	2003	IRI promedio	3.5	3.5	No	3,500	75
Red Vial N° 6	2005	IRI promedio	2.0	3.0	20% y 15%	4,500	75
IIRSA norte, IIRSA sur, tramos 2,3 y 4	2006	IRI Media deslizante	2.5 / 3.5	3.5 / 4.0	20% y 15%	400	50
IIRSA sur tramos 1 y 5	2007	IRI Media deslizante	2.0 / 2.5	3.5 / 4.0	No	400	50
Buenos Aires - Canchaque	2007	IRI Media deslizante	2.5 / 3.0	3.5 / 4.0	No	200	50
Autopista del Sol	2009	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	3,000	75
IIRSA centro T-2	2010	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	4,000	50

Tabla 3 Representación del Consolidado de las exigencias de rugosidad en permisos de vías en la república del Perú.

1.2.5 Métodos y equipos para evaluar la rugosidad

CLASIFICACION DE EQUIPO	CLASIFICACION SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETIN TECNICO N° 46	CLASIFICACION SEGÚN ASTM E-950-98	
	REQUERIMIENTOS	INTERVALOS LONGITUDINALES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	RESOLUCION DE MEDICIONES VERTICALES
Clase 1	Perfilografos de precision. Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevacion equidistantes a traves de la huella o rodera de la via para calcular el IRI. Esta distancia no debera superar los 0.25 mm y la precision en la medicion de la elevacion debera de ser 0.5 mm para pavimentos que porten valores de IRI ente 1 y 3 m/km para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm	Menor o igual a 0.1 mm
Clase 2	Otros metodos Perfilometricos. Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5m y una precisión en la medicion de la elevacion comprendida entre 1.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 25 mm. Hasta 150 mm	Mayor que 0.1 mm. Hasta 0.2 mm
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlacion. La obtencion del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilometros de de precision mediante ecuaciones de correlacion.	Mayor que 150 mm. Hasta 300 mm	Mayor que 0.2 mm. Hasta 0.5 mm
Clase 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizados con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.	Mayor que 300 mm.	Mayor que 0.5 mm.

Tabla 4 Clasificación de los equipos para medir el IRI en las vías.

Existen diversos equipos para medir la rugosidad, se tiene:

1.2.5.1 Los equipos denominados estáticos

El proceso de mapeo topográfico mediante el uso de teodolitos y estacionamientos manuales, aunque económico y accesible, requiere una cantidad significativa de tiempo debido a la necesidad de realizar mediciones en el terreno y cálculos posteriores. Por esta razón, este método de levantamiento topográfico solo se recomienda cuando se necesita obtener los perfiles de relieve de pequeñas áreas con pocos puntos de control, dejando opciones más eficientes para proyectos que impliquen el mapeo de zonas más extensas.

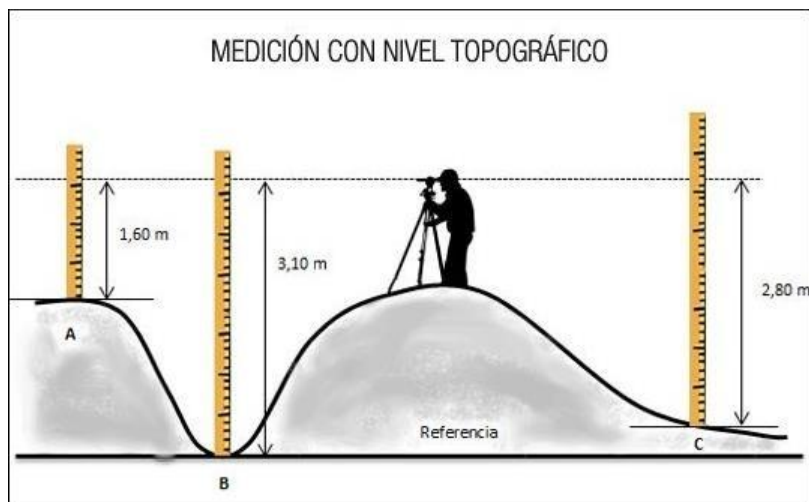


Figura 3 Levantamientos.

1.2.5.2 Equipos dinámicos

Perfilómetro Láser.

Este complejo instrumento utiliza una metodología de medición basada en acelerómetros y láser para recolectar datos detallados sobre la rugosidad de superficies. Este equipo permite realizar mediciones mientras el vehículo circula en el tráfico normal a velocidades de hasta 20 km/h, sin

afectar la precisión de los resultados finales. Se sabe que estos dispositivos ofrecen diversas funcionalidades, como lograr varios índices de textura superficial que facilitan la evaluación sistémica en las redes viales, descubrir irregularidades como baches o áreas propensas a la formación de encharcamientos, medir continuamente la textura de la superficie, obtener un perfil a lo largo de la carretera y georreferenciar los hallazgos mediante un sistema GPS. Los baches pueden ser obtenidos de forma conjunta o separada, dependiendo de los requerimientos del estudio.



Figura 4 Equipo de clase I: Perfilómetro Laser

1.2.5.2.1 Walking Profiler

Este equipo mide los perfiles a lo largo de las carreteras y otras superficies utilizando acelerómetros internos. Gracias a su versátil diseño, permite realizar mediciones rápidamente mediante un individuo que recolecta datos a medida que avanza. Las versiones modernas integran una computadora portátil, lo que posibilita procesar los datos en el instante en el terreno.

Dependiendo del modelo y fabricante, el equipo permite:

Alcanzar diversos índices de aspereza superficial, facilitando la evaluación sistemática de la red vial.

Lograr una precisión admirable en las mediciones del perfil a lo largo de la vía.

Georreferenciar los resultados utilizando un GPS.



Figura 5 Vista del Equipo de clase I: The Walking Profiler

1.2.5.2.2 Perfilógrafo California

El Perfilógrafo Californiano es una máquina concebida para obtener una vista gráfica del perfil longitudinal o perfilograma de la superficie de rodadura y calcular el índice de perfil de la calzada. Está compuesto de un armazón de metal resistente con carritos de carga a los costados, un neumático con una consola para registrar datos.

El trabajo de esta máquina consiste en medir las imperfecciones de la superficie de los pavimentos aplicando la comparación de las variaciones del neumático principal con las rueditas de apoyo, formando una línea que marca la referencia. Todo esto se inscribe en un perfilograma, y los tramos de medición deben tener una longitud mínima de 200 metros. Para calcular el índice, se suma los desniveles que tienen un valor mayor a 10 mm,

dividiendo por la distancia del tramo y multiplicando por 1000, expresándose en cm/km.

La principal desventaja del Perfilógrafo Californiano es que aquí no se logra el valor resultado del IRI.



Figura 6 Equipo de clase II: Perfilógrafo California

1.2.6 La serviciabilidad usual en los pavimentos

Cuando hablamos de serviciabilidad, nos referimos a la habilidad de satisfacer apropiadamente las demandas del tránsito que lo utiliza. Este concepto evalúa qué tan capaz es el pavimento de ofrecer condiciones de uso seguras, cómodas y eficientes, manteniendo un nivel de serviciabilidad aceptable para el tipo y volumen de tráfico que circula encima. La calzada debe resistir el peso de los automóviles y otros vehículos, así como también debe brindar una superficie antideslizante y libre de baches o desniveles que pongan en peligro a los conductores. No obstante, también se debe considerar la necesidad de realizar reparaciones periódicas para garantizar la continua funcionalidad y confiabilidad que demanda una vía transitada.

1.2.6.1 Evaluación de la Serviciabilidad

Existen diversas formas de valorar la aptitud de un pavimento, sin embargo la más efectiva radica en el PSI, cuyo rango oscila entre 0 (carretera intransitable) a 5 (carretera en óptimas condiciones). El diseño central de las vías se fundamenta en aprovechar al máximo su capacidad de servicio, estableciendo un método que permita proyectar un pavimento atendiendo al tránsito total estimado, asegurando al mismo tiempo que conserve un nivel mínimo de servicios al final de su vida útil.

Este índice de aptitud ha sido desarrollado a partir de las pruebas AASHO (Asociación Americana de Funcionarios Viales Estatales) y ha sido mejorado continuamente con nuevas adaptaciones y ajustes a lo largo de las últimas tres décadas, perfeccionando su precisión.

Indice de	
4 - 5	Muy Buena
3 - 4	Buena
2 - 3	Regular
1 - 2	Mala
0 - 1	Muy Mala

Tabla 5 El Índice para determinar la Serviciabilidad.

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
Numérica	Verbal	
5.0 - 4.0	Muy buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi semi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en su categoría . La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpetados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 - 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 - 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamientos. Los pavimento rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 - 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas findadas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamientos y ahuellamientos; y ocurre en un 50 % o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas . El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Tabla 6 Escala de Clasificación

1.2.7 el rugosímetro de Merlín

Este dispositivo fue creado con el propósito de ofrecer una herramienta de costo mínimo pero facilita con una metodología sencilla, que al mismo tiempo proporcione resultados confiables (Hirpahuanca Laura, D. 2016).

1.2.7.1 Un esquema para representar cuáles son las partes del equipo MERLÍN en vías pavimentadas



Figura 7 Rugosímetro MERLÍN .

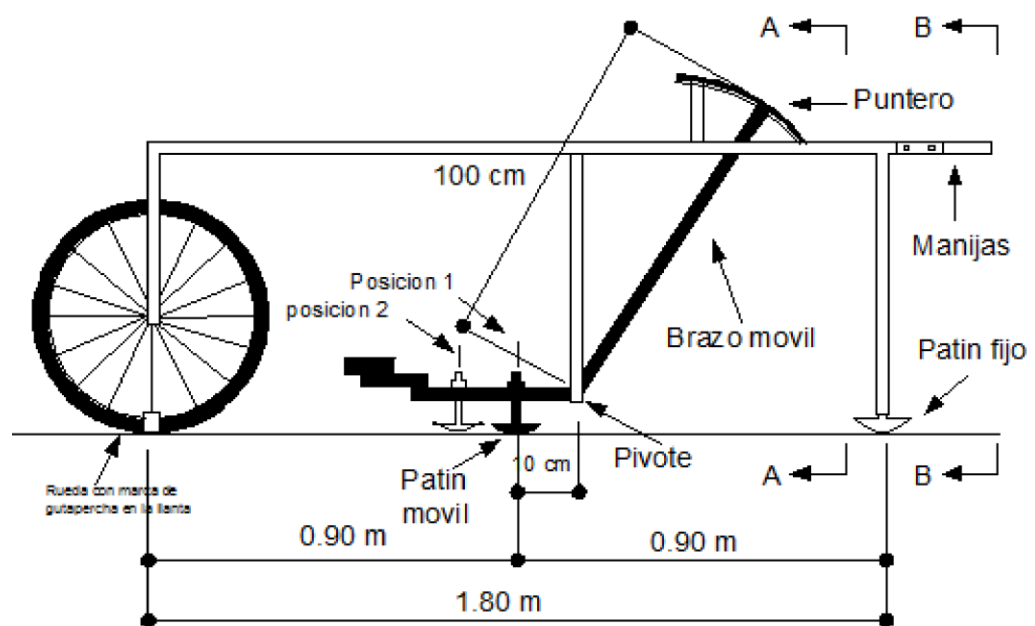


Figura 8 Esquema del Melin

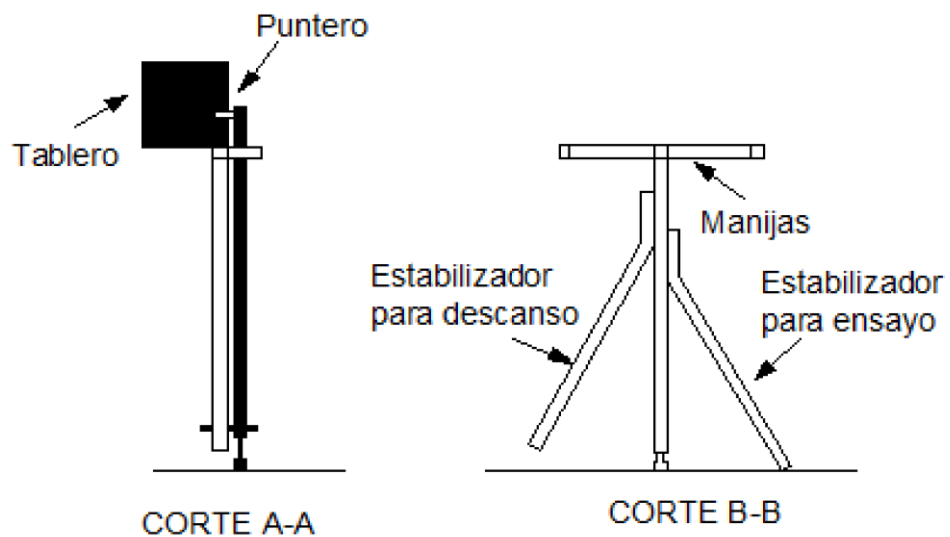


Figura 9 Presentación del esquema y funcionamiento del Rugosímetro MERLÍN . (Del Águila Rodríguez, 2000)

Consta de un tablero y un puntero en la parte superior donde se puede leer las desviaciones, hundimientos o protuberancias. Debajo se encuentra las manijas y los estabilizadores.

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

Figura 10 Escala para la dispersión

1.2.8 Presentación del método a aplicar para calcular la rugosidad mediante el Merlín

1.2.8.1 Fundamentación teórica de la rugosidad

Ésta se basa en analizar las desviaciones del nivel de la rasante de una vía con relación a un nivel referencial de línea promedio.

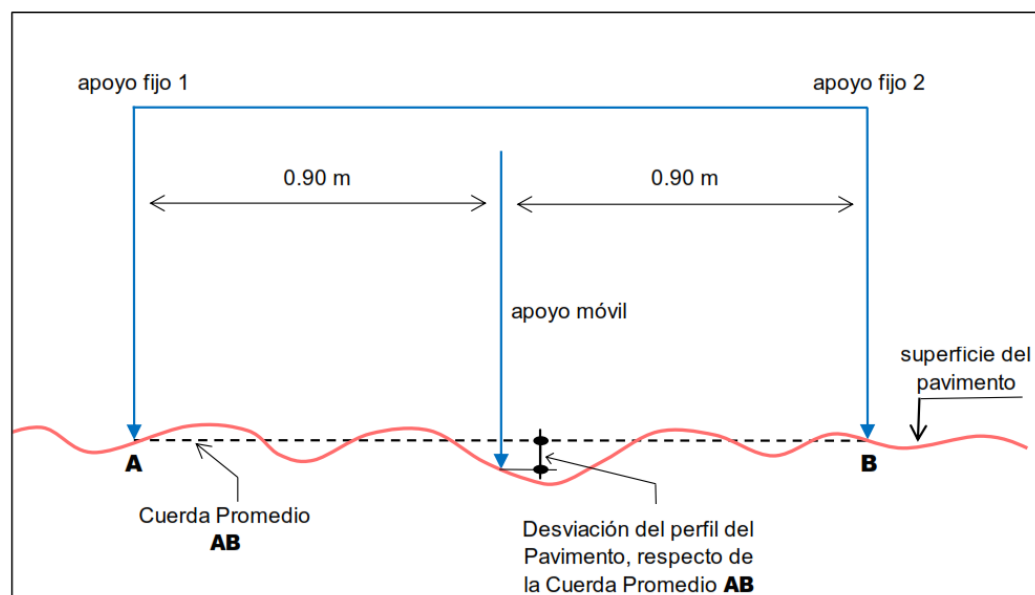


Figura 11 Cómo se mide las desviaciones.

El largo de la cuerda utilizada en el Rugosímetro MERLÍN mide 1.80 m. Para evaluar la rugosidad de la vía, se deben realizar 200 mediciones continuas de las desviaciones con respecto a esta cuerda, manteniendo una constante en la medición. Se entiende que cuando hay mayor desplazamiento, mayor será la rugosidad.

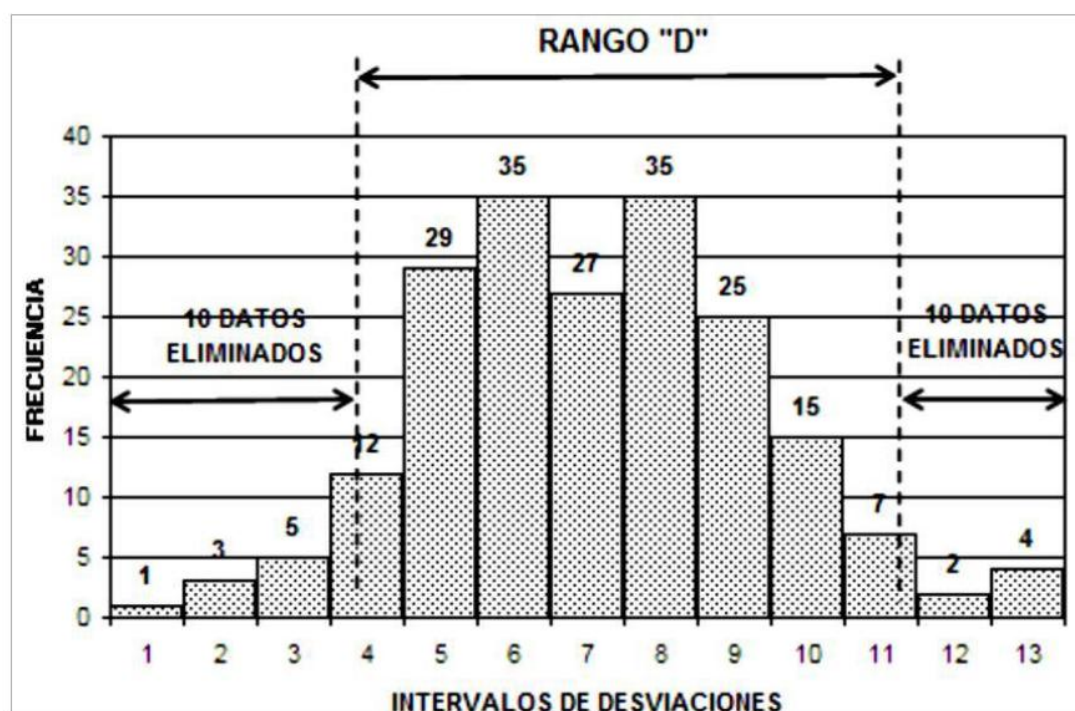


Figura 12Figura 16. Gráfico del histogrma de frecuencias distribuidad para muestra de 200 mediciones consecutivas.

1.2.8.2 **Determinación de la Correlación D vs IRI**

Pablo del Águila dice: *"Para establecer una correlación entre la rugosidad medida con el Rugosímetro de Merlín y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI hoy se emplean fórmula indicadas a continuación (las expresiones que correlacionan D con IRI deberían incluirse aquí)"*

Cuando: $2.4 < \text{IRI} < 15.9$ ó $D > 50\text{mm}$,

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471D \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Cuando: $\text{IRI} < 2.4$ ó $D < 50\text{mm}$,

$$\text{IRI} = 0.0485D \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

"La ecuación (1) se refiere a la fórmula original desarrollada por el Transport Research Laboratory, obtenida a través de simulaciones por computadora basadas en las pruebas realizadas en Brasil en 1982. Esta expresión se utiliza para evaluar caminos en uso, con superficies de asfalto, granulares, sujeto a que se encuentre dentro de un rango definido."

"Esta ecuación fue diseñada específicamente para caminos nuevos o en buen estado, ofreciendo una mayor precisión bajo dichas condiciones."

Además, se han analizado otras ecuaciones que abordan casos específicos, donde las superficies muestran patrones de deformación particulares que influyen en las mediciones del Merlín . En 1996, el Transport Research Laboratory propuso una fórmula adicional para caminos con superficies de macadam aplicadas a mano, proporcionando una herramienta más precisa para estos casos.

$$\text{IRI} = 1.913 + 0.0490 D \dots\dots\dots \text{ec. número (3)}$$

1.2.9 La correlación del PSI con el IRI

Una fórmula para la transición del IRI al PSI es la fórmula siguiente:

(En este punto, debe también incluirse la fórmula concreta que efectúa la correlación entre PSI e IRI).

$$PSI = 5 \times e^{(-0.0041 \times IRI)} \dots\dots \text{ecuación (4)}$$

En donde:

PSI: Índice de la Serviciabilidad

IRI: Índice de Rugosidad Internacional

E: 2.71828183 (base de los logaritmos neperianos).

Es importante destacar que en la fórmula original los valores obtenidos se presentaban en pulgadas por milla. La servidumbre refleja la situación que debe mostrar un pavimento para garantizar un viaje seguro y cómodo a los usuarios en un momento determinado. Inicialmente, esta condición se evaluaba según las observaciones de los conductores de vehículos, luego las calificaciones brindadas por los entrevistados se convertían en una escala del 5 al 1, donde 5 representaba una condición excelente y 1 una condición deficiente.

La siguiente figura muestra la correlación entre la Servidumbre (PSI) y la Aspereza Internacional (IRI), con los valores ya convertidos a metros por kilómetro (m/km), para ajustar la medición al sistema métrico internacional.

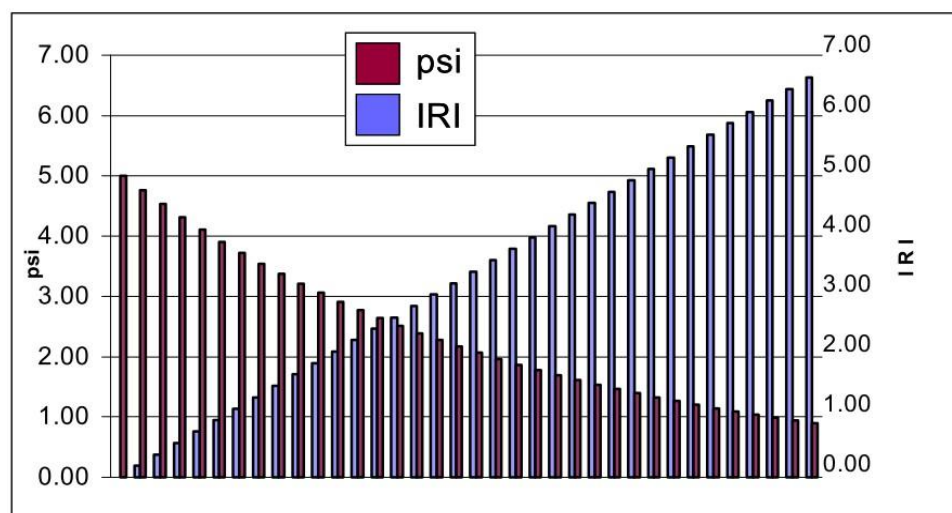


Figura 13 Correlación PSI – IRI

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHO)			Pavimentos Rígidos (Modelo de AASHO)			Clasificación	Descripción AASHO
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5.0	0.0	0 - 1.0	5.0	0	0 - 1.4	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficiente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificaría como muy buenos.
4.2	0.8		4.5	0.97			
4.0	1.0		4.0	1.4			
3.0	1.9	1.0 - 1.9	3.0	2.3	1.4 - 2.3	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuecamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores.
2.5	2.6	1.9 - 3.6	2.5	2.9	2.3 - 3.6	Regular	En esta categoría la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuecamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo de finos.
2.0	3.6		2.0	3.6			
1.5	4.9	3.6 - 6.4	1.5	4.6	3.6 - 6.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuecamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0	6.4		1.0	6.0			
0.0	9.5	> 6.4	0.0	11.2	> 6.0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Tabla 7 Rangos característico y valores correspondientes al IRI y el PSI.

Fuente: Barrantes Jiménez, 2011.

Las rutas sobre las que viajamos para desplazarnos de un lado a otro, ya sean caminos o carreteras, están compuestas por múltiples capas de diversos materiales sólidos apilados unas sobre otras. Estas capas, que pueden incluir asfalto, cemento y en ocasiones madera, se colocan sobre un terreno nivelado y preparado especialmente. Una vez solidificadas, crean una superficie uniforme y resistente conocida como pavimento. Este término también se refiere a cualquier zona que ha sido modificada para

mejorarla y adaptarla al uso humano, como pisos de edificios, aceras o estacionamientos. Al transformar la naturaleza del lugar de este modo, se genera una base firme apropiada para que personas y vehículos circulen sin problemas. Al mismo tiempo, algunas capas se unen de manera más débil, lo que puede conducir a desavenencias que dificultan el tránsito. Sin embargo, los esfuerzos de los constructores y la maduración del tiempo suelen subsanar estas diferencias paulatinamente.

1.3 .Definición de términos básicos

1.3.1 Las Vías Principales Urbanas

Las vías urbanas, son los espacios en una ciudad destinados al tránsito. Estas vías soportan un alto volumen de tráfico y conectan diversos distritos de la ciudad, actuando como arterias principales donde convergen las vías secundarias.

1.3.2 Rugosidad Superficial

La rugosidad superficial se entiende como las anomalías presentes en la rasante del pavimento, que influyen directamente en su deterioro y afectan la experiencia de los usuarios de las vías.

1.3.3 Comportamiento de una Vía

El comportamiento de un pavimento abarca tanto su fortaleza estructural como funcional a lo largo del tiempo que sirve. Los usuarios evalúan este desempeño de forma subjetiva, basándose en elementos como la calidad del rodado, la protección, la apariencia y la comodidad que ofrece el pavimento.

La forma de servicio capacitada incluye:

El nivel de la capa asfáltica y de rodada apropiado.

Fricción superficial satisfactoria.

Medidas geométricas viales adecuadas para garantizar la seguridad.

Detalle estético agradable.

1.3.4 El Nivel de Servicio de la vía

Son las condiciones de funcionamiento de una calzada, tomando en cuenta la percepción de los conductores sobre factores como la velocidad, las demoras, la facilidad de maniobra, la seguridad, la comodidad y la eficiencia. Se utiliza este concepto para evaluar el rendimiento de una vía bajo un determinado volumen de tráfico de manera subjetiva en un inicio, aunque con el tiempo se han incorporado algunas métricas cuantitativas para lograr una valoración más precisa y objetiva. (Rondón, 2015).

1.3.5 El Índice de Serviabilidad Presente (PSI)

Es una medida que refleja la prosperidad y seguridad percibida por quienes usan la calzada pavimentada. Originalmente, este índice era juzgado de forma cualitativa: la comodidad se calificaba en una escala del 0 (pésimo) al 5 (excelente). No obstante, con el paso del tiempo se han incorporado ciertos parámetros cuantitativos para obtener una evaluación más exacta y objetiva.

Capítulo II : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema

Es ampliamente reconocido que las carreteras son fundamentales para el desarrollo de las ciudades, ya que de alguna manera impulsan el surgimiento no solo de innumerables proyectos inmobiliarios, sino también de núcleos urbanos enteros. Esto es especialmente importante cuando la vía está estratégicamente planificada, lo que garantiza no solo alta conveniencia para los pasajeros, sino también un excepcional nivel de accesibilidad.

En este contexto, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se ha convertido en el principal indicador de la calidad de las vías, pues directamente se relaciona con el bienestar, la seguridad y los costos de operación de los usuarios. Su capacidad para estimar los beneficios cuantificables hace que sea indispensable para evaluar el estado de las carreteras.

Otras instituciones han desarrollado sus propios métodos para medir el IRI, acordes con sus necesidades y estándares.

Esta constante intervención es indispensable debido a que muchas de estas vías poseen una vida útil relativamente corta, presentando un envejecimiento prematuro que afecta tanto el confort del tránsito vehicular como su integridad estructural.

El progresivo deterioro de este tramo impacta directamente a sus usuarios, incrementando los costos de operación de los automóviles y poniendo en peligro la fluidez del tránsito, obstaculizando además su

mantenimiento. Esto plantea la urgente necesidad de evaluar el estado actual del pavimento para aplicar medidas de rehabilitación y conservación que permitan alargar su vida útil y mejorar las condiciones de circulación de manera sustancial.

Para comprender mejor los factores que contribuyen a este deterioro, es necesario revisar la calidad de la construcción e identificar si el proyecto se ejecutó según los criterios de diseño establecidos, o si hubo fallas en alguna de sus etapas. Un ejemplo es la carretera Iquitos-Nauta, construida hace más de veinte años y que ha experimentado degradación debido al constante tránsito de vehículos pesados. En este sentido, es crucial medir el IRI en el tramo inicial, desde el km 0+000 hasta el km 3+200, para determinar su estado actual.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿Cómo es el *Índice de Rugosidad Internacional* de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, en Maynas Loreto 2023?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo es la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200?

- ¿Cómo se clasifica el *Índice de Rugosidad Internacional* del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Determinar el *Índice de Rugosidad Internacional* de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, en Maynas Loreto 2023

2.3.2 Objetivo específicos

Identificar cómo es la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200.

Clasificar el pavimento mediante el *Índice de Rugosidad Internacional* del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200.

2.4 Hipótesis

H₁: El índice de rugosidad internacional de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, tiene nivel de severidad, malo en Maynas Loreto 2023

H₀: El índice de rugosidad internacional de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, no tiene nivel de severidad, malo en Maynas Loreto 2023

2.5 Variables

2.5.1 Identificación de variables

Variable independiente (X):

X: *Índice de Rugosidad Internacional*

Variable dependiente

Y: Nivel de severidad.

2.5.2 Definición conceptual y operacional de las variables

2.5.2.1 Definición Conceptual

Variable Independiente:

Se usa para evaluar como un pavimento la superficie de un pavimento en términos de su buena calidad y fácil conducción. El índice cuantifica las irregularidades longitudinales de la carretera, proporciona un vehículo para medir nivel de confort para personas que viajan por ella en vehículos motorizados, y se ha convertido en un estándar global en los últimos años para monitorear y manejar la salud del pavimento. Es además una herramienta clave a la hora de evaluar el rendimiento de un pavimento o planear su mantenimiento.

Variable Dependiente:

El nivel de severidad se refiere al grado con que se manifestarán las fallas en la superficie investigada. Basándose en la calificación que obtiene en este parámetro, se pueden clasificar y valorar los distintos estados que presenten defectos o daños presentes en la masa carretera con miras a priorizar actividades de mantenimiento o rehabilitación que se deben realizar sobre ella. El grado de gravedad puede variar de leve a grave según

el tipo de desperfecto y la manera en que afecta el funcionamiento e seguridad de la calzada.

2.5.2.2 Definición Operacional

Variable Independiente:

Índice de Rugosidad Internacional, es el resultado de realizar mediciones de rugosidad con RUGOSÍMETRO.

Variable Dependiente:

Entiéndase por el nivel de severidad el resultado de la calificación realizada sobre el tramo. ello.

2.5.3 Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición	Valor
El <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> (IRI) es un parámetro utilizado en pavimentos para evaluar su regularidad y medir el nivel de comodidad en la conducción. Este índice se basa en la cuantificación de las irregularidades longitudinales de la superficie del pavimento	Elevaciones	Agrietamientos	Nominal	Bueno
		Hundimientos		
				Regular
	Depresiones	Niveles de severidad		Malo

Capítulo III : METODOLOGÍA

3.1 1 Tipo y diseño de la investigación

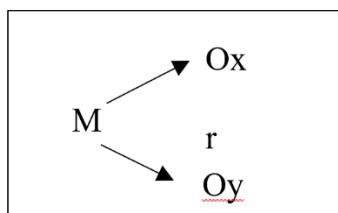
3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación es un diseño relacional ya que se persigue detectar y analizar la relación existente entre distintas variables un tipo de personalidad. A partir de investigaciones afines, tal diseño trata de descubrir de qué modo una cosa variable está relacionada con otra, si de esa manera podemos conseguir aún otro punto vista: soluciones de problemas sobre las interacciones y correlaciones entre ellas (Borja Suárez, 2014)

Una investigación relacional es un tipo de estudio cuyo propósito fundamental consiste en comparar las relaciones o asociaciones entre dos o más variables. Este enfoque pretende ver de qué manera una variable influye o se halla ligada con otra sin necesariamente establecer una relación causal. Más aún, en una investigación relacional, se busca ya conocer qué grado de correlación muestran las variables dejando que se vea,; así se comprueba si hay algún patrón general, tendencia o conexión entre ellas.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño experimental es el siguiente:



Donde:

M = Muestra en estudio

Ox, Oy= Observaciones directas de las variables

r= Relación entre las variables observadas(Díaz Cerrón y Huayhua Achircana, 2014)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

En la presente investigación, la población está formada por la totalidad del tramo carretero bajo estudio, que comprende todas las unidades de muestreo del tramo en cuestión. Se ha evaluado cada una de estas secciones para así obtener una representación completa y precisa de cómo está la vía.

3.2.2 Muestra

La muestra solo incluye los segmentos seleccionados de la carretera, los cuales brindan datos específicos para proyectar al resto del tramo y así garantizar un examen exhaustivo de las condiciones del pavimento.

3.3 Técnicas, instrumentos y método de recolección de datos

3.3.1 Técnicas de recolección de datos

En esta investigación se tiene como técnicas de recolección de datos, la observación directa, registrando de forma sistemática lo que sucede. De esta manera, el investigador testifica los hechos utilizando sus sentidos para percibir y documentar los acontecimientos tal como ocurren, permitiendo un análisis objetivo y pormenorizado de lo observado.

3.3.2 Instrumento de recolección de datos

La herramienta empleada es la ficha de observación, la cual permite al estudiante registrar de forma ordenada la información obtenida durante el trabajo de campo. Este instrumento facilita la recolección de datos concretos y precisos sobre el tema en cuestión, asegurando que los detalles importantes sean debidamente archivados para su posterior examen.

3.3.3 Procedimiento de Recolección de datos

La recolección de datos se realizó en ambas direcciones registrando mediciones cada 2 metros usando el Rugosímetro MERLÍN . Los valores entre 0 y 50 se anotaron en la consola del aparato. Luego, en la oficina, se eliminó el 10% de las mediciones extremas. Finalmente, con los datos depurados se aplicaron las fórmulas para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

3.4 Procesamiento y análisis de datos

La información obtenida fue procesada digitalmente usando una hoja de cálculo de Excel. Se generó un histograma para vislumbrar los datos y su distribución. Con esta representación gráfica, se calculó el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), permitiendo un examen más preciso de las condiciones del pavimento.

Capítulo IV RESULTADOS

4.1 Datos obtenidos del carril derecho

Tabla 8 Carril derecho

N°	Progresiva Inicial	Progresiva final	Longitud	Protocolo N°	Capa	Carril	Fecha	Operador	Toma de datos	Observaciones	IRI
1	0+00.00	0+400.00	400.00	1 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	3.03
2	0+400.00	0+800.00	400.00	2 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.81
3	0+800.00	1+200.00	400.00	3 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.78
4	1+200.00	1+600.00	400.00	4 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.57
5	1+600.00	2+000.00	400.00	5 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	1.80
6	2+000.00	2+400.00	400.00	6 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	1.79

7	2+400.00	2+800.00	400.00	7 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	1.77
8	2+800.00	3+200.00	400.00	8 D - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril derecho	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.61

4.2 Datos obtenidos del carril izquierdo

Tabla 9 Carril izquierdo

N°	Progresiva Inicial	Progresiva final	Longitud	Protocolo N°	Capa	Carril	Fecha	Operador	Toma de datos	Observaciones	IRI
9	0+00.00	0+400.00	400.00	1 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	3.04
10	0+400.00	0+800.00	400.00	2 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.83
11	0+800.00	1+200.00	400.00	3 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.70
12	1+200.00	1+600.00	400.00	4 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/2024	Ricardo Porras	RMPN	Ninguna	2.59

1 3	1+600.00	2+000.00	400.00	5 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/202 4	Ricardo Porras	RMP N	Ninguna	1.79
1 4	2+000.00	2+400.00	400.00	6 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/202 4	Ricardo Porras	RMP N	Ninguna	1.85
1 5	2+400.00	2+800.00	400.00	7 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/202 4	Ricardo Porras	RMP N	Ninguna	1.76
1 6	2+800.00	3+200.00	400.00	8 I - 2024	Carpeta Asfáltica	Carril izquierdo	28/01/202 4	Ricardo Porras	RMP N	Ninguna	2.48

4.3 Cálculo del IRI total de ambos lados

Tabla 10 Resumen ambos carriles

N°	TRAMO	LADO	IRI	PSI	RUGOSIDAD
1	0+00.00 - 0+400.00	Lado Derecho	3.03	2.0	Regular
2	0+400.00 - 0+800.00	Lado Derecho	2.81	2.0	Regular
3	0+800.00 - 1+200.00	Lado Derecho	2.78	2.0	Regular
4	1+200.00 - 1+600.00	Lado Derecho	2.57	2.5	Regular
5	1+600.00 - 2+000.00	Lado Derecho	1.80	3.0	Buena
6	2+000.00 - 2+400.00	Lado Derecho	1.79	3.0	Buena
7	2+400.00 - 2+800.00	Lado Derecho	1.77	3.0	Buena
8	2+800.00 - 3+200.00	Lado Derecho	2.61	2.0	Regular
9	0+00.00 - 0+400.00	Lado Izquierdo	3.04	2.0	Regular
10	0+400.00 - 0+800.00	Lado Izquierdo	2.83	2.0	Regular
11	0+800.00 - 1+200.00	Lado Izquierdo	2.70	2.0	Regular
12	1+200.00 - 1+600.00	Lado Izquierdo	2.59	2.5	Regular
13	1+600.00 - 2+000.00	Lado Izquierdo	1.79	3.0	Buena
14	2+000.00 - 2+400.00	Lado Izquierdo	1.85	3.0	Buena
15	2+400.00 - 2+800.00	Lado Izquierdo	1.76	3.0	Buena
16	2+800.00 - 3+200.00	Lado Izquierdo	2.48	2.5	Regular
IRI promedio			2.39	2.50	Regular

Capítulo V : DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

Al comparar los resultados obtenidos en la tesis de Vásquez Álava (2021), sobre la avenida Guardia Civil en Iquitos y los encontrados en el estudio actual sobre la carretera Iquitos – Nauta (Km 0+000 – Km 3+200) Maynas, Loreto, 2023, se pueden rescatar las siguientes similitudes y diferencias entre el pavimento por medio del análisis de los pavimentos mediante los índices de rugosidad y serviciabilidad.

En el estudio de Vásquez Álava , la aplicación del rugosímetro MERLIN arrojó un IRI de 3.935 y PSI de 2.45 derivando en un índice de MALO según la clasificación MTC. Aunque el PSI es de REGULAR, la rugosidad es demasiado alta y requiere de una acción inmediata para mejorar la transitabilidad de los vehículos y la comodidad de los usuarios en general.

De forma distinta, el análisis de los pavimentos en la carretera Iquitos-Nauta mostró un IRI promedio de 2.39 y un PSI promedio de 2.50 siendo REGULAR para esta clasificación. En cada uno de los tramos, se observaron valores de IRI que variaron entre 1.76 y 3.04 m/km algunos con un IRI de BUENO y otros de REGULAR acompañados de PSI entre 2.0 y 3.0. En compendio, los tramos pueden variar de estado según el segmento analizado.

La comparación entre ambas tesis se resumen en los quiere se presentan a continuación: Diferencia en el Estado: – La avenida Guardia Civil tiene un IRI con rugosidad considerablemente más alta (3.935) que la carretera Iquitos – Nauta que es 2.39 de IRI promedio. El primero describe un pavimento en peor estado. El segundo tiene algunos tramos con un IRI en bueno ya definido por un valor menor a 2.00. Nivel de serviciabilidad: La avenida Guardia Civil tiene un PAT calificado en REGULAR con un PSI de 2.45. Al igual que su rugosidad es demasiado alta. La carretera Iquitos – Nauta tiene el mismo PAT pero con un PAT apenas menor de 2.50 y una rugosidad más baja general. Mantenimiento: Uno necesita intervención

correctiva inmediata para disminuir la rugosidad, y el otro una mantención preventiva para sectores con una tendencia al deterioro acelerado.

En conclusión, la comparación con el trabajo de tesis entre la avenida Guardia Civil y la carretera Iquitos – Nauta arroja un pavimento en condiciones peores, requiere con urgencia de un mantenimiento mientras que el otro puede tener intervenciones de mantenciones que se pueden retrasar. Finalmente, es vital el monitorear, medir y analizar la rugosidad y la serviciabilidad periódicamente en la infraestructura vial.

5.2 Conclusiones

Determinación del IRI. Según la medición, el IRI promedio obtenido en la carretera Iquitos – Nauta del Km 0+000 al km 3+200, fue de 2.39 m/km, clasificando de esta manera a la mencionada vía en un nivel de Regular, en el cual la superficie del pavimento es funcional, a pesar de presentar evidencias de desgaste que deben ser supervisados.

Variabilidad de la Rugosidad. En los diferentes segmentos analizados, el valor de IRI varió de 1.76 a 3.04 m/km, por lo que en algunos segmentos el pavimento se encuentra en adecuadas condiciones y en otros, se requiere de mantenimiento preventivo para evitar un deterioro mayor.

Comparación con otro estudio. Al comparar con una tesis referente a la avenida Guardia Civil por Vásquez Álava que tenía un IRI = 3.935, se puede afirmar que, en comparación, la entidad presentó una Regular, pero con un nivel de deterioro de manutención mayor.

Estado de Pavimento. La medición del IRI permitió clasificar la calidad de pavimento, respecto a ello, en el km 0+000 – km 3+200 y con un promedio de 2.39 m/km, esta entidad se encuentra en mejor estado que la otra vía del estudio previo. Sin embargo, en varios segmentos se observa un mayor desgaste el cual, sin la mantenimiento correcta, impedirá la circulación futura.

Importancia del monitoreo. Se afirma en la medición continua del IRI y PSI, esto para su correcta gestión y planificación de un mantenimiento sin mayores costos de rehabilitación.

5.3 Recomendaciones

Implementación de mantenimiento preventivo. Mantenimiento en tramos con IRI por encima de 2.50, donde priorice en las zonas más críticas siendo estas las más aceleradas hacia un deterioro.

Monitoreo. Medicion cada 6 a 12 meses para detectar en tendencia de deterioro y no esperar al momento de intervenir.

Uso de tecnologías avanzadas. El perfilómetro láser, una herramienta avanzada, permitirá mejorar su precisión y detalles en la medición.

Priorización de intervenciones. Generar un plan para su intervención evitando un desgaste mucho mayor del nivel que pueda presentar daño a la vía.

Consideración de factores adicionales. Incluir fisuras, baches y deformaciones, ya que también influyen en la calidad del pavimento.

Gestión de recursos para mantenimiento. Acordar un presupuesto de ambas partes, para evitar un nivel marginal a lo que se la destrucción de la carretera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borja Suárez, M. (9 de mayo de 2014). *Metodología de investigación para ingeniería civil*. Obtenido de Google: <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
- Cáceres Vásquez, A. C., & Segura Nunur, M. M. (2018). *Análisis y evaluación de los índices de rugosidad de la Panamericana Norte – Trujillo, usando el método de Road and Level y el método de MERLÍN*. Trujillo, Perú: Tesis en la Universidad Privada Antenor Orrego.
- Carhuapoma Carlos, J. H. (2019). *Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019*. Cerro de Pasco, Perú: Tesis en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Chambilla Velásquez, E. D., & Ramos Deza, Y. M. (2021). *Evaluación de pavimento flexible mediante método del rugosímetro de MERLÍN y el aplicativo IRI-calcfree en la avenida Simón Bolívar, Puno*. Puno, Perú: Tesis en la Universidad César Vallejo.
- Choque Cariapaza, K. M., & Pilco Chumbe, A. K. (2023). *Análisis comparativo entre aplicación de rugosímetro de MERLÍN y aplicativo celular para el cálculo del índice de rugosidad internacional en la avenida Collpa tramo ovalo Cuzco – Avenida Educadores, Tacna – 2023*. Tacna, Perú: Tesis en la Universidad Privada de Tacna.
- Chura Bautista, N. G., & Flores Coapaza, V. D. (2023). *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*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Del Águila Rodríguez, P. (2000). *Merlin Equipo para seguridad*. Lima, Perú: Camineros SAC.
- Gonzalo López, J. Y., & Beingolea Villarreal, H. 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*. Tacna, Perú: Tesis en la Universidad Privada de Tacna.
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento 3° ed.* Mexico: Mc. Graw Hill.
- Landeau, R. (2007). *Elaboración de trabajos de investigación*. Caracas: Editorial Alfa Venezuela.
- Montoya Goicochea, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Lima, Perú: Tesis en la Universidad de Piura.
- Quispe Huanca, B. (2023). *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de pavimento flexible en la Avenida las Malvinas mediante el análisis funcional aplicando el Rugosímetro de MERLIN – Abancay, 2023*. Apurímac, Perú: tesis en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Quispe Quispe, W. (2024). *Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en pavimentos flexible mediante el uso dron a diferentes alturas de vuelo y el rugosímetro de MERLÍN en la vía MO-590-Moquegua*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Sachún Quispe, J. E. (2016). *Estudio del índice de rugosidad internacional de la panamericana norte - zona Trujillo para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Tesis en la Universidad Privada Antenor Orrego.

- Salto Zavala, E. L. (2023). *Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de la vía Los Ángeles-Andil*. Manabí, Ecuador: Tesis en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Tingal Limay, H. (2021). *Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inca, utilizando rugosímetro de Merlin*. Cajamarca Perú: Tesis en la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vásquez Álava, M. d. (2021). *Medición del índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático merlin y nivel de severidad en avenida guardia civil Iquitos 2021*. Iquitos, Perú: Tesis en la Universidad Científica del Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.

Tabla 11 Instrumento de campo

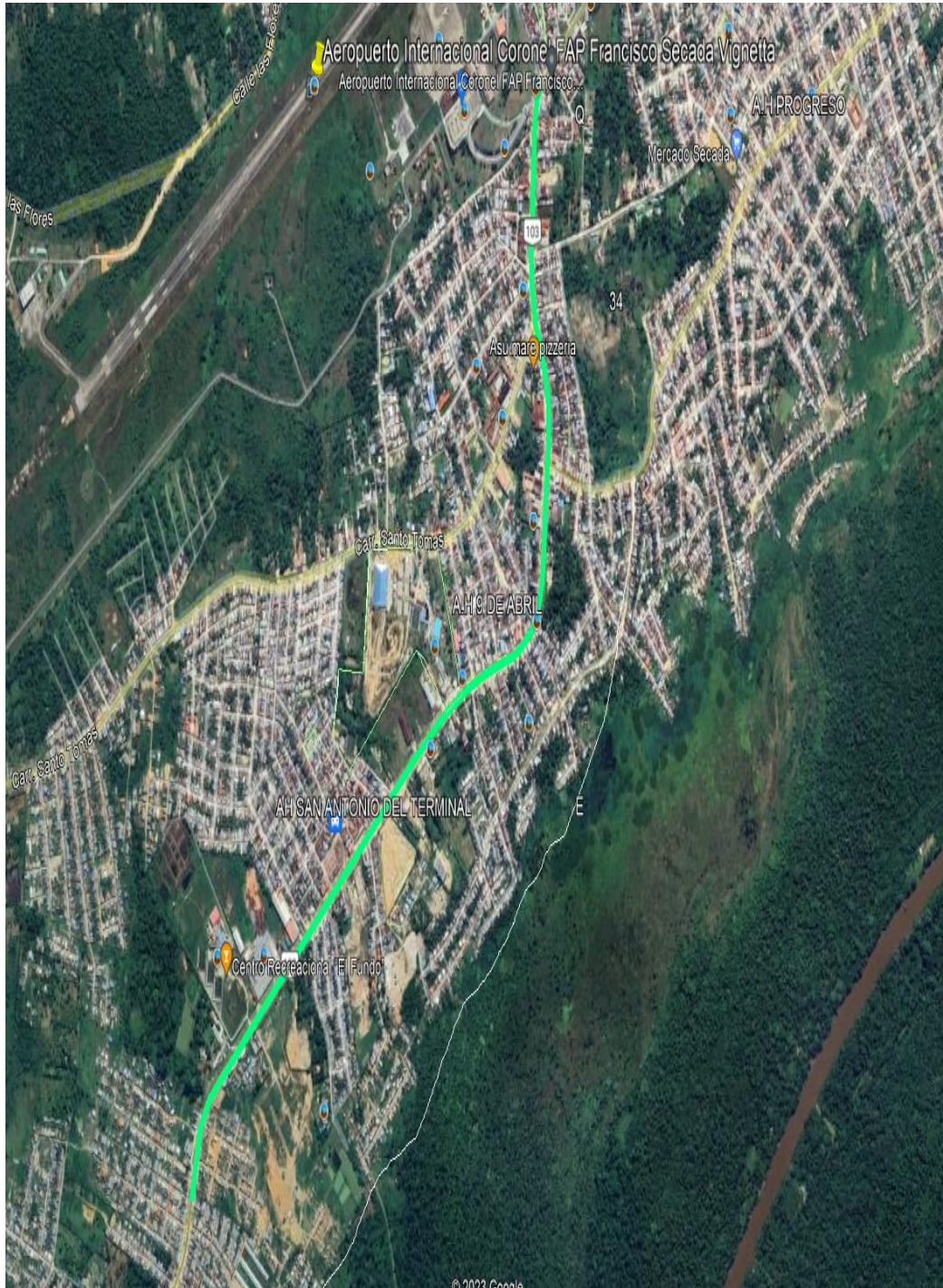
	LECTURAS CAMPO																			
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Tabla 12 Plantilla para presentar el IRI

N°	TRAMO			LADO	IRI
1	0+00,00	-	0+400,00	Carril derecho	
2	0+400,00	-	0+800,00	Carril derecho	
3	0+800,00	-	1+200,00	Carril derecho	
4	1+200,00	-	1+600,00	Carril derecho	
5	1+600,00	-	2+000,00	Carril derecho	
6	2+000,00	-	2+400,00	Carril derecho	
7	2+400,00	-	2+800,00	Carril derecho	
8	2+800,00	-	3+200,00	Carril derecho	
9	0+00,00	-	0+400,00	Carril izquierdo	
10	0+400,00	-	0+800,00	Carril izquierdo	
11	0+800,00	-	1+200,00	Carril izquierdo	
12	1+200,00	-	1+600,00	Carril izquierdo	
13	1+600,00	-	2+000,00	Carril izquierdo	
14	2+000,00	-	2+400,00	Carril izquierdo	
15	2+400,00	-	2+800,00	Carril izquierdo	
16	2+800,00	-	3+200,00	Carril izquierdo	

IRI promedio

Anexo 2. Zona de estudio



Anexo 3. Matriz de consistencia

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA IQUITOS NAUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023

Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variables	Indicadores (x,y)	Metodología
¿Cómo es el <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, en Maynas Loreto 2023?	Determinar el <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, en Maynas Loreto 2023	<u>Hipótesis General</u> H_1 El <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos	<u>Variable Independiente</u> <u>te:</u> X: El <i>Índice de Rugosidad Internacional</i>	Indicadores de la variable independiente: • Depresiones • Elevaciones	<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> <u>N</u> La investigación pertenece a la

Problemas Específicos - ¿Cómo es la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200?	Objetivos Específicos Identificar cómo es la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200.	Nauta km 0+000 a km 3+200, tiene nivel de severidad, malo en Maynas Loreto 2023 H₀ El <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> de la superficie del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200, no tiene nivel de severidad, malo en Maynas Loreto 2023.	<u>Variable Dependiente</u> Y: Nivel de severidad.	Indicadores de la variable dependiente: •Alto •Medio •Bajo	investigación aplicada y Cuantitativa.
- ¿Cómo se clasifica el <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200?	Clasificar el pavimento mediante el <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> del pavimento de la carretera Iquitos Nauta km 0+000 a km 3+200.				

Anexo 4. Cuadros del Cálculo IRI – Rugosidad Merlin

a) Rugosidad Merlín tramo 0+000 a 0+400 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 0+00.00	PROGRESIVA FINAL: 0+400.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 1 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																							
27	27	25	29	28	28	26	30	28	21	20	23	23	20	22	21	25	24	22	24				
26	29	25	28	29	28	26	30	29	22	21	22	24	22	23	21	20	21	23	22				
28	28	29	29	28	29	27	27	25	21	20	24	23	25	22	23	20	20	19	23				
26	27	28	28	28	29	28	27	22	24	22	21	25	24	23	19	20	21	22					
29	28	28	26	29	29	28	28	30	22	21	24	19	21	22	21	24	19	19	22				
29	25	26	26	29	26	25	27	29	22	24	21	23	20	23	22	19	19	21	18				
26	28	30	25	28	27	30	25	26	20	23	25	22	22	25	24	21	19	20	25				
28	25	29	30	28	27	26	26	26	23	21	22	22	19	21	25	18	21	18	21				
30	27	29	27	29	27	29	30	27	22	20	24	25	19	23	20	23	20	23	20				
30	25	27	27	30	25	29	26	25	21	24	20	19	22	20	24	25	21	20	21				

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.36	10	0.00
SUMA (CI + CE + CD)	10.36		
D	51.82		
IRI	3.03		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

b) Rugosidad Merlín tramo 0+400 a 0+800 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 0+400.00	PROGRESIVA FINAL: 0+800.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 2 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
28	26	27	26	25	29	27	25	27	23	24	23	25	23	21	22	24	22	23	20
26	26	28	27	29	27	29	28	27	21	23	25	22	22	22	23	23	19	20	23
27	28	25	25	28	28	29	28	23	20	22	23	20	21	22	22	24	20		
28	26	26	27	25	28	28	30	25	24	21	24	21	22	24	24	19	21	24	
28	25	28	25	29	26	27	30	28	21	20	24	23	21	25	21	19	24	21	19
29	26	25	27	29	26	27	28	26	25	23	21	22	22	24	22	19	25	24	
28	25	29	28	27	26	29	29	28	21	23	21	24	24	24	23	23	22	22	24
26	26	28	27	29	29	29	28	30	24	22	22	24	24	21	21	22	21	20	21
27	28	29	26	29	26	26	29	29	25	21	20	25	23	20	21	21	25	25	25
25	27	27	29	25	26	29	28	26	25	20	19	23	25	23	21	21	23	24	19

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.80	8	0.63
SUMA (CI + CE + CD)	9.43		
D	47.16		
IRI	2.81		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

c) Rugosidad Merlín tramo 0+800 a 1+200 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL:	0+800.00	PROGRESIVA FINAL:	1+200.00	LONGITUD:	400.00 metros	Protocolo N°:	3 D - 2024
CAPA:	CONCRETO ASFALTICO	CARRIL:	DERECHO	FECHA:	28-Ene-24	Operador:	Ricardo Porras
Toma de datos:	RMPN	OBSERVACIONES:	Ninguna				

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																							
28	26	28	25	28	26	26	26	28	25	25	23	21	22	23	25	20	22	24					
26	26	27	27	27	29	28	28	23	23	22	24	20	24	21	24	20	20	23					
25	28	26	27	25	25	28	29	26	21	23	22	25	20	21	21	20	21	23	22				
26	27	25	27	25	25	26	28	29	21	21	25	21	22	24	22	20	19	22	21				
28	28	29	28	26	26	29	29	25	22	21	21	20	21	25	24	24	20	20	22				
28	26	29	28	26	26	28	28	29	24	22	24	25	21	21	21	22	22	20	24				
25	27	25	27	25	29	28	29	25	22	20	21	22	21	19	21	23	20	22	19				
28	25	28	26	27	27	30	26	27	24	24	21	24	22	23	25	23	25	25	22				
25	27	27	27	26	26	29	27	30	24	21	24	20	20	24	20	23	23	24	19				
29	26	27	25	28	29	27	28	30	25	22	21	19	24	19	23	19	24	20					

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.82	8	0.46
SUMA (CI + CE + CD)	9.29		
D	46.43		
IRI	2.78		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

d) Rugosidad Merlín tramo 1+200 a 1+600 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 1+200.00	PROGRESIVA FINAL: 1+600.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 4 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																								
25	26	26	26	26	26	28	22	23	23	21	21	22	23	22	20	23								
26	26	26	27	28	28	27	26	23	24	25	21	22	24	21	21	23	20	22						
28	27	27	26	27	29	27	26	24	23	21	24	21	21	25	22	23	21	24						
25	26	26	25	28	26	28	29	26	23	22	23	23	20	24	22	22	20	21	21					
27	27	26	26	28	28	26	25	28	25	24	23	21	22	23	25	24	24	20	24					
28	25	27	29	28	25	27	28	26	24	25	24	23	20	24	20	22	21	21	20					
27	26	26	26	25	26	27	29	28	23	21	22	22	23	22	22	20	20	20	20					
28	25	26	26	29	28	29	25	26	23	23	23	21	24	24	25	23	21	22	20					
27	26	27	28	26	25	26	27	26	22	24	23	25	20	22	20	24	21	22	20					
27	28	27	29	28	29	25	26	27	23	24	24	23	20	24	20	21	19	22	24					

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.50	7	0.89
SUMA (CI + CE + CD)	8.39		
D	41.94		
IRI	2.57		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

e) Rugosidad Merlín tramo 1+600 a 2+000 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 1+600.00	PROGRESIVA FINAL: 2+000.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 5 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

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

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000			
CALCULO DE "D"			
$D = (CI + CE + CD) \times 5$			
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA			
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA			
CALCULO DEL "IRI"			
D >= 38.37 mm		D < 38.37 mm	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D		IRI = 0.0485 x D	

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.64	6	0.77
SUMA (CI + CE + CD)	7.41		
D	37.05		
IRI	1.80		

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación $IRI = 0.0485 \times D$	

f) Rugosidad Merlín tramo 2+000 a 2+400 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+000.00	PROGRESIVA FINAL: 2+400.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 6 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																FREC.	LECT.	HISTOGRAMA
27	26	27	27	26	26	28	28	24	22	22	24	23	24	24	21	0	1	
27	27	27	28	25	25	26	26	23	24	24	22	24	22	24	22	1	2	
27	26	25	25	27	27	26	28	29	23	24	21	23	23	25	21	0	3	
26	25	25	26	26	27	27	26	24	21	25	24	22	23	22	20	0	4	
25	28	26	26	26	28	27	28	24	21	22	24	21	23	23	25	0	5	
25	26	27	28	28	25	27	28	22	23	25	22	22	24	23	23	0	6	
27	26	28	27	27	26	29	26	28	21	21	22	22	23	23	22	0	7	
25	27	27	26	26	28	28	26	29	21	23	25	24	24	23	22	0	8	
26	28	28	26	27	27	26	26	23	21	21	24	22	23	21	22	0	9	
25	27	28	26	27	26	28	26	27	23	24	22	22	23	24	21	0	10	
																0	11	
																0	12	
																0	13	
																0	14	
																0	15	
																0	16	
																0	17	
																0	18	
																1	19	X
																4	20	XXXX
																20	21	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																29	22	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																26	23	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																24	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																38	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																30	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																26	27	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																19	28	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
																3	29	XXX
																0	30	
																0	31	
																0	32	
																0	33	
																0	34	
																0	35	
																0	36	
																0	37	
																0	38	
																0	39	
																0	40	
																0	41	
																0	42	
																0	43	
																0	44	
																0	45	
																0	46	
																0	47	
																0	48	
																0	49	
																0	50	

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000			
CALCULO DE "D"			
$D = (CI + CE + CD) \times 5$			
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA			
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA			
CALCULO DEL "IRI"			
D >= 38.37 mm		D < 38.37 mm	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D		IRI = 0.0485 x D	

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.75	6	0.63
SUMA (CI + CE + CD)	7.38		
D	36.91		
IRI	1.79		

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación	
$IRI = 0.0485 \times D$	

g) Rugosidad Merlín tramo 2+400 a 2+800 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
--	--

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+400.00	PROGRESIVA FINAL: 2+800.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 7 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																							
27	27	27	26	26	27	26	27	25	23	24	21	22	22	22	25	21	22	24					
26	28	25	28	27	26	27	26	28	21	22	22	23	24	24	21	24	25	21	21				
28	28	27	27	26	27	25	25	25	24	24	25	25	21	23	23	21	21	22					
25	26	27	26	26	27	27	29	24	22	21	24	22	24	23	22	24	21	24					
26	25	27	26	27	26	27	28	23	23	22	25	21	22	22	21	21	24	20					
26	27	27	26	27	27	27	27	22	22	23	21	23	22	22	23	24	24	20					
27	26	27	27	28	29	29	29	23	23	21	24	23	20	21	22	21	25	22					
28	26	25	25	26	28	28	26	27	24	21	24	21	21	22	21	24	23	25	22				
27	28	25	25	26	27	27	25	25	23	21	24	25	24	24	21	20	24	24	23				
26	26	26	25	27	27	27	26	21	21	24	22	24	20	24	22	23	20	21					

FACTOR DE CORRECCION F.C. = **1.00000**

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

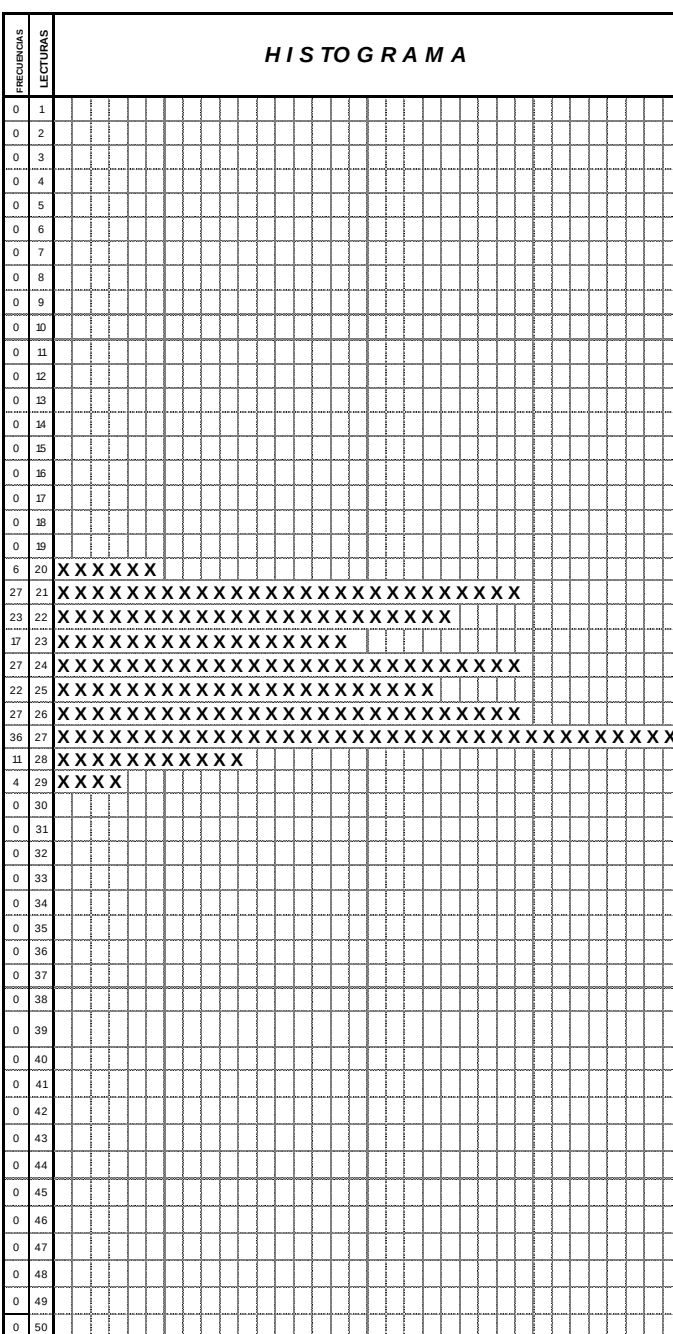
$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.85	6	0.45
SUMA (CI + CE + CD)	7.31		
D	36.53		
IRI	1.77		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.0485 \times D$$



h) Rugosidad Merlín tramo 2+800 a 3+200 Carril derecho

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+800.00	PROGRESIVA FINAL: 3+200.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 8 D - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: DERECHO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																							
26	26	26	27	27	27	26	29	24	23	24	23	24	25	21	23	22	20	24					
25	27	28	28	28	25	27	27	29	25	23	24	21	21	21	20	24	23	20	23				
25	28	28	27	25	28	26	25	24	23	24	24	25	24	25	21	20	22	21					
27	27	28	27	25	28	26	28	21	23	25	23	21	24	22	25	22	22	24					
25	25	27	25	28	28	28	27	26	25	23	23	21	23	23	22	20	20	20	20				
26	25	26	25	25	27	29	29	27	24	24	25	25	22	24	20	22	24	23	24				
27	28	27	29	28	27	27	28	27	20	24	21	21	22	24	24	20	20	25	20				
26	27	27	26	28	28	27	26	27	24	25	24	23	20	24	21	20	24	21	20				
27	27	25	26	29	26	27	28	29	21	22	21	20	20	21	22	23	21	22	19				
25	27	29	26	26	29	27	26	29	22	20	22	22	20	21	24	25	24	24	21				

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D ≥ 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.55	8	0.00
SUMA (CI + CE + CD)	8.55		
D	42.75		
IRI	2.61		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

i) Rugosidad Merlín tramo 0+000 a 0+400 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL:	0+00.00	PROGRESIVA FINAL:	0+400.00	LONGITUD:	400.00 metros	Protocolo N°:	1 I - 2024
CAPA:	CONCRETO ASFALTICO	CARRIL:	IZQUIERDO	FECHA:	28-Ene-24	Operador:	Ricardo Porras
Toma de datos:	RMPN	OBSERVACIONES:	Ninguna				

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																								
27	28	27	26	29	27	27	26	21	22	24	21	22	24	23	22	22	25	19						
29	26	25	30	29	29	30	28	25	21	21	21	21	23	23	25	22	23	23						
26	27	26	29	28	29	25	26	29	21	24	21	20	24	22	23	21	24	22						
28	27	29	26	28	30	28	27	25	21	20	23	23	21	20	21	21	21	20						
29	26	27	30	28	29	30	26	28	25	22	24	24	20	22	20	23	19	18						
29	29	28	27	26	29	27	28	30	24	23	24	23	19	19	22	22	22	20						
27	26	26	28	27	27	28	27	28	20	21	25	20	24	19	20	22	24	23						
28	29	30	27	25	28	26	29	28	20	24	24	22	22	19	21	20	19	19						
29	26	26	28	26	25	30	27	19	22	22	25	23	20	25	22	22	24	18						
29	29	26	28	25	27	29	26	27	23	19	21	24	22	19	21	18	25	20						

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D >= 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.50	9	0.89
SUMA (CI + CE + CD)	10.39		
D	51.97		
IRI	3.04		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

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

j) Rugosidad Merlín tramo 0+400 a 0+800 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 0+400.00	PROGRESIVA FINAL: 0+800.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 2 I - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																FRECUECIAS		LECTURAS		HISTOGRAMA			
26	26	27	28	27	27	26	29	26	23	21	23	20	23	24	22	20	22	23	19		0	1	
29	29	27	28	27	28	27	29	25	22	23	23	23	24	23	22	20	22	21	23	0	2		
27	27	26	29	27	28	29	29	26	24	24	21	21	21	20	22	20	23	23	23	0	3		
27	27	27	25	27	29	27	29	28	25	20	24	20	24	24	22	22	22	21	24	0	4		
28	27	29	27	25	26	29	30	25	24	24	21	20	21	24	21	22	24	24	21	0	5		
26	28	28	25	25	27	26	27	26	23	25	21	21	22	22	19	24	21	24		0	6		
27	25	29	26	28	29	30	26	27	24	20	20	23	21	24	21	20	19	19	23	0	7		
25	29	28	28	27	27	25	28	26	20	25	20	20	19	19	25	25	22	21	19	0	8		
26	27	27	27	28	28	27	25	26	21	24	23	22	23	23	20	23	20	20	22	0	9		
25	27	25	30	26	25	26	29	27	24	20	24	25	24	23	24	19	21	19	25	0	10		
FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000																0	11						
CALCULO DE "D"																0	12						
D = (CI + CE + CD) x 5																0	13						
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA																0	14						
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA																0	15						
CALCULO DEL "IRI"																0	16						
D >= 38.37 mm D < 38.37 mm																0	17						
IRI = 0.593 + 0.0471 x D IRI = 0.0485 x D																0	18						
				COLA IZQUIERDA (CI)		CENTRO (CE)		COLA DERECHA (CD)		9	19	XXXXXXXXXX											
FRACCIONES				0.94		8		0.53		18	20	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
SUMA (CI + CE + CD)						9.48				18	21	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
D						47.39				16	22	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
IRI						2.83				20	23	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										22	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										20	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										17	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										28	27	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										14	28	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										15	29	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX											
										3	30	XXX											
										0	31												
										0	32												
										0	33												
										0	34												
										0	35												
										0	36												
										0	37												
										0	38												
										0	39												
										0	40												
										0	41												
										0	42												
										0	43												
										0	44												
										0	45												
										0	46												
										0	47												
										0	48												
										0	49												
										0	50												

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	

k) Rugosidad Merlín tramo 0+800 a 1+200 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 0+800.00	PROGRESIVA FINAL: 1+200.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 3 I - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																				FRECUECIAS		LECTURAS		HISTOGRAMA	
27	26	28	26	25	27	28	29	27	25	24	24	21	25	23	22	23	23	23	21	0	1				
26	25	27	27	29	27	28	26	28	22	24	24	22	22	23	24	20	21	23	21	0	2				
27	26	27	27	27	26	29	28	23	22	22	23	24	23	25	21	21	25	20		0	3				
27	27	27	26	28	25	28	28	24	20	25	21	21	21	23	22	20	25	20		0	4				
27	25	29	28	26	27	26	28	24	23	20	22	21	20	20	23	24	24	24		0	5				
29	28	27	29	26	28	25	25	29	21	23	22	23	23	21	21	22	23	21	24	0	6				
25	27	29	27	26	28	25	27	26	23	22	21	20	24	22	22	21	21	19	21	0	7				
27	29	26	26	29	26	30	27	28	23	24	25	20	25	20	19	21	21	21	21	0	8				
26	26	29	27	25	29	28	30	29	22	22	21	24	21	24	23	24	23	20	23	0	9				
29	29	29	27	29	28	29	27	25	24	22	23	25	24	20	22	21	21	21	24	0	10				
FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000																				0	11				
CALCULO DE "D"																				0	12				
D = (CI + CE + CD) x 5																				0	13				
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA																				0	14				
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA																				0	15				
CALCULO DEL "IRI"																				0	16				
D >= 38.37 mm D < 38.37 mm																				0	17				
IRI = 0.593 + 0.0471 x D IRI = 0.0485 x D																				0	18				
		COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)	2	19	XX																		
FRACCIONES		0.38	8	0.56	13	20	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
SUMA (CI + CE + CD)			8.94		27	21	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
D			44.70		17	22	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
IRI			2.70		22	23	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					20	24	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					19	25	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					17	26	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					26	27	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					17	28	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					18	29	XXXXXXXXXXXXXXXXXX																		
					2	30	XX																		
					0	31																			
					0	32																			
					0	33																			
					0	34																			
					0	35																			
					0	36																			
					0	37																			
					0	38																			
					0	39																			
					0	40																			
					0	41																			
					0	42																			
					0	43																			
					0	44																			
					0	45																			
					0	46																			
					0	47																			
					0	48																			
					0	49																			
					0	50																			

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	

1)

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
--	--

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 1+200.00					PROGRESIVA FINAL: 1+600.00					LONGITUD: 400.00 metros					Protocolo N°: 4 I - 2024				
CAPA: CONCRETO ASFALTICO					CARRIL: IZQUIERDO					FECHA: 28-Ene-24					Operador: Ricardo Porras				
Toma de datos: RMPN					OBSERVACIONES: Ninguna														

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																								
28	27	26	26	27	27	25	26	26	25	22	23	22	23	23	24	22	22	24	23					
25	26	28	25	28	26	29	26	26	24	24	23	23	25	23	23	23	24	20	21					
26	26	27	27	27	25	26	29	29	23	23	21	22	25	21	21	22	23	20	20					
27	28	25	27	28	28	26	29	28	23	25	22	23	23	24	24	24	24	20	24					
28	25	27	28	27	25	27	28	23	22	25	22	21	20	25	24	24	23	22	22					
28	26	28	27	26	28	26	27	28	23	21	24	23	25	23	21	23	21	21	25					
25	25	29	28	29	27	27	26	26	20	21	24	23	23	20	22	22	24	25	20					
28	25	25	27	27	26	29	28	24	23	21	22	22	22	21	21	20	25	20						
27	27	26	27	28	26	28	26	28	22	24	23	22	23	22	21	23	21	25	24					
28	27	27	29	28	27	27	29	28	22	23	23	20	23	23	20	22	19	20	21					

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
----------------------	--------	---------

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"	
D >= 38.37 mm	D < 38.37 mm
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	IRI = 0.0485 x D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACIONES	0.38	8	0.09
SUMA (CI + CE + CD)	8.48		
D	42.38		
IRI	2.59		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

HISTOGRAMA

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

LECTURAS	FRECUENCIAS
19	2
20	13
21	15
22	19
23	33
24	15
25	23
26	21
27	24
28	22
29	11
30	0
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	0
40	0
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

m) Rugosidad Merlín tramo 1+600 a 2+000 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 1+600.00	PROGRESIVA FINAL: 2+000.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 5 I - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																
26	25	25	28	25	27	28	28	27	24	24	21	21	22	21	24	22
26	26	28	27	26	27	28	27	28	22	24	25	25	24	22	22	24
26	26	26	27	26	28	27	27	26	22	22	21	23	21	24	23	24
26	25	25	28	26	28	28	28	26	23	23	25	21	21	23	22	23
26	28	26	27	28	25	27	26	26	25	25	22	24	24	22	23	24
27	26	28	26	26	26	27	26	27	22	24	24	23	21	21	20	23
26	27	28	28	25	28	28	28	28	21	23	24	24	21	22	25	20
27	25	26	28	27	29	27	28	27	22	25	22	23	24	21	23	21
27	26	27	26	29	26	25	26	26	21	22	24	21	23	25	23	24
27	26	26	27	26	29	27	26	28	23	25	21	22	23	23	20	24

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
----------------------	--------	---------

CALCULO DE "D"		
$D = (CI + CE + CD) \times 5$		
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA		
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA		

CALCULO DEL "IRI"		
D >= 38.37 mm	D < 38.37 mm	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	IRI = 0.0485 x D	

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.70	6	0.70
SUMA (CI + CE + CD)	7.39		
D	36.96		
IRI	1.79		

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación	
$IRI = 0.0485 \times D$	

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

n) Rugosidad Merlín tramo 2+000 a 2+400 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+000.00	PROGRESIVA FINAL: 2+400.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 6 I - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
26	26	25	28	28	26	28	27	25	22	23	23	23	22	21	23	23	21	20	
27	27	27	25	26	28	28	28	26	22	23	21	25	21	21	22	24	23	21	22
28	27	28	25	25	28	27	28	29	23	23	22	22	25	24	25	22	23	22	22
26	25	27	28	27	27	27	27	28	25	23	22	25	23	24	25	23	22	21	23
27	26	26	28	27	27	27	27	25	24	24	24	25	25	24	21	23	25	20	22
27	28	27	26	28	27	28	28	27	23	23	23	24	24	25	24	23	23	21	20
26	27	26	26	25	26	26	26	25	21	23	22	21	21	24	22	21	21	22	22
25	27	27	27	27	28	28	28	26	25	22	21	23	20	21	24	22	21	20	22
27	26	28	28	27	29	28	28	26	25	22	25	24	23	21	21	22	20	21	21
28	27	26	28	27	28	27	28	28	22	21	23	22	25	23	22	20	20	24	23

FACTOR DE CORRECCION F.C. = 1.00000

CALCULO DE "D"

$$D = (CI + CE + CD) \times 5$$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D >= 38.37 mm

D < 38.37 mm

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$IRI = 0.0485 \times D$$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.91	6	0.73
SUMA (CI + CE + CD)	7.64		
D	38.21		
IRI	1.85		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.0485 \times D$$

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

o)

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
--	--

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+400.00		PROGRESIVA FINAL: 2+800.00		LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 71 - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras		
TECNICO:		OBS:			

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
25	26	26	26	27	28	25	28	28	22	24	23	22	24	22	21	23	24	25	24
26	27	27	27	26	27	26	26	26	23	25	23	23	23	24	23	23	21	24	22
27	27	27	27	26	26	26	25	26	25	22	21	23	23	24	24	25	25	25	23
26	27	26	27	28	25	26	28	22	21	21	22	24	23	23	21	21	20	22	22
25	27	27	27	26	26	26	29	28	23	23	24	23	21	22	24	20	24	25	21
25	26	27	26	27	27	27	27	26	24	25	22	25	25	24	24	22	21	20	22
25	27	26	26	28	26	27	28	21	21	21	23	25	21	21	23	21	24	25	23
25	26	26	26	27	27	26	25	26	25	24	22	21	23	24	21	22	20	20	24
26	28	26	28	25	26	27	26	28	23	22	21	24	24	24	24	25	20	22	22
26	28	28	27	28	28	27	28	25	21	24	23	22	23	24	24	21	24	23	23

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
----------------------	--------	---------

CALCULO DE "D"		
$D = (CI + CE + CD) \times 5$		
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA		
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA	CE = CENTRO	CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"	
D >= 38.37 mm	D < 38.37 mm
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	IRI = 0.0485 x D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.81	6	0.44
SUMA (CI + CE + CD)	7.25		
D	36.24		
IRI	1.76		

COMENTARIOS

En este caso se usa la ecuación

$$IRI = 0.0485 \times D$$

HISTOGRAMA

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

Detailed description: The histogram displays the frequency of reading hours per week. The horizontal axis (x-axis) is labeled from 1 to 50 in increments of 1. The vertical axis (y-axis) is labeled from 0 to 33 in increments of 1. The data is represented by a series of 'X' marks. The frequency starts at 6 for 20 hours, increases to 21 for 21 hours, 16 for 22 hours, and then rises to a peak of 28 for 24 hours. After 24 hours, the frequency decreases: 25 for 25 hours, 33 for 26 hours, 29 for 27 hours, 16 for 28 hours, and 1 for 29 hours. From 30 hours to 50 hours, the frequency is 0.

Hours (X-axis)	Frequency (Y-axis)
20	6
21	21
22	16
23	25
24	28
25	25
26	33
27	29
28	16
29	1
30-50	0

p) Rugosidad Merlín tramo 2+800 a 3+200 Carril izquierdo

TESISTA: PORRAS NÚÑEZ Ricardo Miguel	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

RUGOSIDAD DE CARRETERA IQUITOS NUTA KM 0+000 A KM 3+200 MAYNAS LORETO 2023"

PROGRESIVA INICIAL: 2+800.00	PROGRESIVA FINAL: 3+200.00	LONGITUD: 400.00 metros	Protocolo N°: 8 I - 2024
CAPA: CONCRETO ASFALTICO	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 28-Ene-24	Operador: Ricardo Porras
Toma de datos: RMPN	OBSERVACIONES: Ninguna		

RUGOSIDAD MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
25	28	27	27	25	26	26	28	28	22	25	22	24	24	22	21	24	22	21	
28	27	27	28	26	28	26	26	29	23	24	24	21	22	23	22	21	23	22	24
26	26	26	26	26	27	29	27	26	21	23	25	24	21	21	21	23	23	22	22
27	28	26	27	28	27	29	27	27	23	25	25	24	23	25	24	21	22	24	23
25	26	25	28	26	29	26	27	29	23	21	22	21	23	22	20	23	24	23	21
28	27	27	27	29	26	26	28	26	23	22	24	23	23	22	23	22	22	22	22
25	26	27	28	26	29	28	27	26	22	21	21	24	21	25	23	22	25	23	19
27	26	26	26	29	29	28	26	27	22	22	21	20	23	22	20	21	21	19	25
26	27	26	25	28	28	27	27	27	25	20	21	21	24	23	23	19	24	25	21
29	25	26	27	28	29	26	26	28	23	24	22	23	20	23	25	21	24	22	22

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
----------------------	--------	---------

CALCULO DE "D"		
$D = (CI + CE + CD) \times 5$		
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA		
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA		

CALCULO DEL "IRI"		
D >= 38.37 mm	D < 38.37 mm	
IRI = 0.593 + 0.0471 x D	IRI = 0.0485 x D	

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES	0.91	7	0.09
SUMA (CI + CE + CD)	8.00		
D	40.00		
IRI	2.48		

COMENTARIOS	
En este caso se usa la ecuación $IRI = 0.0485 \times D$	

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

Anexo 5. Panel fotográfico



Inicio del rodamiento del Merlín



Toma de datos de campo



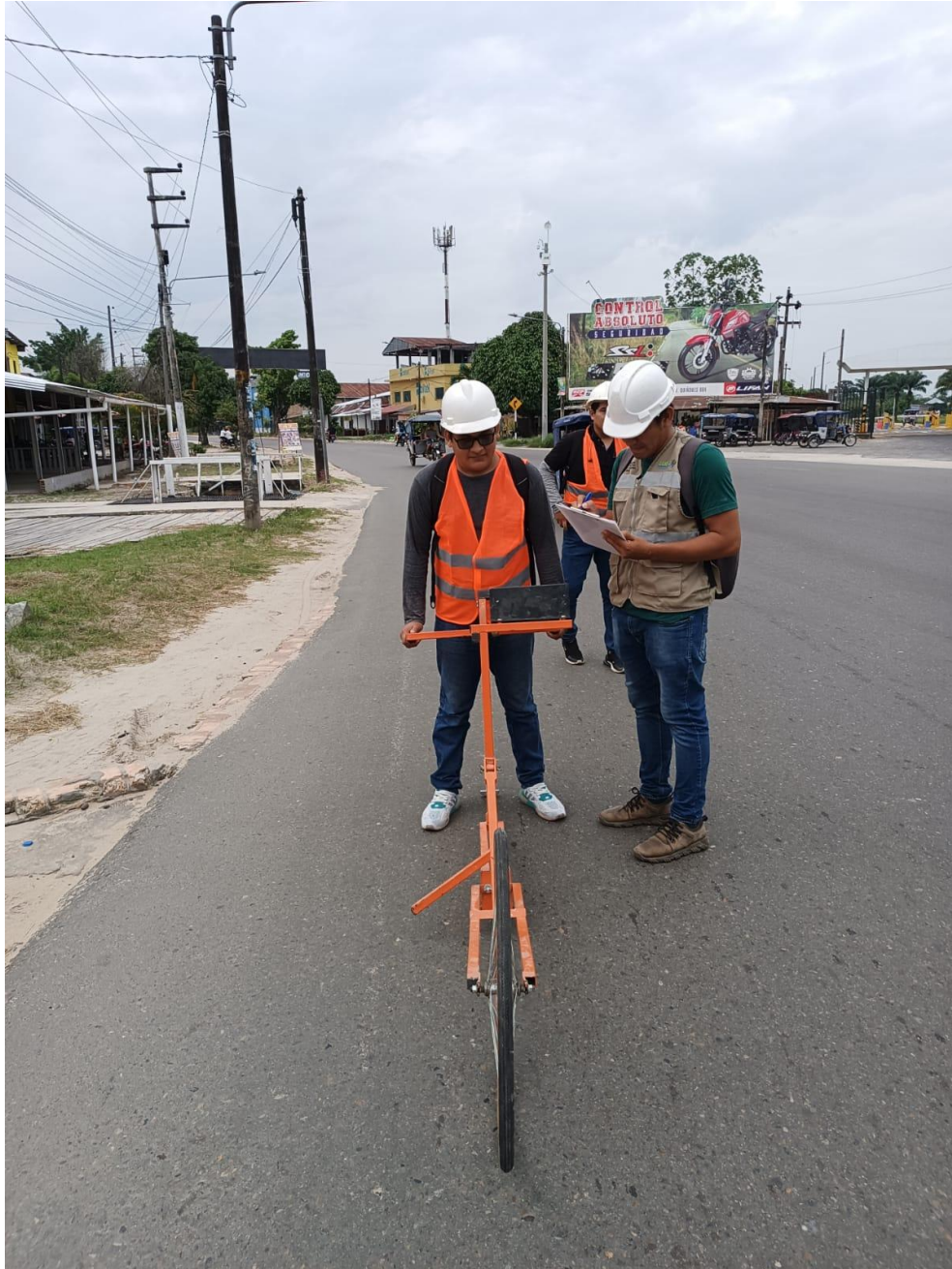
Tabajo en km 1-000



Toma de datos en km 2-000



Anotaciones del lado izquierdo



Anotaciones lado derecho



Lecturas en Merín lado derecho



Chequeo de las tomas e instrumento



Lecturas con asistente de apoyo



Parte final del trabajo