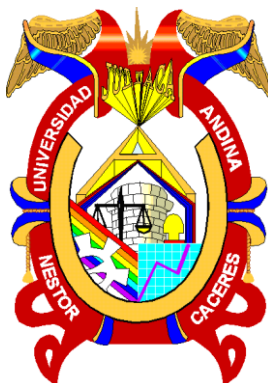




UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES



**FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN
MIGUEL – SAN ROMÁN 2023**

TESIS PRESENTADA POR:
RICARDO CESAR PARICAHUA CHAIÑA

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

JULIACA - PERÚ
2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL – SAN ROMÁN 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

MIEMBRO DEL JURADO :


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS :


Dr. ARNALDO YANA TORRES

Línea de investigación:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 595-2024-D-EPG-UANCV/J

Viernes, 20 de diciembre del 2024

VISTOS:

El expediente N° 2024-0132115, presentado por el (la) Bachiller **PARICAHUA CHAIÑA RICARDO CESAR**, con número de DNI. **70928548**, asignado (a) con código de matrícula **1920100113**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. **PARICAHUA CHAIÑA RICARDO CESAR**, con número de DNI. **70928548**, asignado (a) con código de matrícula **1920100113**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL – SAN ROMAN 2023** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** y;

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 27 de noviembre del 2024. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL – SAN ROMAN 2023** Elaborado por el (la) Bachiller **PARICAHUA CHAIÑA RICARDO CESAR**. Integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Miembro del Jurado	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Miembro del Jurado	:	Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Asesor de Tesis	:	Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	:	Viernes 27 de diciembre del 2024
Hora	:	11:00 a.m.
Lugar	:	Aula N° 310 EPG - UANCV- JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado **MAESTRO** de los estudiantes que ingresaron después a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)

Cc: Archv EPG (01)
Interesado (01)
Cargo (01)
Jurados (03)
Asesor (01)
Expediente (01)
LWCC/Inv.



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCION DIRECTORAL N° 641- 2023- USA-EPG/UANCV

Juliaca, 08 de Agosto del 2023.

VISTOS:

El expediente N° 2023 - 06218, de fecha 13 de Julio de 2023, presentado por el (la) Bach. **RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA** con DNI N° **70928548**, código de matrícula **1920100113** quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulada **FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el grado académico de **MAESTRO** en **INGENIERIA CIVIL** mención en **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítica de actualidad de alta valor científica.

Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máxima el candidato a Magister, Maestra o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular N° 238 - 2023-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 24 de Mayo del 2023, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformada por los siguientes docentes:

Presidente	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Primer Miembro	: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Segundo Miembro	: Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Asesor	: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

Que, con registro N° 003576, de fecha 13 de Julio del 2023, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023** presentado por el (la) Bach. **RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA** cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR, el Proyecto de investigación de Tesis de **MAESTRIA** y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023** presentado por el (la) Bach. **RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA** para obtener el grado académico de **MAESTRO** en **INGENIERIA CIVIL** de la UANCV.

SEGUNDO: ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativa, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Candori Cari
DIRECTOR (e)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"

Mg. PERCY GONZALO PUMA PUMA
SECRETARIO ACADEMICO

c/c/CARGO (01)
ARCHIVO EPG-2023 (01)
INTERESADO (01)
LWCC/VCH



RICARDO CESAR PARICAHUA CHAIÑA

FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN...

 TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:551403401

Fecha de entrega

31 ene 2026, 14:50 GMT-5

Fecha de descarga

1 feb 2026, 7:11 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70928548_M.pdf

Tamaño del archivo

18.6 MB

198 páginas

30.824 palabras

162.951 caracteres



23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 19%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios - UANCV

Tesis	
FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL – SAN ROMÁN 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70928548
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-6531-8375
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción – P50



Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Coordenadas: Longitud: -15.478236° Latitud: -70.130694° https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1QBgEvizwkuNshj3n4FAK9tMgLn6iswE&usp=s_haring 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo del 2023 – Diciembre del 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CERREÓN"
ESCUELA DE POSTGRADO
Dr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA, identificado con DNI
Nro. 70928548 en mi condición de egresado de:

- ☐ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☒ Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en INGENIERIA CIVIL, mención : GEOTECNIA Y TRANSPORTES.

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

" FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN 2023 "

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 11 de SEPTIEMBRE del 2025

FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Esta investigación está especialmente dirigida a los jóvenes investigadores del bicentenario, a aquellos individuos que poseen un fuerte deseo de progreso personal y a todos aquellos que anhelan transformar sus vidas y contribuir a la construcción de un futuro más prometedor. Se busca inspirar a quienes están comprometidos con el avance del conocimiento, así como a quienes aspiran a un cambio significativo en su entorno y sociedad, fomentando así un impacto positivo y duradero.



AGRADECIMIENTO

Estoy profundamente agradecido con Dios por el regalo de la vida, su guía constante, y por ser mi sostén en tiempos de adversidad y vulnerabilidad.

A mis padres, Ricardo Enrique Paricahua Rosada y Alejandrina Josefa Chaiña Viza, les expreso mi más sincero agradecimiento por ser los impulsores de mis sueños, por confiar en mí y apoyarme siempre, así como por los valiosos consejos, valores y principios que me inculcaron.



ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	xxii

CAPÍTULO I

El Problema

1.1. Exposición de la Situación Problemática	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Justificación de la Investigación	2
1.3.1. Justificación Técnica	2
1.3.2. Justificación Económica	2
1.3.3. Justificación Social	3
1.3.4. Justificación Ambiental	3
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis General	4



1.5.2. Hipótesis Específicas	4
1.6. Variables e Indicadores.....	4
1.7. Operacionalización de las Variables	6

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.2. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.2.1. Antecedentes de nivel internacional	7
2.2.2. Antecedentes de nivel nacional	10
2.3. Marco Teórico	13
2.3.1. Pavimento	13
2.3.2. Evaluación de pavimentos.....	15
2.3.3. Evaluación funcional del pavimento.....	16
2.3.4. Índice de condición del pavimento	16
2.3.5. Deterioro del pavimento	18
2.3.6. Fallas en el pavimento flexible.....	18
2.3.7. Causa de la aparición de fallas.....	23
2.3.8. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	23
2.3.9. Regularidad superficial del pavimento	27
2.3.10. Importancia de la regularidad	27
2.3.11. Escala y características del IRI	28
2.3.12. Métodos y equipos de evaluación del estado superficial	29
2.3.13. Equipos para evaluar la rugosidad	31
2.3.14. Niveles de Rugosidad	32
2.3.15. Correlaciones D versus IRI.....	34
2.3.16. Ejecución de ensayos	36



2.3.17.	Serviciabilidad de pavimentos	37
2.3.18.	Índice de Serviabilidad Presente (PSI)	38
2.3.19.	Relaciones entre PSI e IRI	39
2.4.	Marco Conceptual.....	40
2.4.1.	Condición del pavimento	40
2.4.2.	Deterioro del pavimento	40
2.4.3.	Fallas en el pavimento.....	40
2.4.4.	Nivel de severidad de daños	41
2.4.5.	Acciones correctivas y/o preventivas	41

CAPÍTULO III

Metodología de la Investigación

3.1.	Método de la Investigación	42
3.1.1.	Nivel	42
3.1.2.	Tipo de investigación.....	43
3.2.	Diseño de la Investigación	44
3.3.	Población y Muestra	44
3.3.1.	Población	44
3.3.2.	Muestra	44
3.4.	Técnicas e instrumentos de la investigación	48
3.4.1.	Técnicas de la Investigación.....	48
3.4.2.	Instrumentos de Investigación	49
3.5.	Procedimiento de Investigación mediante el Método de PCI.....	49
3.5.1.	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	50
3.5.2.	Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación	52
3.5.3.	Evaluación de la Condición	54



3.5.4.	Pasos para Cálculo del PCI de las Unidades de Muestra	57
3.5.5.	Cálculo de la densidad de cada falla por unidad de muestra	57
3.5.6.	Determinar el valor deducido de cada falla	58
3.5.7.	Determinar el número de deducidos	59
3.5.8.	Determinar el valor de deducidos más alto	60
3.5.9.	Determinar el número admisible de deducidos	60
3.5.10.	Determinar el cálculo de condición del pavimento	61
3.5.11.	Cálculo del máximo valor deducido corregido	61
3.5.12.	Cálculo del PCI por unidad de muestra	62
3.5.13.	Índice de Condición del Pavimento Avenida 3 de octubre	63
3.5.14.	Índice de Condición del Pavimento Avenida Manco Cápac	64
3.5.15.	Índice de Condición del Pavimento Avenida Infancia	64
3.5.16.	Índice de Condición del Pavimento Avenida Triunfo	65
3.6.	Procedimiento de Investigación mediante el método índice de regularidad internacional - Rugosímetro Merlín	65
3.6.1.	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	67
3.6.2.	Cálculo del Índice de Serviciabilidad del Pavimento	68
3.6.3.	Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Derecho	68
3.6.4.	Cálculo del IRI Avenida Triunfo – Margen Derecho	71
3.6.5.	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho	72
3.6.6.	Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Derecho... ..	72
3.6.7.	Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Izquierdo	72
3.6.8.	Cálculo del IRI Avenida Triunfo – Margen Izquierdo	74



3.6.9. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo	76
3.6.10. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Izquierdo	76
3.6.11. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia – Margen Derecho	76
3.6.12. Cálculo del IRI Avenida Infancia – Margen Derecho	78
3.6.13. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho	79
3.6.14. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen Derecho	79
3.6.15. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia – Margen Izquierdo	80
3.6.16. Cálculo del IRI Avenida Infancia – Margen Izquierdo	82
3.6.17. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo	83
3.6.18. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen Izquierdo	83
3.6.19. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac – Margen Derecho	84
3.6.20. Cálculo del IRI Avenida Manco Cápac – Margen Derecho	86
3.6.21. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho	87
3.6.22. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac – Margen Derecho	87
3.6.23. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo	88
3.6.24. Cálculo del IRI Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo	90
3.6.25. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo	90
3.6.26. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo	91



3.7. Validez Y Confiabilidad Del Instrumento	91
--	----

3.8. Diseño De La Estrategia Para La Prueba De Hipótesis	91
--	----

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

4.1. Resultados del Índice de Condición del Pavimento.....	93
--	----

4.2. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Derecho	104
---	-----

4.2.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho.....	104
---	-----

4.2.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Derecho... ..	105
--	-----

4.3. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Izquierdo	105
---	-----

4.3.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo	105
--	-----

4.3.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Izquierdo.....	106
---	-----

4.4. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia – Margen Derecho.....	106
---	-----

4.4.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho	106
---	-----

4.4.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen Derecho	107
---	-----

4.5. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia – Margen Izquierdo	107
--	-----

4.5.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo	107
---	-----

4.5.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen Izquierdo.....	107
--	-----

4.6. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac – Margen Derecho	108
---	-----



4.6.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho..	108
4.6.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac Margen Derecho	108
4.7. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo	109
4.7.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo.	109
4.7.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo.....	109
4.8. Análisis comparativo del índice de condición del pavimento PCI y el índice de regularidad internacional IRI	109
4.8.1. Similitudes:.....	110
4.8.2. Diferencias:	111
4.8.3. Eficiencia:.....	112
4.9. Proceso De La Contrastación De Hipótesis	113
4.9.1. Prueba de hipótesis T de Student.....	113
4.10. Discusión de resultados.....	115
4.10.1. Discusión de la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento.....	115
4.10.2. Discusión del índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román del año 2023.....	116
4.10.3. Discusión del índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román del año 2023	117
4.10.4. Discusión del método con mayor eficiencia al momento de diagnosticar el estado de los pavimentos del cercado de San Miguel en el 2023	118



CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	6
Tabla 2 Rango de índice de condición del pavimento	17
Tabla 3 Tabla de apariciones de las fallas	23
Tabla 4 Tabla de equipos utilizados en la regularidad superficial del pavimento	31
Tabla 5 Tabla de niveles de rugosidad	32
Tabla 6 Tabla de calificación de serviciabilidad	37
Tabla 7 Tabla de escala de serviciabilidad	39
Tabla 8 Clasificación cualitativa del PCI	50
Tabla 9 Datos de UM del proyecto	53
Tabla 10 Registro de fallas encontradas y densidad en la unidad de muestra 1.....	58
Tabla 11 Registro de fallas con sus valores deducido de cada falla	59
Tabla 12 Valores deducidos UM 01 avenida 3 de octubre	61
Tabla 13 Resultado de PCI Avenida 3 de octubre	64
Tabla 14 Resultado de PCI Avenida Manco Cápac	64
Tabla 15 Resultado de PCI Avenida Infancia.....	64
Tabla 16 Resultado de PCI Avenida El Triunfo.....	65
Tabla 17 Lectura de campo avenida triunfo margen derecho	69
Tabla 18 Intervalo de desviaciones y frecuencia	70
Tabla 19 Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho	72
Tabla 20 Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Derecho según PSI y PCI.....	72
Tabla 21 Lectura de campo avenida triunfo margen izquierdo	73
Tabla 22 Intervalo de desviaciones y frecuencia	73
Tabla 23 Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo.....	76
Tabla 24 Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Izquierdo según PSI y PCI.....	76
Tabla 25 Lectura de campo Av. Infancia margen derecho	77
Tabla 26 Intervalo de desviaciones y frecuencia	77
Tabla 27 Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho.....	79
Tabla 28 Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Derecho según PSI y PCI	79
Tabla 29 Lectura de campo Avenida Infancia margen izquierdo	80
Tabla 30 Intervalo de desviaciones y frecuencia	81



Tabla 31	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo	83
Tabla 32	Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Izquierdo según PSI y PCI	83
Tabla 33	Lectura de campo Avenida Manco Cápac derecho	84
Tabla 34	Intervalo de desviaciones y frecuencia	85
Tabla 35	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho	87
Tabla 36	Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Derecho según PSI y PCI	87
Tabla 37	Lectura de campo Av. Manco Cápac margen Izquierdo	88
Tabla 38	Intervalo de desviaciones y frecuencia	89
Tabla 39	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo	90
Tabla 40	Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo según PSI y PCI	91
Tabla 41	Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida 3 de octubre	93
Tabla 42	Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Manco Cápac	95
Tabla 43	Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Infancia	97
Tabla 44	Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Triunfo	100
Tabla 45	Resumen de PCI por unidad de muestra, para cada Avenida estudiada	103
Tabla 46	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho	105
Tabla 47	Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Derecho según PSI y PCI	105
Tabla 48	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo	105
Tabla 49	Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Izquierdo según PSI y PCI	106
Tabla 50	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho	106
Tabla 51	Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Derecho según PSI y PCI	107
Tabla 52	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo	107
Tabla 53	Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Izquierdo según PSI y PCI	107
Tabla 54	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho	108



Tabla 55	Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Derecho según PSI y PCI	108
Tabla 56	Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo	109
Tabla 57	Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo según PSI y PCI	109
Tabla 58	Comparación de resultados entre PCI e IRI – rugosímetro Merlin	110
Tabla 59	Resultados de análisis	114
Tabla 60	Desarrollo de datos Prueba t	114



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fallas en pavimento flexible	18
Figura 2 Escala de rugosidad IRI (m/km)	25
Figura 3 Rugosidad inicial IRI (m/km) según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente	26
Figura 4 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos	28
Figura 5 Gráfico típico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo	29
Figura 6 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio	33
Figura 7 Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.	34
Figura 8 Esquema del Rugosímetro de Merlín	35
Figura 9 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio	36
Figura 10 Ubicación de pavimento flexible en Avenida 3 de octubre en San Miguel – San Román.....	45
Figura 11 Ubicación de pavimento flexible en Avenida Manco Cápac en San Miguel – San Román.....	46
Figura 12 Ubicación de pavimento flexible en Avenida Infancia en San Miguel – San Román	46
Figura 13 Ubicación de pavimento flexible en Avenida Triunfo en San Miguel – San Román	47
Figura 14 Distribución de unidades de muestras en Av 3 de octubre y Av Manco Cápac en San Miguel – San Román	47
Figura 15 Distribución de unidades de muestras en Av Infancia y Av Triunfo en San Miguel – San Román.....	48
Figura 16 Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica.....	51
Figura 17 Fotografía de la Evaluación del índice de condición del pavimento	55
Figura 18 Fotografía de la Inspección de fallas en la vía de estudio	55
Figura 19 Fotografía de identificación de fallas en la vía de estudio.....	56
Figura 20 Fotografía de la identificación de defectos en la ruta de análisis	56



Figura 21	Abaco para la falla grieta de esquina y obtener el valor deducido	59
Figura 22	Abaco de máximo valor deducido corregido en pavimentos de concreto	62
Figura 23	Fotografía de la Evaluación del método índice de regularidad internacional - Rugosímetro Merlín.....	66
Figura 24	Fotografía de la Calibración de pastilla de bicicleta Merlín	66
Figura 25	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Triunfo – Margen Derecho.	71
Figura 26	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Triunfo – Margen Izquierdo.	74
Figura 27	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Infancia – Margen Derecho.	78
Figura 28	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Infancia – Margen Izquierdo.	82
Figura 29	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Manco Cápac – Margen Derecho.	86
Figura 30	Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo.	89
Figura 31	Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida 3 de Octubre	94
Figura 32	Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Manco Cápac.....	96
Figura 33	Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Infancia	99
Figura 34	Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Triunfo.....	101
Figura 35	Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Triunfo.....	104



RESUMEN

Esta investigación analiza la interrelación entre dos métodos clave para la evaluación de la calidad de los pavimentos flexibles: el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). El estudio se centra en los pavimentos flexibles de las principales avenidas del cercado de San Miguel, en la provincia de San Román, durante el año 2023, con el objetivo de generar una base de datos detallada sobre su estado actual, facilitando el análisis y la toma de decisiones para su conservación y optimización. El enfoque metodológico es cuantitativo, permitiendo un análisis preciso y objetivo de los datos. Se adoptó un estudio analítico con un nivel descriptivo, lo que permitió detallar las características observadas, y un diseño de investigación no experimental, es decir, no se intervinieron las variables, sino que se observaron en su contexto natural. Para asegurar la fiabilidad y validez de los resultados, se emplearon técnicas estadísticas como las "Tablas Cruzadas" y el "Alfa de Cronbach," siendo este último esencial para evaluar la consistencia interna del instrumento de medición utilizado en el estudio. En términos de alcance, la investigación abarcó una evaluación exhaustiva de 4.1 kilómetros de pavimento flexible, distribuidos en 63 unidades de muestra ubicadas en cuatro avenidas principales del distrito de San Miguel. Los resultados indicaron que, en promedio, los pavimentos analizados presentaron un Índice de Condición del Pavimento (PCI) que los clasifica en un estado "regular," lo cual implica que requieren atención y posible mantenimiento. De igual forma, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) también clasificó estos pavimentos dentro de una categoría "regular," reafirmando así la correlación directa entre ambos métodos de evaluación utilizados en la investigación. Estos hallazgos subrayan la efectividad de emplear tanto el IRI como el



PCI como herramientas complementarias para la evaluación del estado de los pavimentos, lo que puede ser fundamental para futuras intervenciones de mantenimiento y políticas de gestión vial.

Palabras claves: Pavimento flexible, Índice de Condición del Pavimento, Índice de Rugosidad Internacional, Fallas, rugosidad y regularidad.



ABSTRACT

This research analyzes the interrelationship between two key methods for evaluating the quality of flexible pavements: the International Roughness Index (IRI) and the Pavement Condition Index (PCI). The study focuses on the flexible pavements of the main avenues of the San Miguel fence, in the province of San Román, during the year 2023, with the objective of generating a detailed database on their current state, facilitating the analysis and decision making for its conservation and optimization. The methodological approach is quantitative, allowing a precise and objective analysis of the data. An analytical study with a descriptive level was adopted, which made it possible to detail the observed characteristics, and a non-experimental research design, that is, the variables were not intervened, but were observed in their natural context. To ensure the reliability and validity of the results, statistical techniques such as "Cross Tables" and "Cronbach's Alpha" were used, the latter being essential to evaluate the internal consistency of the measurement instrument used in the study. In terms of scope, the investigation encompassed a comprehensive evaluation of 4.1 kilometers of flexible pavement, distributed in 63 sample units located on four main avenues in the San Miguel district. The results indicated that, on average, the pavements analyzed presented a Pavement Condition Index (PCI) that classifies them in a "fair" state, which implies that they require attention and possible maintenance. Likewise, the International Roughness Index (IRI) also classified these pavements within a "regular" category, thus reaffirming the direct correlation between both evaluation methods used in the research. These findings highlight the effectiveness of using both the IRI and the PCI as complementary tools for assessing the condition of



pavements, which may be essential for future maintenance interventions and road management policies.

Keywords: Flexible pavement, Pavement Condition Index, International Roughness Index, Failures, roughness, and regularity.

.



INTRODUCCIÓN

En el distrito de San Miguel, perteneciente a la provincia de San Román, resulta crucial observar y analizar el estado de los pavimentos debido a que es un distrito reciente y es fundamental considerar las condiciones de sus vías. Por esta razón, la presente investigación se centra en examinar la relación entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el cercado de San Miguel.

El primer capítulo expone el objetivo central de esta investigación: "examinar la relación entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en los pavimentos del cercado de San Miguel, San Román, durante el año 2023." El estudio tiene como propósito evaluar el estado actual de los pavimentos flexibles en dicha área para el año 2023, empleando los métodos PCI e IRI, con el fin de identificar la correlación entre ambos índices. Asimismo, busca generar una base de datos que sirva como referencia para estudios futuros, considerando la presencia de fallas en los pavimentos, tales como parches, grietas longitudinales y transversales, entre otros.

El segundo capítulo examina estudios previos que han investigado la relación entre el PCI y el IRI, así como la determinación de los índices de condición del pavimento y la rugosidad internacional. Este análisis resalta la importancia del tema en cuestión. Se utilizarán los métodos IRI y PCI para analizar su relación y evaluar el estado actual de la vía bajo estudio, con el objetivo de no comprometer su condición actual.

En el tercer capítulo, se explica que la investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo observacional y de nivel relacional, lo que permite investigar la conexión entre los distintos índices y características observadas.



El cuarto capítulo presenta los análisis y cálculos realizados, junto con las tablas necesarias para identificar los diversos tipos de fallas y condiciones presentes en la zona de estudio durante el año 2023.

Finalmente, el quinto capítulo presenta los resultados obtenidos y las discusiones correspondientes a la investigación. En este apartado, se realizó la evaluación de un tramo total de 4.1 kilómetros de pavimento flexible, el cual se dividió en 63 unidades de muestra para facilitar el análisis. Tras la implementación de los métodos de análisis, se concluyó que tanto el Índice de Condición del Pavimento (PCI) como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) clasifican el estado del pavimento como "regular".

Estos resultados no solo evidencian el estado actual de las vías analizadas, sino que también confirman una correlación significativa entre ambos métodos de evaluación, ya que ambos índices proporcionaron conclusiones consistentes sobre el estado de los pavimentos. Este hallazgo refuerza la validez de emplear tanto el PCI como el IRI como herramientas complementarias para el análisis de pavimentos, lo que sugiere su utilidad en estudios futuros sobre la conservación y optimización de la infraestructura vial.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Exposición de la Situación Problemática

En la provincia de San Román se cuenta con cinco distritos de los cuales, uno de los distritos más recientes y con proyección de crecimiento importante en el sur del país es San Miguel, el cual dentro de las vías que está compuesto tenemos pavimentos del tipo flexible y rígido.

De acuerdo a los archivos con los que cuenta el municipio de San Miguel, no posee una base de datos actualizada en referencia al estado situacional de los pavimentos con los que cuenta desde el año 2018. Esto es algo que se pretende solucionar con la presente investigación, además de evidenciar la relación que se encuentra entre el IRI y el PCI y el prevenir en las medidas correctivas que se deberá aplicar.

El problema que se aborda en la presente investigación radica en que se carece de la información necesaria y actualizada sobre el estado de pavimentos con los que cuenta el distrito, además de si los diferentes métodos de identificar el estado de un pavimento guardan relación o son muy diferentes, para así actuar de manera eficaz ante dichas condiciones.



Se realiza la investigación con la finalidad de analizar la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento del pavimento del cercado de San Miguel – San Román en el año 2023 y brindar una base de datos que sirva como pilar para poder desarrollar diseños, mantenimientos y demás procesos a los pavimentos.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el actual índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román en el año 2023?
- ¿Cuál es el actual índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román en el año 2023?
- ¿Cuál de los dos métodos de análisis brinda una mayor eficiencia?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Justificación Técnica

La investigación brinda una base de datos sólida, confiable y actualizada sobre la relación que guardan los métodos PCI e IRI y del estado de pavimentos con los que cuenta el distrito de San Miguel, para así actuar de manera eficaz ante dichas condiciones. El cual servirá de base para efectuar futuros estudios del sistema vial, con fines de mantenimiento y conservación de vías en pavimentos flexibles.

1.3.2. Justificación Económica

Al realizar la investigación se contribuye en a identificar la relación que existe entre los métodos PCI e IRI y a la creación de una base de datos y así acortar la

brecha de tiempo en la realización de estudios para mantenimiento y/o conservación vial en pavimentos flexibles.

1.3.3. Justificación Social

Con la investigación se pretende dar información y así concientizar a la población del distrito de San Miguel, evitar hacer mal uso de la vía, reportar los daños y fallas que surgen de manera imprevista. Beneficiando al sector transporte y a la población por transitar en vías en buen estado.

1.3.4. Justificación Ambiental

Con esta investigación se pretende evitar dañar la estructura del pavimento a fin de utilizar métodos no destructivos y así poder lograr cumplir con el objetivo de la investigación.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Analizar la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento del pavimento del cercado de San Miguel – San Román en el año 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Hallar el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román del año 2023.
- Determinar el índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román del año 2023.
- Identificar el método con mayor eficiencia al momento de diagnosticar el estado de los pavimentos del cercado de San Miguel en el 2023.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento son métodos equivalentes, debido a que los resultados son semejantes.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- El índice de condición del pavimento promedio del cercado de San Miguel es Regular.
- El índice de rugosidad internacional promedio del cercado de San Miguel es Regular.
- El índice de condición del pavimento es el método más eficiente en comparación del índice de rugosidad internacional, debido al poco uso de recursos.

1.6. Variables e Indicadores

- **Índice de Rugosidad Internacional**

Escala numérica de 0 a 12 m/km, cero (0) para una superficie perfectamente uniforme y doce (12) para un camino intransitable.

- **Índice de condición del pavimento**

Este método tiene como propósito principal analizar el estado de un pavimento a partir de una inspección visual exhaustiva de su superficie. A través de dicha inspección, se pueden detectar defectos o anomalías que comprometen su rendimiento y su vida útil. La evaluación se lleva a cabo utilizando una escala numérica que va desde cero (0) hasta cien (100). En esta escala, el valor de cero (0) indica un pavimento en condiciones de falla o gravemente deteriorado, mientras que el valor de cien (100) señala que el pavimento se encuentra en perfectas condiciones, sin daños visibles y con un excelente nivel de conservación. Esta herramienta resulta



clave para establecer prioridades en las acciones de mantenimiento, asegurando una infraestructura vial que sea segura y eficiente.

- **Estado del Pavimento**

Características que presenta el pavimento de manera superficial como estructural.

- **Fallas en el pavimento**

Son los defectos que se encuentran en los pavimentos y estos pueden ser de orden funcional o estructural

- **Severidad de fallas**

Es la magnitud con que se identifica a las fallas de los pavimentos en bajo, medio y alto.

- **Rugosidad del pavimento**

Se define como la desviación o irregularidad de una superficie en comparación con una superficie completamente plana, lo que tiene un impacto directo en varios aspectos relacionados con el desempeño vial. Estas irregularidades alteran la dinámica del vehículo al transitar por dicha superficie, afectando la estabilidad y el control del conductor durante la conducción. Además, influyen negativamente en la calidad del manejo, ya que generan incomodidad, vibraciones y movimientos indeseados en el vehículo.

1.7. Operacionalización de las Variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variables dependientes	Indicadores	Técnicas	Instrumentos y medición
Índice de Rugosidad Internacional	Escala numérica de 0 a 12 m/km, cero (0) para una superficie completamente lisa y doce (12) para un camino intransitable.	Datos extraídos de campo	Manual IRI
Índice de condición del pavimento	Índice numérico que varía entre 0 a 100, para identificar el estado situacional de un pavimento fallado o malo y un pavimento en perfecto estado	Datos extraídos de campo y análisis	Norma ASTM D6433 Manual PCI
Variables independientes			
Estado del Pavimento	Condición del Pavimento. Características del pavimento.	Procesamiento de datos en gabinete	Tipos de daños en superficies de pavimentos Análisis
Fallas en el pavimento	Tipos de defectos en el pavimento		Manual PCI
Severidad de fallas.	Grado de la falla: alta (H), media (M), baja (L).	Análisis	Manual PCI
Rugosidad del pavimento	Escala para evaluar la variación de las irregularidades en la superficie del pavimento, elevaciones y depresiones		Manual IRI



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. *Antecedentes de nivel internacional*

Camacho Cuéllar Diego J. (2017) menciona que este estudio se centró en analizar las vías de la malla vial arterial de Bogotá, con el propósito de determinar si existe una correlación significativa entre ambos índices en la evaluación de la calidad de las vías.

Los resultados del estudio demostraron que las correlaciones encontradas entre el PCI y el IRI no son uniformes, sino que dependen del lugar específico donde se realiza el análisis. Esto sugiere que la relación entre estos dos métodos puede variar considerablemente según las características geográficas, el tráfico, y las condiciones específicas del entorno vial. Además, aunque ambos métodos son ampliamente utilizados y respetados en el campo de la ingeniería vial para medir la calidad y el estado de los pavimentos, el estudio de Camacho Cuéllar reveló que las diferencias entre el PCI y el IRI en sus mediciones son mínimas. Este hallazgo indica que, a pesar de ser métodos diferentes con fundamentos técnicos y enfoques distintos, las conclusiones obtenidas con cada uno de ellos son bastante similares,



proporcionando datos complementarios para una evaluación integral del estado de las vías urbanas en Bogotá.

En conclusión, el estudio resalta que, aunque ambos métodos pueden ser utilizados de manera independiente para la evaluación de pavimentos, es fundamental considerar el contexto y las características particulares del área de estudio, ya que la correlación entre el PCI y el IRI puede variar y, en algunos casos, la utilización conjunta de ambos podría ofrecer un panorama más detallado y preciso sobre el estado de las vías.

Rodríguez Zelaya Edgar V, para la evaluación de pavimentos flexibles y rígidos en El Salvador." El propósito central de este estudio fue desarrollar y aplicar una metodología innovadora para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), un indicador clave en la evaluación de la calidad de las superficies de las carreteras.

La investigación se centró en la utilización de un equipo específico, basado en el dispositivo MERLIN, una herramienta de bajo costo diseñada para medir la rugosidad de los pavimentos. El objetivo fue emplear este equipo para realizar evaluaciones detalladas de las condiciones de rugosidad tanto en pavimentos flexibles como en rígidos en diversas áreas de El Salvador. Este enfoque metodológico buscó proporcionar una solución económica y eficiente para las mediciones de rugosidad, lo que es especialmente relevante en contextos donde los recursos financieros para el mantenimiento de infraestructuras viales pueden ser limitados.

El estudio no solo se enfocó en la medición del IRI, sino también en la validación de la efectividad del MERLIN como una alternativa viable para estudios viales. Al desarrollar esta metodología, los investigadores pretendieron optimizar los procesos de evaluación del estado de los pavimentos, ofreciendo una herramienta



práctica y accesible que pudiera ser implementada en futuros estudios de mantenimiento y rehabilitación de carreteras. En resumen, la investigación de Rodríguez Zelaya, Torres Mayorga y Villeda Alvarenga contribuye a la ingeniería vial en El Salvador al proporcionar una metodología adaptable para medir la rugosidad de pavimentos, beneficiando tanto a pavimentos flexibles como rígidos con una solución de medición eficiente y de bajo costo.

De acuerdo con Díaz Aguirre Pedro N. & Ramírez Suárez Diego F. (2021), autores que realizaron la investigación, en el cual tiene como uno de sus objetivos evaluar el estado funcional del pavimento en el tramo 4 Esquinas - Sesquilé de 27 km, utilizando los datos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), llegando así a las conclusiones que el estudio y evaluación de los pavimentos, se posee una existencia múltiples de factores que influyen en la condición y desempeño del pavimento, medibles mediante diversos equipos. Cada uno tiene un ritmo de deterioro particular, vinculado al tráfico, los materiales, el proceso constructivo, el drenaje o la geometría. Sin embargo, es necesario abandonar enfoques simplificados, ya que muchos de estos factores comparten causas de deterioro y deben estudiarse de forma integrada.

En el estudio llevado a cabo por Oblitas Gastelo Boris E., Medina Cardozo Ingrid I., y Paredes Asalde Carmen R. (2021), los autores realizaron una revisión sistemática de la literatura enfocada en los métodos de evaluación de pavimentos flexibles, centrándose específicamente en el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). A través de esta revisión, se buscó recopilar y analizar la información más relevante y actual sobre ambos métodos, con el fin de proporcionar una visión comprensiva de su aplicabilidad en la evaluación de pavimentos.

El propósito fundamental de esta investigación fue determinar los niveles de serviciabilidad de los pavimentos flexibles utilizando tanto el IRI como el PCI, que son dos herramientas ampliamente reconocidas en el ámbito de la ingeniería vial. Los autores examinaron cómo cada método contribuye a medir y evaluar el rendimiento de los pavimentos, haciendo hincapié en las ventajas y limitaciones de cada uno en contextos específicos. Asimismo, la revisión permitió identificar patrones comunes en los resultados de diversas investigaciones previas, lo que facilitó una mejor comprensión de cómo estos índices pueden emplearse conjuntamente para una evaluación más precisa y completa de la condición de los pavimentos.

Los autores concluyen que es crucial llevar a cabo evaluaciones superficiales de los pavimentos para conocer su estado actual y así evitar la realización de labores de rehabilitación, conservación y construcción de pavimentos sin una base técnica sólida. En ausencia de políticas adecuadas de inversión y mantenimiento, los pavimentos pueden sufrir fallas progresivas en la superficie de rodadura. Por el contrario, mediante un adecuado proceso de gestión de infraestructura de pavimentos, se puede acceder rápidamente a la información sobre los índices de rugosidad y condición del pavimento, permitiendo recomendaciones específicas de intervención para cada tramo. Esto asegura una inversión eficiente de los recursos y ayuda a prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

2.1.2. Antecedentes de nivel nacional

González Gutiérrez, Zael K., y Contreras Baca, Gandhi A. (2022) realizaron una investigación en la localidad de San Jerónimo – Andahuaylas, cuyo propósito fue analizar la relación entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). El estudio se centró en evaluar el impacto de las fallas superficiales sobre la calidad del

pavimento flexible en la Avenida José María Arguedas, buscando comprender cómo estas afectaciones influyen en los índices mencionados y, en consecuencia, en el estado general del pavimento.

Los resultados de la investigación revelan una relación significativa entre la presencia de fallas superficiales en el pavimento flexible y el nivel de rugosidad del mismo. En las conclusiones del estudio, se observa que, en el margen derecho de la avenida, el 57.1% del pavimento está en pésima condición, un 28.6% se encuentra en condición regular, y el 14.3% presenta una condición mala, de acuerdo con el inventario de condición vial establecido por el manual de carreteras para el año 2022 en el distrito de San Jerónimo - Andahuaylas. Estos hallazgos subrayan la importancia de evaluar adecuadamente las condiciones del pavimento para identificar las necesidades de intervención y mantenimiento de manera efectiva.

El investigador Fabrizio Allende Garcia, menciona que la evaluación del PCI y el IRI" (2017), se planteó como objetivo principal analizar cómo varía la serviciabilidad de las vías a través de la medición del PCI y el IRI. Además, se propuso identificar si existe una relación de correspondencia entre los resultados numéricos y cualitativos proporcionados por ambos índices, con el fin de evaluar la eficiencia de las vías y su estado de conservación.

El estudio concluyó que la serviciabilidad evaluada a través del PCI y el IRI muestra variaciones notables. Esta discrepancia se atribuye al hecho de que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) tiende a arrojar resultados más conservadores en comparación con el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Como consecuencia, se determinó que no existe una correspondencia directa entre los valores obtenidos por ambos índices, lo que indica que cada uno proporciona una visión diferente sobre el estado del pavimento. Esta diferencia en las evaluaciones puede impactar en los

procesos de toma de decisiones relacionados con el mantenimiento y la gestión de las vías.

En la investigación realizada por Huanca Gomez, Roxana B. (2021) menciona que se establece como objetivo principal evaluar la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para lograr una serviciabilidad óptima en la Avenida Municipal, específicamente en el tramo comprendido entre el Óvalo Cuzco y la Av. Bohemia Tacneña en Tacna, durante el año 2020.

El estudio llegó a la conclusión de que, tras implementar el método del rugosímetro MERLIN para medir la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Municipal, se registró un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 4,414 m/km. Este valor ubicó el pavimento en la categoría de "regular," lo que indica que, si bien la superficie no se encuentra en un estado óptimo, aún es transitable, pero requiere atención para evitar un deterioro mayor.

De manera complementaria, se aplicó la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para obtener una evaluación más detallada del estado del pavimento, arrojando como resultado una calificación de "muy malo." Esta evaluación refleja un deterioro considerable en el pavimento, con presencia de daños visibles que podrían afectar la seguridad y funcionalidad de la vía si no se interviene de manera oportuna.

La comparación de los resultados a partir de ambos métodos evidencia una correlación notable, ya que ambos índices señalan que el estado del pavimento no es satisfactorio. Aunque el IRI lo clasifica como "regular" y el PCI lo evalúa de manera más crítica, ambos sugieren la necesidad de intervenciones urgentes para mejorar las condiciones de la infraestructura vial. En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de utilizar múltiples herramientas de evaluación para obtener una visión

integral del estado de las vías y priorizar adecuadamente las acciones de mantenimiento.

En la investigación realizada por Niño Díaz Elmer A. y Torres Arroyo Bianca L. (2021), el objetivo principal fue evaluar el estado del pavimento de la Avenida Sáenz Peña, en JLO, utilizando el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Al finalizar el estudio, los autores concluyeron que ambos métodos de evaluación, tanto el IRI como el PCI, clasificaron el pavimento en una condición "mala." Estos resultados destacan la urgente necesidad de intervenir para mejorar el estado de la vía, a fin de asegurar una mejor transitabilidad y seguridad para los vehículos que circulan por la zona.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. *Pavimento*

Provías (2008), según lo citado por Supo (2018), describe los pavimentos como estructuras complejas que se construyen sobre la subrasante de una carretera o vía, cuya función principal es absorber y distribuir de manera eficaz las cargas y esfuerzos generados por el paso de los vehículos. Este diseño estructural desempeña un papel esencial para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios, ya que contribuye a mantener un tránsito fluido y estable. Al distribuir las cargas de manera uniforme, se reduce el impacto sobre la vía, prolongando su vida útil y minimizando el desgaste prematuro. Además, la correcta implementación de estos pavimentos no solo mejora la experiencia de desplazamiento, sino que también disminuye significativamente el riesgo de accidentes, al ofrecer superficies más seguras y adecuadas para el tránsito vehicular. De esta manera, el diseño de pavimentos se convierte en un elemento clave para mantener la infraestructura vial en condiciones óptimas, asegurando tanto la comodidad como la protección de quienes la utilizan (p. 18).

Los pavimentos están diseñados y contruidos no solo para soportar el peso estático de vehículos estacionados o en espera, sino también para resistir las fuerzas dinámicas generadas por el movimiento continuo de los vehículos en diferentes velocidades y condiciones. Además, estas estructuras deben estar preparadas para soportar las diversas influencias ambientales, como cambios de temperatura, lluvias, radiación solar, y otros factores climáticos que puedan afectar su integridad y durabilidad a lo largo de un tiempo estipulado.

La composición de los pavimentos no es uniforme; están conformados por varias capas superpuestas, cada una elaborada con materiales específicos de diferentes calidades y propiedades, seleccionados de acuerdo con su función dentro de la estructura. Estas capas pueden incluir desde bases y sub-bases de material granular hasta capas de rodadura de asfalto o concreto, cada una diseñada para contribuir a la resistencia general del pavimento, así como a su capacidad de drenaje, flexibilidad, y capacidad para distribuir las cargas, garantizando así un rendimiento adecuado y prolongando la vida útil de la infraestructura vial.

Pavimento de asfalto o flexible. Supo (2018) explica que este tipo de pavimentos se caracteriza por ser sistemas estratificados, donde las capas superiores están compuestas por materiales de mejor calidad para soportar altos niveles de esfuerzo, mientras que las capas inferiores, sujetas a menores niveles de esfuerzo, están hechas de materiales de calidad inferior (p. 13).

Ventajas del pavimento flexible:

- La construcción inicial resulta más económica.
- Posee un periodo de vida de 10 y 15 años.

Desventajas del pavimento flexible:

- Requiere de un mantenimiento constante.

- Son afectadas por cargas pesadas que generan fallas en el asfalto.
- El agua es su principal agente que le afecta negativamente.
- El tratamiento más frecuente es en uso de selladores de grietas y recubrimientos.

2.2.2. Evaluación de pavimentos

Las evaluaciones tanto funcionales como estructurales permiten identificar y diagnosticar los deterioros presentes en un pavimento, cuya naturaleza puede variar según el tipo de material y diseño utilizado. Estas evaluaciones se realizan para comprender el estado actual del pavimento, así como su capacidad para soportar las cargas y condiciones a las que está expuesto. Existen tres métodos principales para llevar a cabo estas evaluaciones:

- Inspección visual: Este método consiste en una observación directa y detallada de la superficie del pavimento, identificando defectos visibles como grietas, baches, deformaciones o desgastes. A través de la inspección visual, se puede obtener una evaluación rápida del estado general del pavimento sin necesidad de equipos especializados.
- Ensayos no destructivos: Estos ensayos implican el uso de tecnología que permite evaluar las propiedades y condiciones del pavimento sin causar daños. Entre los métodos más comunes se encuentran el uso de dispositivos como el deflectómetro de impacto (FWD), que mide la respuesta del pavimento bajo carga, o el escáner de radar, que detecta capas internas y su integridad estructural. Este tipo de ensayo es ventajoso porque permite obtener información detallada sin comprometer la estructura del pavimento.
- Ensayos destructivos: Este tipo de evaluación implica tomar muestras físicas del pavimento, como núcleos o segmentos, para ser sometidos a pruebas en

laboratorio. Estos ensayos proporcionan información precisa sobre la composición, resistencia y otros aspectos críticos del pavimento, pero tienen el inconveniente de que requieren intervenir físicamente la estructura, lo que puede generar daños locales.

2.2.3. Evaluación funcional del pavimento

También conocido como control superficial del pavimento, este procedimiento se centra en identificar los daños presentes en la superficie del pavimento que, aunque no afectan su estructura ni su capacidad de soporte, sí influyen en la experiencia de los usuarios de las vías. La evaluación del pavimento consiste en un informe detallado que describe su estado actual, con el propósito de facilitar la toma de toma de decisiones fundamentadas para las reparaciones y mantenimiento necesarias. Estas intervenciones tienen como objetivo extender la vida útil del pavimento, por lo que es fundamental realizar una evaluación objetiva y adecuada a las condiciones específicas del entorno (Zevallos, 2018, p. 26).

2.2.4. Índice de condición del pavimento

El Índice de Condición del Pavimento, comúnmente identificado por sus siglas PCI, tiene como propósito central evaluar el estado de un pavimento mediante inspecciones visuales detalladas de su superficie. Este método es aplicable tanto a pavimentos de asfalto como a aquellos contruidos con hormigón, ya sea en su forma simple o reforzada. A través de este sistema, se observan y registran diferentes tipos de defectos o deterioros visibles en la superficie del pavimento, lo que permite generar un diagnóstico preciso sobre su condición.

El PCI tiene una historia que respalda su desarrollo como un método confiable para la evaluación de pavimentos. Surgió de la necesidad de contar con un sistema estandarizado que pudiera ofrecer una valoración objetiva y uniforme sobre el estado

de las vías, facilitando tanto la planificación de su mantenimiento como la toma de decisiones para intervenciones futuras. A lo largo del tiempo, este método ha sido perfeccionado y adoptado a nivel internacional debido a su eficacia y facilidad de implementación, convirtiéndose en una herramienta fundamental para ingenieros civiles y especialistas en infraestructura vial.

- - Según Hiliquín (2016), entre 1974 y 1976, el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, en colaboración con los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, desarrolló un sistema para gestionar el mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles mediante el uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI) (p. 1).

Tabla 2

Rango de índice de condición del pavimento

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 – 0	Fallado

Nota: Según la adaptación de Vásquez (2002), el rango numérico del Índice de Condición del Pavimento se destaca como una de las metodologías más completas para la evaluación y clasificación objetiva de pavimentos dentro de los modelos de Gestión Vial actuales. Su aplicación es práctica y no requiere de herramientas especializadas, más allá de los componentes que ya integran el propio sistema de evaluación, lo que facilita su uso en distintos contextos y situaciones viales.

Ventajas del índice de condición del pavimento. Es un método que se aplica con mucha facilidad, y no genera destrucción en las vías evaluadas además de que no requiere muchas herramientas sofisticadas.

2.2.5. Deterioro del pavimento

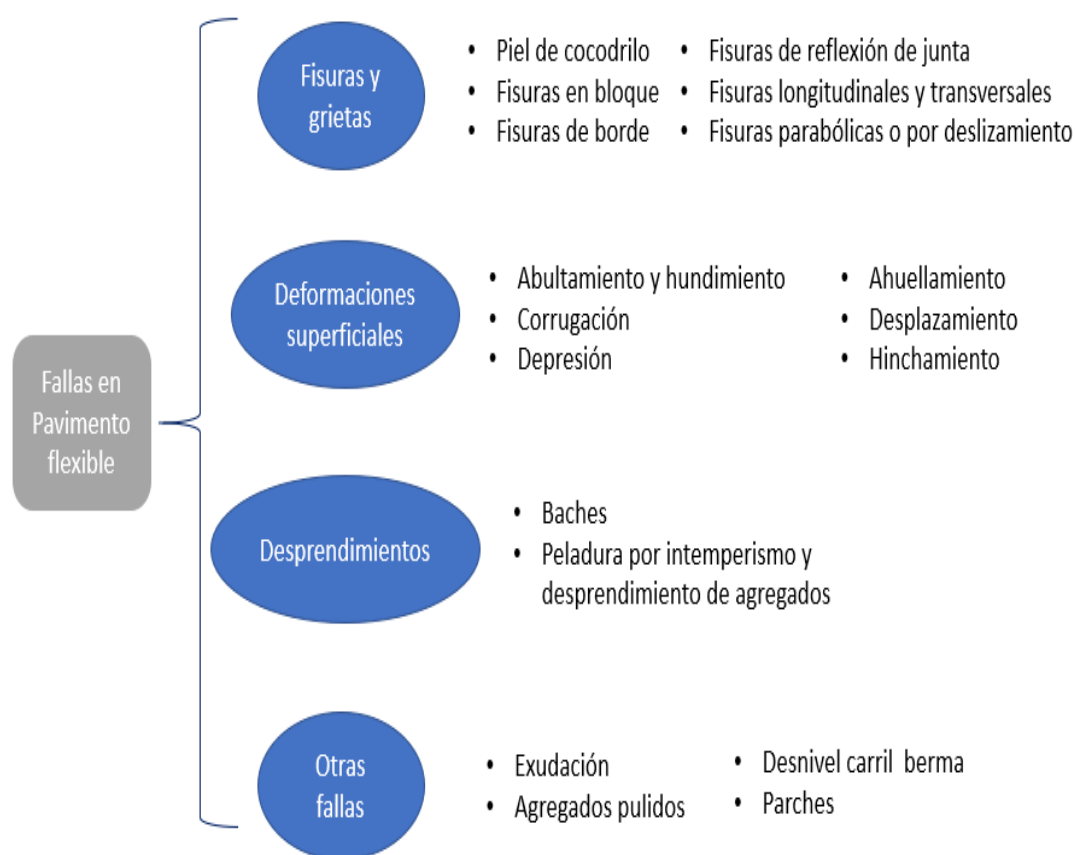
Grupo Bitafal (2020) indica que el deterioro superficial en los pavimentos refleja el grado de daño ocasionado por factores como el tráfico vehicular, las condiciones ambientales y el envejecimiento de los materiales que componen la capa de rodadura.

2.2.6. Fallas en el pavimento flexible

De acuerdo al manual de PCI (índice de condición de pavimento) dentro del pavimento flexible se encuentra 19 tipos de fallas, y estos son:

Figura 1

Fallas en pavimento flexible



Nota: Clasificación de fallas en pavimentos flexibles.

Piel de cocodrilo. Llamado así debido a la aparición de grietas por fatiga, de acuerdo al manual de PCI (2002) menciona lo siguiente:

Vásquez (2002) señala que estas grietas interconectadas se generan como resultado del desgaste de la capa asfáltica debido a la repetida presión ejercida por

el tráfico. Este tipo de daño se clasifica como un problema estructural importante y, a menudo, se presenta junto con el fenómeno del ahuellamiento (p. 10).

Exudación. Esta falla surge debido al exceso de asfalto en la mezcla, demasiada aplicación del sellante asfáltico o pocos espacios de aire, y según el manual de PCI (2002) indica:

Vásquez (2002) describe la exudación como la formación de una capa de material bituminoso sobre la superficie del pavimento. Esta capa se caracteriza por ser brillante, cristalina y reflectante, y a menudo adquiere una textura pegajosa (p. 12).

Agrietamiento en bloque. Esta falla se origina por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos diarios de temperatura, siendo una característica particular que indica un endurecimiento significativo del asfalto, sin estar relacionada con las cargas del tránsito. De acuerdo con Ingepav (2002), Vásquez (2002) define las grietas en bloque como un patrón de grietas interconectadas que dividen el pavimento en fragmentos de forma aproximadamente rectangular. El tamaño de estos bloques puede variar entre 0.30 m x 0.30 m y 3.0 m x 3.0 m (p. 14).

Abultamientos (BUMPS) y hundimientos (SAGS). De acuerdo con Ingepav (2002), los Los abultamientos se definen como fallas en el pavimento donde se producen pequeños levantamientos hacia arriba, mientras que los hundimientos representan el fenómeno contrario, manifestándose como desplazamientos pequeños y abruptos hacia abajo en la estructura del pavimento:

Los abultamientos pueden originarse debido a:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto.
2. Aumento por efecto de la congelación.
3. Infiltración y elevación del material en una grieta. (Vásquez, 2002, pág. 16)

Corrugación. Falla llamada como lavadero y es ocasionado por el tránsito sumado a una carpeta y/o base inestable, según el ingepav (2002) comenta:

Vásquez (2002) describe este fenómeno como una sucesión de elevaciones y depresiones que aparecen a intervalos regulares, generalmente a distancias menores de 3.0 metros. Estas elevaciones se presentan de forma perpendicular a la dirección del tráfico (p. 18).

Depresión. Esta falla posee una peculiaridad, ya que en un pavimento seco son fáciles de identificar debido a las manchas generadas por el acumulamiento de agua en el pavimento, de acuerdo al manual de PCI (2002) menciona lo siguiente:

Grieta de borde. Vásquez (2002) Indica que las grietas de borde se forman de manera paralela al borde del pavimento, generalmente a una distancia de entre 0.30 y 0.60 metros de dicho borde. Estas grietas pueden desarrollarse más rápidamente debido al peso y movimiento del tráfico, y a menudo aparecen por un debilitamiento de la base o subrasante cercano al borde del pavimento, situación que suele agravarse por las condiciones climáticas. (p. 22).

Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland). Esta falla no se relaciona con las cargas de tránsito, y son generadas exclusivamente en los pavimentos asfálticos ejecutados encima de una losa de concreto, de acuerdo al manual de PCI (2002)

Desnivel carril / berma. El desnivel entre el carril y la berma se refiere a la diferencia de altura que existe entre el borde del pavimento y la berma. Este tipo de deterioro se produce debido a la erosión de la berma, al asentamiento de la misma o a la colocación de capas adicionales en la calzada sin ajustar el nivel de la berma (Vásquez, 2002, p. 26).

Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento pórtland). Según Ingepav (2002), estas fallas se deben a una serie de factores, entre los que se incluye una inadecuada dosificación en la junta de carril, lo que compromete la cohesión y resistencia del pavimento. Además, la contracción de la superficie asfáltica, provocada por bajas temperaturas, también contribuye al deterioro, ya que genera tensiones internas que la estructura no puede soportar. Por otro lado, el endurecimiento excesivo del asfalto es otro factor clave, ya que este proceso reduce la flexibilidad del material, haciéndolo más propenso a agrietarse ante las variaciones térmicas y otras condiciones ambientales adversas. Estos elementos en conjunto crean un entorno favorable para el desarrollo de fallas en el pavimento, que afectan su rendimiento y durabilidad.

Parcheo y acometidas de servicios públicos. De acuerdo al manual de PCI (índice de condición de pavimento) (2002), un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente.

Pulimento de agregados. Este tipo de deterioro ocurre como resultado de la repetición constante de las cargas de tránsito. Cuando el material agregado en la superficie del pavimento se torna suave al tacto, se reduce de manera significativa la adherencia entre las llantas del vehículo y la carretera (Vásquez, 2002, p. 32).

Huecos. Esta falla consiste en pequeñas hundimientos en la superficie del pavimento, con dimensiones inferiores a 0.90 metros y con una forma similar a un tazón. Se produce cuando el tráfico vehicular provoca el desprendimiento de pequeños fragmentos de la capa superficial del pavimento.

Cruce de vía férrea. Las fallas asociadas al cruce de vías férreas son: abultamientos o depresiones al contorno o entre los rieles.

Ahuellamiento. Esta falla según el manual de PCI (índice de condición de pavimento) (2002) es una depresión en la parte superficial del pavimento para ser más exactos en las huellas de las ruedas y puede generar una falla considerable de tipo estructural en el pavimento.

Desplazamiento. Viene a ser movimiento prolongado y permanente que se produce a lo largo de una sección específica de la superficie del pavimento, provocado por las cargas repetitivas del tránsito vehicular. Este tipo de daño, que altera la uniformidad del pavimento, suele presentarse en aquellos pavimentos que contienen mezclas asfálticas con componentes líquidos inestables, tales como el cutback o la emulsión asfáltica. Estas mezclas no son lo suficientemente resistentes para soportar las fuerzas generadas por el tráfico constante, lo que lleva a que la superficie se desplace de manera gradual y persistente. Este fenómeno afecta tanto la calidad de la vía como la seguridad del tránsito (Vásquez, 2002, p. 39).

Grietas parabólicas (slippage). Este tipo de falla tiene una forma de media luna creciente y, de acuerdo con el manual de PCI (Índice de Condición del Pavimento) (2002), se origina cuando las ruedas, al frenar o girar, provocan el deslizamiento o deformación de la superficie del pavimento. Generalmente, este tipo de daño se presenta en pavimentos con mezclas asfálticas de baja resistencia o debido a una mala adhesión entre la capa superficial y la capa subyacente en la estructura del pavimento (Vásquez, 2002, p. 41).

Hinchamiento. Esta falla es generada por la presencia de suelos expansivos en la subrasante o por el congelamiento de este, se caracteriza por la presencia de un pandeo en dirección a la parte superior de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor de 3 metros.

Meteorización / desprendimiento de agregados. Esta falla es la pérdida de la parte superficial del pavimento generado por la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado.

2.2.7. *Causa de la aparición de fallas*

Las fallas en el pavimento se generan como resultado de acciones directas o indirectas que actúan sobre su estructura.

Tabla 3

Tabla de apariciones de las fallas

CAUSA DE LA APARICIÓN DE FALLAS:
La repetición de cargas.
Las condiciones climáticas.
El peso de las capas estructurales.

Nota: Causas de las apariciones de las Fallas en pavimentos.

2.2.8. *Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*

Definición. El Índice de Rugosidad Internacional, conocido por sus siglas IRI, es un estándar estadístico ampliamente utilizado para evaluar la rugosidad de las superficies de las carreteras. Este índice fue introducido por el Banco Mundial en 1986 como una medida para cuantificar la calidad y el nivel de confort de las carreteras y otras infraestructuras viales. El IRI se estableció con el objetivo de proporcionar una metodología uniforme y consistente que permitiera a los ingenieros y responsables de la gestión vial evaluar y comparar la condición de las carreteras a nivel internacional. Según Caro Rivera (2012), este índice se ha convertido en una referencia clave en la industria de la construcción y mantenimiento de vías, ya que ofrece datos precisos sobre la irregularidad del pavimento, lo cual es esencial para la

planificación de proyectos de rehabilitación, el diseño de estrategias de mantenimiento, y la mejora general de la transitabilidad vehicular.

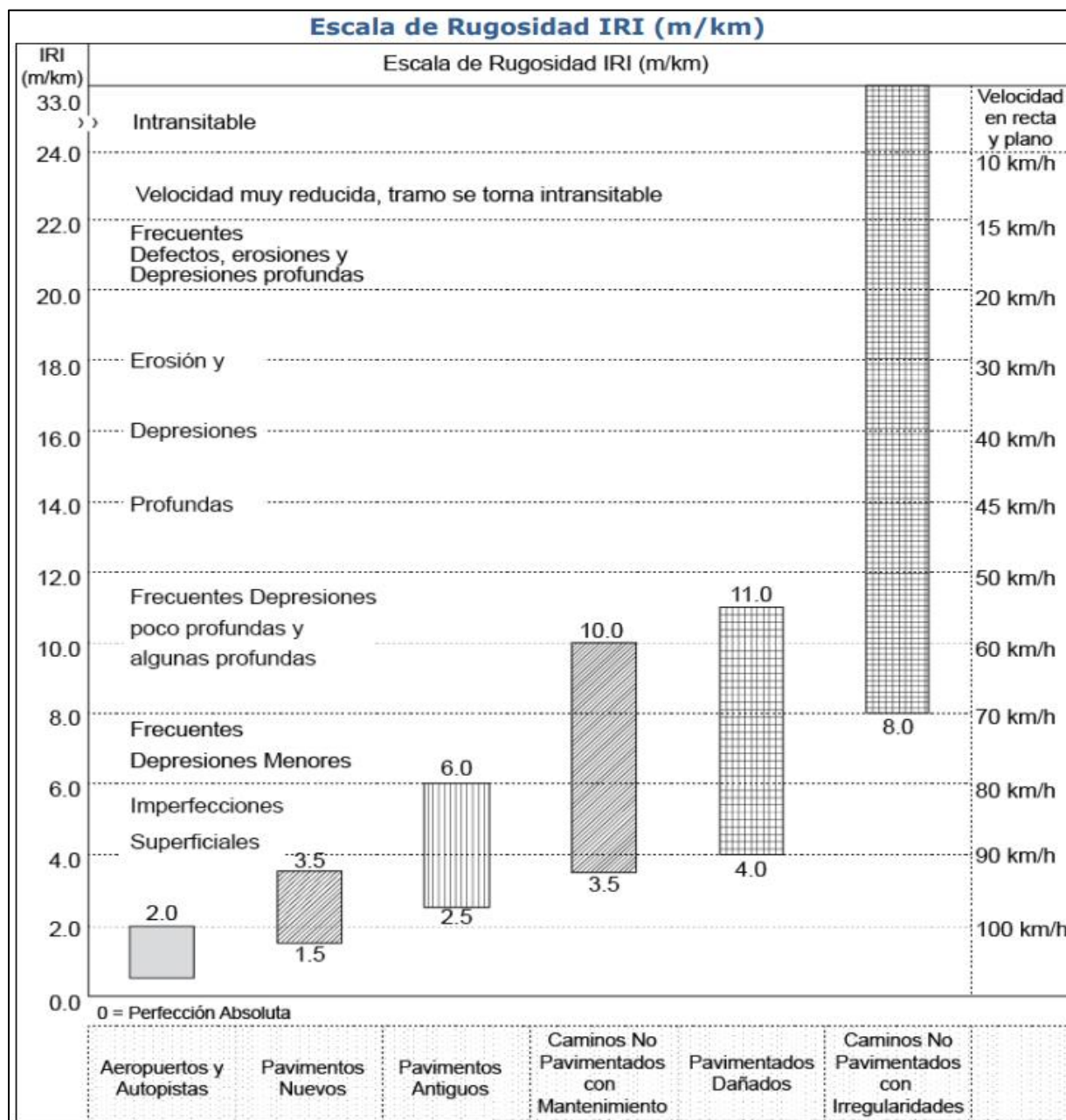
El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es un indicador que mide cómo responde un vehículo ante las condiciones de un pavimento en una carretera. El cálculo del IRI se fundamenta en el desplazamiento acumulado, expresado en valor absoluto, de la masa superior de un modelo de automóvil en relación con su masa inferior. Este desplazamiento, que puede medirse en milímetros, metros o pulgadas, se divide por la distancia recorrida en la vía, la cual se expresa en metros, kilómetros o millas. El resultado refleja el movimiento del vehículo cuando se desplaza a una velocidad constante de 80 km/h, proporcionando una medida del impacto de las irregularidades del pavimento sobre la comodidad y seguridad de la conducción.

Norma peruana. De acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial en el artículo No 40 del Capítulo VI, la guía de evaluación de pavimento da énfasis a los métodos simplificados de evaluación y a los métodos no destructivos.

Así como también el Manual de Carreteras, en la Sección: Suelos y Pavimentos muestra la escala de rugosidad para variados tipos y condiciones de pavimento. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2013)

Figura 2

Escala de rugosidad IRI (m/km)



Nota: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2013

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones señala que, para la rugosidad durante el periodo de servicio, se sugieren los valores siguientes:

Figura 3

Rugosidad inicial IRI (m/km) según tipo de carretera con carpeta asfáltica en caliente

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	2.5	3.5	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	2.5	3.5	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	2.5	3	4	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	2.5	3	4	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada	3	3.5	4.5	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada	3	3.5	4.5	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Nota: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2003.

2.2.9. Regularidad superficial del pavimento

La rugosidad se describe como una "desviación de una superficie existente respecto a una superficie idealmente plana, cuyas dimensiones influyen en varios aspectos del desempeño de un vehículo, tales como la dinámica de conducción, la comodidad del viaje, las cargas dinámicas que soporta el vehículo y la eficiencia del drenaje en la vía" (American Society for Testing and Materials, 2012). Este concepto resalta que cualquier irregularidad o variación en la superficie del pavimento puede tener un impacto directo en cómo se comporta un vehículo en movimiento, afectando tanto la estabilidad como la seguridad y el confort de los ocupantes.

Es importante señalar que en el ámbito profesional algunos expertos en la materia prefieren utilizar el término "regularidad" en lugar de "rugosidad". Esto se debe a que el concepto de regularidad está más alineado con la idea de describir la suavidad o consistencia de una superficie de rodadura, en comparación con el término rugosidad, que puede interpretarse de manera más limitada o negativa. Al hablar de regularidad, los especialistas hacen referencia a un enfoque más amplio que abarca tanto la ausencia de irregularidades como el mantenimiento de una calidad constante en la superficie de la carretera, lo cual es esencial para garantizar un tránsito seguro y eficiente.

2.2.10. Importancia de la regularidad

Una superficie de carretera adecuada asegura condiciones seguras y cómodas para los usuarios, mientras que una mala planitud aumenta los costos operativos del vehículo y afecta negativamente la velocidad de desplazamiento, impactando la suavidad del vehículo (Badilla Vargas, 2009; Badilla, 2008).

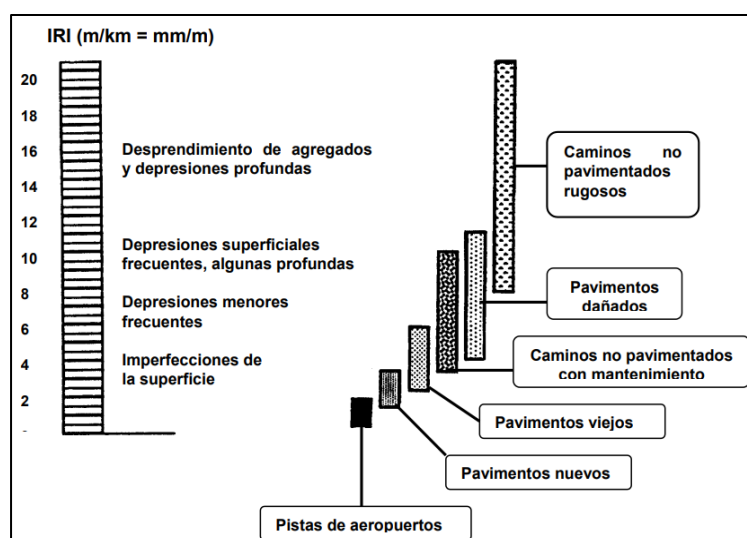
2.2.11. Escala y características del IRI

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utiliza las siguientes escalas y características:

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se expresa en unidades como milímetros por metro (mm/m), metros por kilómetro (m/km) o pulgadas por milla (in/mi). La escala del IRI para carreteras pavimentadas oscila entre 0 y 12 m/km (equivalente a 0 a 760 in/mi), donde un valor de 0 corresponde a una superficie completamente lisa, mientras que un valor de 12 refleja una vía en condiciones casi intransitables. La Figura 3 ilustra las características de los pavimentos de acuerdo con el IRI, basándose en la experiencia acumulada por el Banco Mundial en distintos países. En el caso de una superficie inclinada sin deformaciones (como un plano inclinado uniforme), el IRI es igual a cero, ya que la inclinación constante no genera variaciones en el índice. Sin embargo, los cambios abruptos en la inclinación o pendiente incrementan el valor del IRI, reflejando una mayor irregularidad en la superficie.

Figura 4

Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos

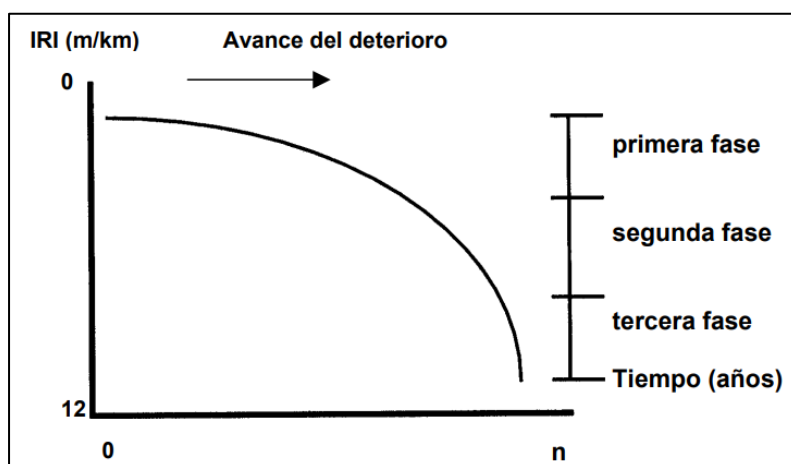


Nota: Instituto Mexicano del Transporte, 1998

La Figura 4 ilustra los patrones típicos de deterioro de la superficie de las carreteras a lo largo del tiempo. En esta representación, se observa cómo factores como el tráfico, las condiciones ambientales y el nivel de rugosidad influyen en la degradación de la calidad del pavimento. Este proceso no es lineal y puede dividirse en tres etapas diferenciadas. La primera etapa muestra un deterioro leve durante los primeros años de uso. En la segunda etapa, el deterioro se vuelve más evidente y significativo que en la fase inicial, lo que genera la necesidad de planificar actividades de mantenimiento para prevenir un desgaste mayor. Finalmente, la tercera etapa se caracteriza por un deterioro acelerado, en la que, en pocos años, los niveles de servicio de la vía disminuyen drásticamente. Esta situación resulta en un aumento significativo de los costos de mantenimiento y, en algunos casos, puede implicar la necesidad de reconstruir completamente el pavimento (Instituto Mexicano del Transporte, 1998).

Figura 5

Gráfico típico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo



Nota: Instituto Mexicano del Transporte, 1998

2.2.12. Métodos y equipos de evaluación del estado superficial

De acuerdo con el Banco Mundial, los métodos utilizados para medir la rugosidad de las superficies viales se pueden clasificar en cuatro categorías

principales, basándose en la relación directa que utilizan para vincular sus mediciones con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) (Del Águila Rodríguez, 1999).

Métodos Clase 1: Estos métodos proporcionan una alta precisión en la determinación del IRI, realizando mediciones a intervalos de 0,25 metros con una exactitud de 0,5 mm. Entre las técnicas utilizadas se encuentran el método "Rod and Level" y el perfilómetro TRRL Beam. Los métodos de Clase 1 destacan por su gran precisión en la evaluación de la rugosidad, ofreciendo resultados confiables que son directamente comparables con el IRI (Del Águila Rodríguez, 1999).

Métodos Clase 2: Esta categoría abarca métodos que también miden la rugosidad mediante el perfil longitudinal de la carretera, aunque con menor precisión que los métodos de Clase 1. Tanto los métodos de Clase 1 como los de Clase 2 calculan la rugosidad en unidades de IRI utilizando software que emplea algoritmos matemáticos para simular la respuesta dinámica de la suspensión de un vehículo modelo ante el perfil de la vía. Esta respuesta se refleja como el desplazamiento vertical relativo acumulado por unidad de longitud, expresado en metros por kilómetro (m/km), conocido como IRI (Del Águila Rodríguez, 1999).

Métodos Clase 3: Estos métodos utilizan ecuaciones de correlación para estimar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y se conocen como sistemas de medición de rugosidad tipo respuesta (RTRRMS). Funcionan detectando el desplazamiento relativo causado por la suspensión de un vehículo al transitar sobre la carretera. Considerando que las características dinámicas de cada vehículo pueden variar, las mediciones obtenidas por los métodos de Clase 3 deben correlacionarse con el IRI a través de una ecuación de calibración específica. Entre los dispositivos más comunes están el Mays Meter (EE. UU.), el Bump Integrator (Reino Unido) y el NAASRA Meter (Australia) (Del Águila Rodríguez, 1999).

Métodos Clase 4: Esta clase se emplea en situaciones donde no se requiere alta precisión en la medición de la rugosidad o cuando no es posible obtener datos precisos. Aquí, se utiliza el juicio subjetivo, que se basa en la experiencia previa o en inspecciones visuales. Los dispositivos de retroalimentación que no están calibrados también se clasifican en esta categoría (Del Águila Rodríguez, 1999).

2.2.13. Equipos para evaluar la rugosidad

Se han desarrollado diversos dispositivos para evaluar la planitud de la superficie de un pavimento, los cuales han evolucionado con el tiempo. Estos dispositivos difieren en cuanto a su precisión y la velocidad con la que pueden recopilar los datos requeridos (Badilla, 2008).

Tabla 4

Tabla de equipos utilizados en la regularidad superficial del pavimento

Equipo	Grado de Precisión	Implementación	Complejidad del Equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costo muy elevado para proyectos largos
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costo elevado para proyectos largos
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son útiles para evaluar el estado a nivel de red.
Equipos tipo respuesta (RTRMS)	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo.
Perfilómetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de	Muy compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son

red y recepción de
proyectos viales

transportables y estables
en el tiempo. Su principal
uso es la evaluación de
red viales grandes.

Nota: Badilla, Elizondo, & Barrantes, (2008)

En el Perú, se ha optado por utilizar un método que emplea un dispositivo de medición de rugosidad conocido como MERLIN, desarrollado por el TRRL del Reino Unido. Según el Banco Mundial, el rugosímetro MERLIN se clasifica en la categoría 3, ya que utiliza una ecuación de correlación para convertir sus mediciones a la escala del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). (Del Águila Rodríguez, 1999).

2.2.14. Niveles de Rugosidad

En Uruguay hacen una diferencia de valores de IRI para pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico que se presenta a continuación:

Tabla 5

Tabla de niveles de rugosidad

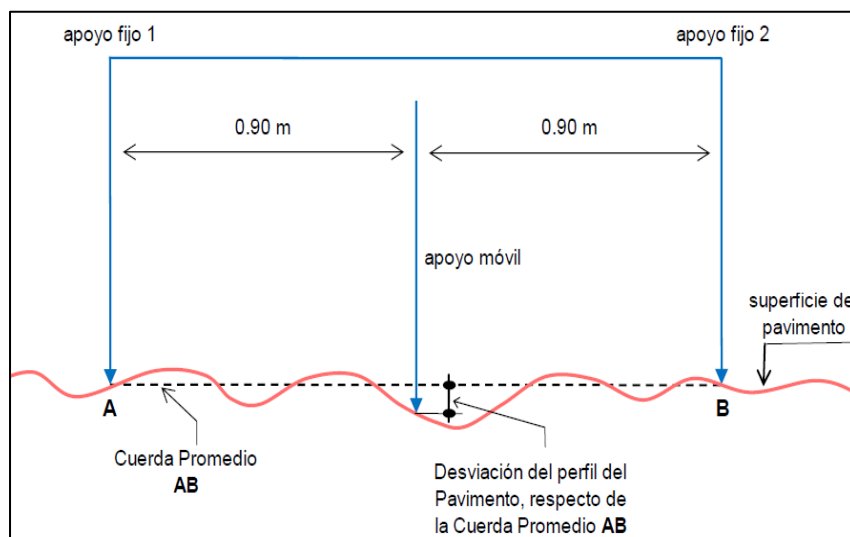
Condición de camino	Pavimento asfáltico IRI	Pavimento hidráulico IRI
	(m/km)	(m/km)
Muy bueno	< 3.2	< 2.8
Bueno	3.2 – 3.9	2.8 – 3.5
Regular	4.0 – 4.6	3.6 – 4.3
Malo	> 4.6	> 4.3

Nota: Mario C. Arriaga Patiño, Paul Garnica Anguas, Alfonso Rico Rodríguez, (1998)

Sin embargo en México es recomendable analizar el Índice Internacional de Rugosidad en distintos tramos para determinar el estado de la red y estimar el rango de valores correspondiente encuentra la carretera que se evalúa. Establecer un umbral de alerta en la escala del IRI para identificar tramos que requieren análisis detallado y reparación, mientras se descartan los que no necesitan intervención ese año.

Figura 6

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

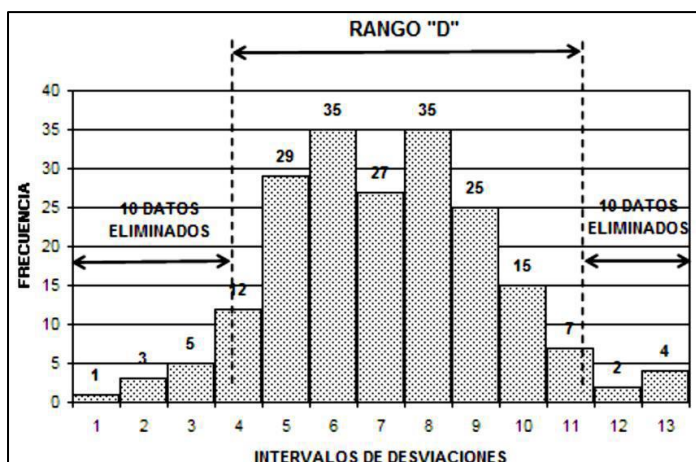


Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

La longitud promedio de la cuerda utilizada es de 1,80 m, considerada ideal para optimizar la correlación en las mediciones. La mediana del código debe calcularse con una desviación constante de 200 a lo largo de la línea, manteniendo un espaciado uniforme entre los puntos de medición. Con estas condiciones, a medida que aumenta la rugosidad de la superficie, las fluctuaciones en el desplazamiento se vuelven más evidentes. Al graficar la distribución de frecuencias de 200 mediciones, se puede calcular la varianza de la dispersión y relacionarla con una escala estándar de rugosidad. (ver Figura 7).

Figura 7

Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.



Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

2.2.15. Correlaciones *D* versus *IRI*

En caso de que la fórmula fue empleada para correlacionar la rugosidad obtenida mediante el método MERLIN con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), su propósito fue estandarizar los resultados entre los distintos instrumentos de medición disponibles en la actualidad. Esto implica que, al aplicar la fórmula, se buscaba establecer una equivalencia entre los valores de rugosidad registrados con MERLIN y los índices de IRI, permitiendo que los resultados fueran comparables y consistentes, independientemente del dispositivo utilizado. De este modo, se garantiza una base común para evaluar la rugosidad de las superficies viales, facilitando la interpretación de los datos y la toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial.

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ (1)

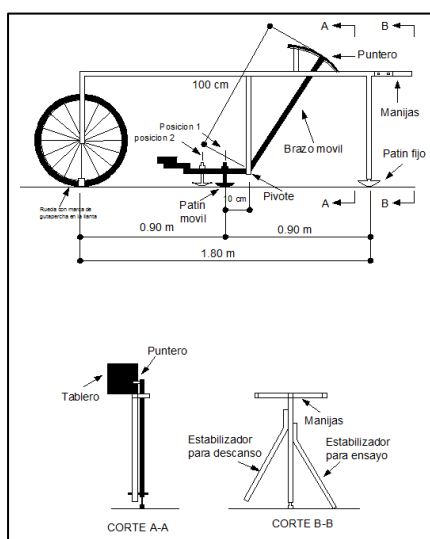
b) Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$ (2)

Del Águila Rodríguez (1999) describe el Merlín como un equipo de diseño simple, que incluye un marco con dos elementos verticales y uno horizontal. El

elemento vertical frontal actúa como rueda para facilitar el movimiento, mientras que en la parte trasera hay dos soportes de inclinación, uno para fijar la unidad al suelo y otro para colocar el dispositivo.

Figura 8

Esquema del Rugosímetro de Merlín

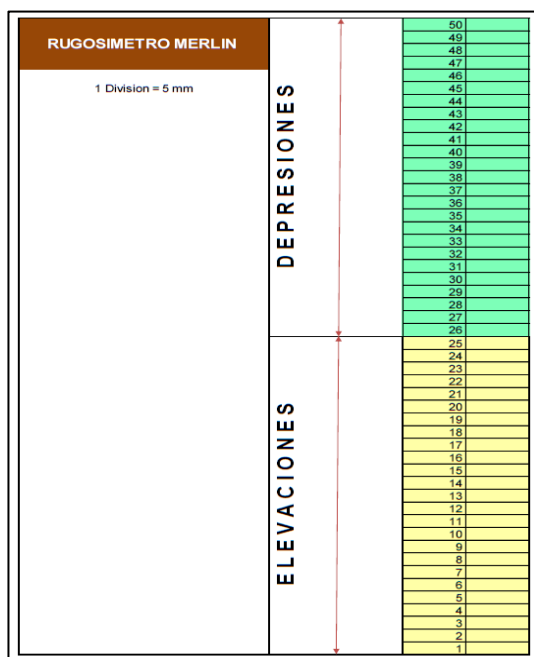


Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

El brazo móvil cuenta con un deslizador ajustable y bloqueable en su parte inferior, el cual hace contacto directo con el suelo, ajustándose a sus irregularidades. En su parte superior, el brazo finaliza con un puntero o aguja, y un indicador de deslizamiento está ubicado al final del puente, señalando la posición esperada del extremo inferior al tocar el suelo. Del Águila Rodríguez (1999) menciona que para medir los movimientos de la mano se emplea una escala gráfica dividida en 50 segmentos de 5 mm de grosor cada uno, colocada en el borde del panel de visualización, lo que facilita el deslizamiento de la mano para el registro. (ver figura 8).

Figura 9

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio



Nota: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

2.2.16. Ejecución de ensayos

Para realizar la prueba, se requiere el trabajo conjunto de dos personas: un moderador que indica al dispositivo realizar una lectura y un asistente que registra los datos. Además, es necesario elegir un tramo de aproximadamente 400 m en un carril específico de la carretera, realizando la medición según la huella externa del tráfico.

Para determinar la rugosidad, se deben observar 200 "no uniformidades del pavimento", detectadas por el patín móvil del MERLIN y señaladas en la escala del dispositivo. Las observaciones se realizan regularmente, generalmente cada 2 metros, y prácticamente se basan en una revolución completa de la rueda del MERLIN como referencia (Del Águila Rodríguez, 1999).

En el procedimiento, el operador eleva y desplaza el dispositivo una distancia previamente establecida (equivalente a una vuelta de rueda) entre cada prueba. Este proceso se repite hasta completar un total de 200 lecturas. Aunque la distancia entre

vuelatas no es determinante, es esencial realizar las mediciones cuando las ruedas estén detenidas en el mismo punto, identificado mediante un indicador, como gutapercha fosforescente, lo que facilita la comprobación de una vuelta completa del neumático y su correcto realineamiento (Del Águila Rodríguez, 1999).

2.2.17. Serviciabilidad de pavimentos

La serviciabilidad de los pavimentos es un concepto que se refiere al nivel de comodidad y seguridad que una superficie de rodadura ofrece a los usuarios durante su vida útil. Este término engloba aspectos como la capacidad del pavimento para soportar el tránsito de vehículos sin deteriorarse significativamente, manteniendo sus características funcionales, como la suavidad, la adherencia y la uniformidad. La serviciabilidad se evalúa utilizando indicadores como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) o el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), que miden el desempeño del pavimento en función de parámetros como la rugosidad, las deformaciones y los daños visibles, tales como grietas o baches. Un pavimento con alta serviciabilidad proporciona una conducción más cómoda y segura, mientras que uno con baja serviciabilidad puede generar incomodidades, aumentar el desgaste de los vehículos y representar un riesgo para la seguridad vial. Mantener la serviciabilidad es crucial para la durabilidad y funcionalidad de las infraestructuras viales. (Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008).

Tabla 6

Tabla de calificación de serviciabilidad

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
Numérica	Verbal	
5.0 – 4.0	Muy buena	Generalmente, solo los pavimentos nuevos o seminuevos, por su suavidad y falta de deterioro, califican en su categoría como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos en esta categoría, aunque menos suaves que los "Muy Buenos", ofrecen un manejo de calidad con mínimos signos de deterioro, como ahuellamiento incipiente en los flexibles o fisuras leves en los rígidos.
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría, la calidad de rodadura es considerablemente inferior a la de un pavimento nuevo, con problemas potenciales a altas velocidades. Los pavimentos flexibles pueden tener defectos como ahuellamientos, parches y agrietamientos, mientras que los rígidos pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría presentan un deterioro significativo que puede afectar la velocidad del tránsito libre. En los pavimentos flexibles, se observan baches, grietas profundas, pérdida de áridos y ahuellamientos en más del 50 % de la superficie. En los rígidos, el deterioro incluye desconches en juntas, escalonamientos y bombeo.
1.0 – 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría presentan un estado de deterioro extremo, lo que dificulta el tráfico a velocidades reducidas y con notables problemas de manejo. Se caracterizan por la presencia de grandes baches y grietas profundas, afectando al 75% o más de la superficie.

Nota: Escala de calificaciones de la serviciabilidad según AASHTO 1962

2.2.18. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) es una medida que evalúa la condición funcional de un pavimento en términos de su comodidad y seguridad para los usuarios. Se calcula a partir de parámetros como la rugosidad, la profundidad de huellas, grietas y otros defectos visibles. El PSI varía de 0 a 5, donde 5 representa un pavimento en excelente estado y 0 indica una superficie severamente deteriorada. Este índice es fundamental para planificar el mantenimiento y la rehabilitación de carreteras, ya que refleja el impacto del deterioro en la calidad del servicio que ofrece el pavimento. (Coronado Iturbide, 2002).

2.2.19. Relaciones entre PSI e IRI

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) es una herramienta utilizada para evaluar el estado funcional actual del pavimento, desarrollada por la Agencia Técnica de Inspección Vial (AASHO). Este índice se presenta en una escala de 0 a 5, donde los valores más altos indican condiciones excelentes del pavimento (1957).

En Perú, se utiliza una fórmula propuesta por Sayers para determinar el PSI. Esta fórmula vincula la rugosidad del pavimento con el índice de mantenibilidad, basándose en los datos obtenidos del Ensayo Internacional. Esta relación permite tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento del pavimento.

Tabla 7

Tabla de escala de serviciabilidad

PSI	TRANSITABILIDAD
0 – 1	MUY MALA
1 – 2	MALA
2 – 3	REGULAR
3 – 4	BUENA
4 – 5	MUY BUENA

Nota: Escala de serviciabilidad, Del Águila Rodríguez, (1999)

El rango configurable para el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) está establecido por ciertos límites que se determinan con base en los valores correspondientes del Índice de Funcionalidad Actual (PSI). Este índice, que fue desarrollado por la American Association of State Highway Officials (AASHO) en 1962, establece los estándares utilizados para evaluar la condición funcional de las carreteras. Como lo menciona Barrantes Jiménez (2011), estos límites son esenciales para definir la calidad de la superficie de las vías y permiten ajustar el rango del IRI según los valores históricos establecidos por la AASHO.

Singularidades. Las particularidades se refieren a los "cambios en la sección de la carretera que incrementan el valor del IRI, no debido a daños estructurales."

Entre estos elementos se incluyen puentes, cornisas, tapas de registro, esquinas, caminos, entre otros. Estos componentes alteran los contornos de la carretera a través de la geometría del diseño. (Caro Rivera & Peña Castro, 2012).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Condición del pavimento

Refiere al grado de deterioro causado por el desgaste continuo. La evaluación del estado de un pavimento depende de diversos factores como defectos en la superficie, deformaciones permanentes, irregularidades en la longitud, capacidad estructural, deflexiones recuperables, condiciones de tráfico y la fricción entre las ruedas y el pavimento. Las evaluaciones necesarias incluyen aspectos superficiales, funcionales, estructurales, condiciones de tráfico, adherencia y datos generales (Leguía & Pacheco, 2016).

2.3.2. Deterioro del pavimento

La degradación temprana de los pavimentos se inicia en la superficie y se agrava con el aumento del tráfico de vehículos pesados a lo largo del tiempo. Esto resulta en que los pavimentos no cumplan con su función prevista, impidiendo un tránsito vehicular eficiente. Los daños en los vehículos pueden ser causados por irregularidades como ondulaciones, ahuellamientos, baches y grietas, entre otros tipos de deterioro que afectan a estas vías.

2.3.3. Fallas en el pavimento

Según Lopez y Lopez (2014), las fallas en los pavimentos, tanto rígidos como flexibles, se dividen en fallas funcionales y estructurales. Las fallas funcionales afectan principalmente la comodidad de los usuarios durante el tránsito, mientras que las fallas estructurales comprometen la estabilidad y resistencia de la estructura, lo que repercute de manera negativa en la funcionalidad del pavimento (p. 82).



2.3.4. Nivel de severidad de daños

La severidad de las fallas en los pavimentos, un concepto clave para determinar el nivel de deterioro de un pavimento, se clasifica en tres categorías basadas en la gravedad de cada falla. Estas categorías son: bajo (L, low), medio (M, medium) y alto (H, high).

2.3.5. Acciones correctivas y/o preventivas

Entiéndase por acciones correctivas, a las actividades realizadas para eliminar la causa de las apariciones de fallas en los pavimentos.

Mientras que las acciones preventivas, son las actividades que se ejecutan a fin de evitar la aparición de fallas potencialmente indeseables en los pavimentos.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de la Investigación

En esta tesis se utiliza una metodología de enfoque deductivo y de carácter no experimental, apoyada en una investigación de tipo observacional y respaldada por una exhaustiva revisión bibliográfica. Inicialmente, se abordarán los conceptos generales asociados al índice de condición del pavimento y su deterioro. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación no experimental se caracteriza por no manipular de manera deliberada las variables independientes, sino que se observan los fenómenos tal como existen, sin intervención directa del investigador (p. 165). De manera similar, el Dr. Supo (2014) señala que en la investigación observacional el investigador no interviene, permitiendo que los datos reflejen el curso natural de los eventos sin influencia externa.

3.1.1. Nivel

La presente investigación empleará una metodología de tipo descriptivo-relacional, en función del alcance del estudio, y será de corte transversal, según el periodo en el que se llevará a cabo.

La investigación de tipo descriptiva, como lo señala Arias (2012), "consiste en la descripción detallada de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el propósito

de identificar su composición o dinámica" (p. 24). Este tipo de enfoque permite obtener una visión detallada de las características particulares del objeto de estudio, sin intervenir en sus variables, y se centra en describir cómo son y cómo se manifiestan los elementos analizados.

Este tipo de estudios permite obtener una comprensión más detallada de las características de los elementos analizados, lo cual es esencial para establecer una base sólida en investigaciones que también buscan relacionar diferentes variables o fenómenos. En este contexto, la presente investigación no solo caracterizará los aspectos relevantes del objeto de estudio, sino que también buscará identificar las posibles relaciones entre las variables, aportando una perspectiva más amplia sobre el tema analizado.

Además, el diseño transversal indica que la recolección de datos se realizará en un solo momento en el tiempo, lo que permitirá obtener una "fotografía" de la situación actual de los fenómenos estudiados, facilitando la identificación de correlaciones entre las variables en estudio.

La investigación relacional es un tipo de estudio cuantitativo que se enfoca en analizar las relaciones entre dos o más variables para determinar cómo se asocian entre sí. Este enfoque es fundamental en diversas disciplinas como las ciencias sociales, las ciencias naturales y la economía, donde se busca entender cómo interactúan diferentes factores en un entorno determinado (Creswell, 2009).

3.1.2. Tipo de investigación

El enfoque de esta investigación es descriptivo, ya que su objetivo es analizar y detallar los hechos observados tal como se presentan en su entorno natural. En este caso, el estudio se centra en la condición del pavimento, observando su estado sin alterar las circunstancias en las que se encuentra. Al seguir este enfoque, se busca

ofrecer una descripción detallada y precisa de las características y condiciones del pavimento.

En cuanto a la naturaleza de la medición, esta es de tipo cuantitativo, ya que se recopilan datos numéricos mediante una evaluación visual del estado del pavimento. A través de esta observación directa, se recolectan valores específicos que permiten realizar un análisis estadístico para identificar los factores que influyen en el deterioro o mantenimiento de la calidad del pavimento. Este proceso cuantitativo facilita la identificación de patrones, la comparación de variables y el establecimiento de relaciones entre los distintos factores evaluados.

3.2. Diseño de la Investigación

Según su finalidad, el enfoque es descriptivo, ya que se trabaja con hechos observados y descritos tal como ocurren en su entorno natural, en este caso, la condición del pavimento. En cuanto a la naturaleza de la medición, es cuantitativa, dado que se recopilan datos numéricos a través de la evaluación visual del estado del pavimento, y se utiliza el análisis estadístico para identificar los factores asociados.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

El grupo objeto de estudio en la investigación se encuentra conformada por la carpeta de rodadura de los pavimentos flexibles en el perímetro del distrito de San Miguel, con un total 4.1 km de pavimento flexible.

3.3.2. Muestra

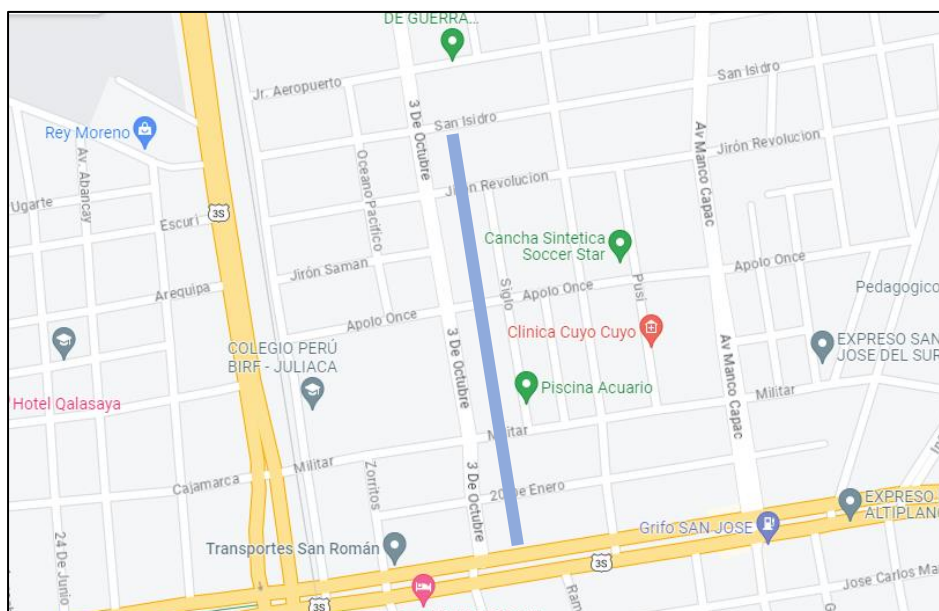
Se realizó un muestreo en las principales vías de pavimentos en el distrito de San Miguel.

- Avenida 3 de octubre, tramo que comprende la Av. Los Virreyes y Av. Circunvalación Nor-Este, con una extensión de 550 metros.

- Avenida Manco Cápac, tramo comprendido entre Jr. Asunción y Av. Circunvalación Nor-Este, con una extensión de 950 metros.
- Avenida Infancia, tramo comprendido entre Jr. Huascarán y Av. Circunvalación Nor-Este, con una extensión de 1200 metros.
- Avenida Triunfo, tramo comprendido entre Av. Horacio y Av. Circunvalación Nor-Este, con una extensión de 1400 metros.

Figura 10

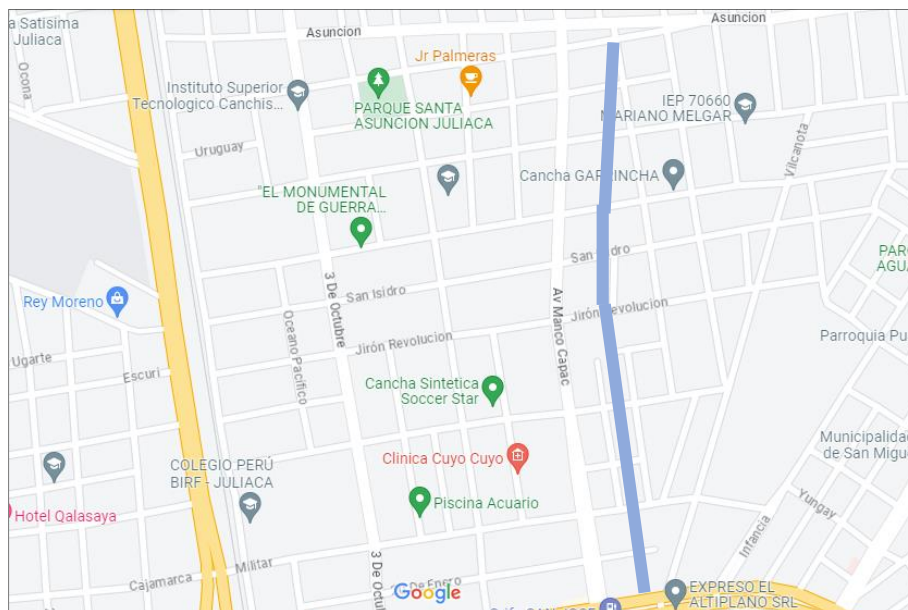
Ubicación de pavimento flexible en Avenida 3 de octubre en San Miguel – San Román



Nota: Google maps Juliaca. Imagen extraída de: <https://acortar.link/24EnRE>

Figura 11

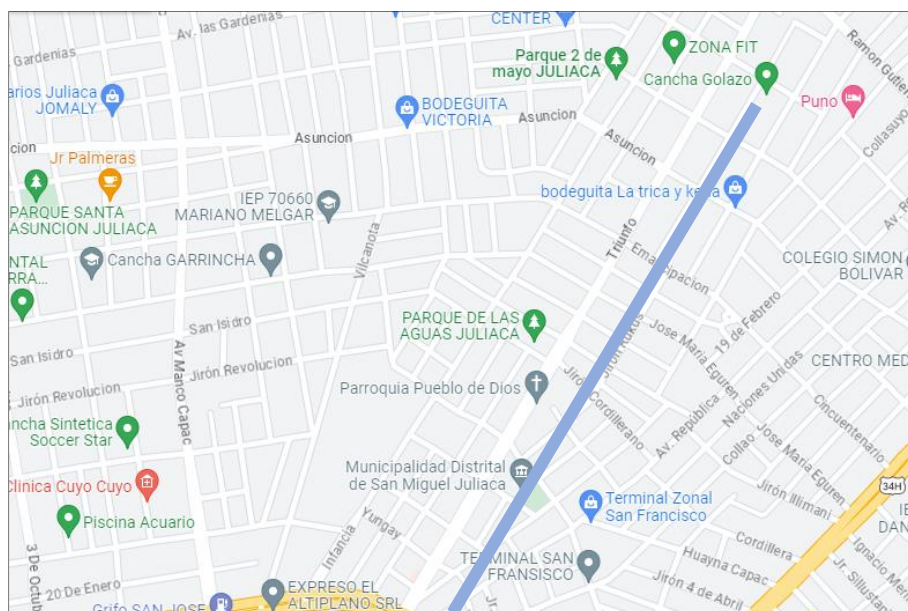
Ubicación de pavimento flexible en Avenida Manco Cápac en San Miguel – San Román



Nota: Google maps Juliaca. Imagen extraída de: <https://acortar.link/24EnRE>

Figura 12

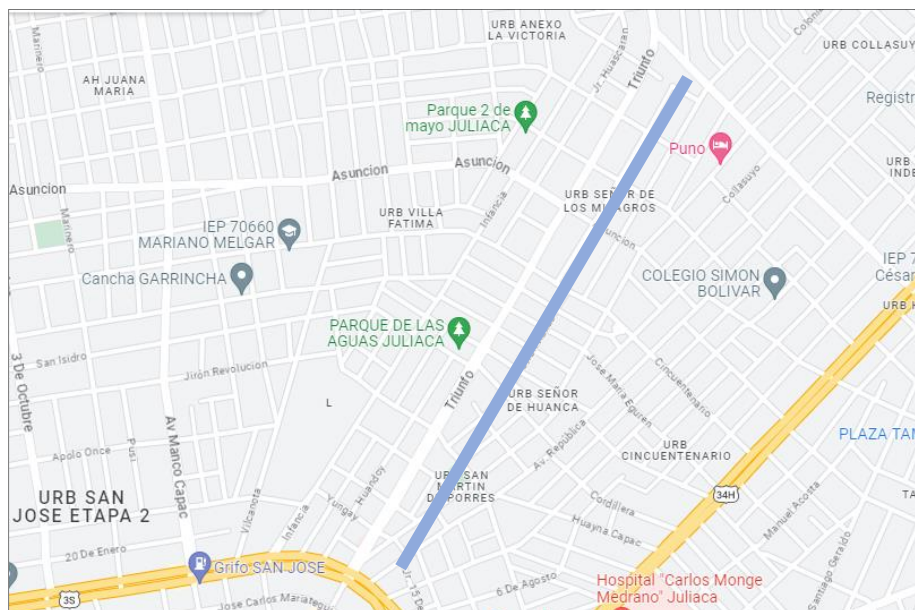
Ubicación de pavimento flexible en Avenida Infancia en San Miguel – San Román



Nota: Google maps Juliaca. Imagen extraída de: <https://acortar.link/24EnRE>

Figura 13

Ubicación de pavimento flexible en Avenida Triunfo en San Miguel – San Román



Nota: Google maps Juliaca. Imagen extraída de: <https://acortar.link/24EnRE>

La muestra se encuentra conformada por 63 unidades de muestras para los pavimentos flexibles ubicados en el cercado del distrito de San Miguel, haciendo un total de 4.1 km de longitud de evaluación, de los cuales se toma las unidades más representativas.

Figura 14

Distribución de unidades de muestras en Av 3 de octubre y Av Manco Cápac en San Miguel – San Román

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

AVENIDA 3 DE OCTUBRE

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

21	22	23	24	25	26	27
21	22	23	24	25	26	27

AVENIDA MANCO CAPAC

Nota: Sectorización de unidades de muestra en Avenida 3 de Octubre y Avenida Manco Cápac.

Figura 15

Distribución de unidades de muestras en Av Infancia y Av Triunfo en San Miguel – San Román

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

Nota: Sectorización de unidades de muestra en Avenida Infancia y Avenida Triunfo.

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.4.1. Técnicas de la Investigación

Las técnicas de investigación aplicadas se basan en el análisis del IRI, el PCI y la normativa ASTM D6433, y se llevarán a cabo en tres fases:

Fase 1: Recolección de información bibliográfica.

En esta fase se recopiló información de fuentes escritas relacionadas con la medición del nivel de servicio en carreteras, procedimientos de pruebas, tratamiento de datos y normativas vigentes sobre el tema.

Fase 2: Reconocimiento de las vías en estudio.

Se realizó un recorrido completo de la vía analizada para obtener un conocimiento detallado de sus características y condiciones, lo cual fue crucial para identificar los factores relevantes en la investigación.

Fase 3: Toma de datos de campo.

Se efectuó una inspección de las vías de estudio para seleccionar las muestras más representativas. Posteriormente, se realizaron los cálculos en gabinete para obtener los valores de PCI e IRI.

3.4.2. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos que se utilizaron para la toma de datos de campo son:

Los datos se registraron siguiendo el formato del manual de PCI, que incluye la anotación de las lecturas. También se utilizó un formato estándar proporcionado por un laboratorio que realiza el método IRI con la bicicleta Merlin, en el que se registran las lecturas.

3.5. Procedimiento de Investigación mediante el Método de PCI

Mediante la inspección visual y el uso de formatos, se aplicó el método del PCI, identificando los diferentes tipos de fallas presentes en el pavimento. Para el análisis posterior, según el examen del PCI, se dividió la vía en tres tramos, cada uno subdividido en intervalos de 50 metros, con una abscisa inicial de 00+000 y una abscisa final de 00+050, abarcando un área total de 360 m² por tramo.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un recurso integral y objetivo utilizado para evaluar y calificar tanto pavimentos rígidos como flexibles en los modelos de Gestión Vial actuales. Su implementación es sencilla y no demanda el uso de equipos especializados, aparte de los que ya están incluidos en el sistema (2019). El PCI incluye todos los tipos de daños originales, aunque se señala que algunas patologías, ajenas a las condiciones locales, no deben considerarse. Los usuarios de esta guía podrán identificar fácilmente estos casos (2019). El PCI es una escala numérica que va de 0, lo que indica un pavimento en condiciones deficientes,

a 100, representando un pavimento en excelente estado, con rangos específicos que describen la condición cualitativa del pavimento (2019).

Tabla 8

Clasificación cualitativa del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI			
RANGO			CLASIFICACIÓN
100	- 85		EXCELENTE
85	- 70		MUY BUENO
70	- 55		BUENO
55	- 40		REGULAR
40	- 25		MALO
25	- 10		MUY MALO
10	- 0		FALLADO

Nota: Extraído de manual PCI

Los resultados de un inventario visual del pavimento, donde se determinan la CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada tipo de deterioro, son la base para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este índice fue diseñado con el objetivo de proporcionar un indicador que refleje tanto la integridad estructural del pavimento como el estado funcional de su superficie. La información obtenida durante el inventario sobre los daños permite una comprensión profunda de los factores que los originaron, ya sea por el impacto de las cargas o por influencias ambientales.

3.5.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La fase inicial del estudio se centra en el trabajo de campo, en el cual se lleva a cabo una inspección exhaustiva del pavimento para identificar los daños presentes. Este proceso implica el análisis detallado de cada tipo de daño, evaluando su clase, severidad y extensión. La información recolectada se registra en formatos diseñados específicamente para esta tarea, permitiendo una documentación precisa y estandarizada. Estos formatos son esenciales para capturar datos de pavimentos tanto asfálticos como de concreto. Se incluyen ejemplos de los formatos utilizados,

los cuales son ilustrativos. Sin embargo, en la práctica real es crucial que dichos formatos cuenten con suficiente espacio para registrar toda la información pertinente de manera clara y organizada. Esto garantiza que ningún aspecto importante del estado del pavimento quede sin documentar, lo que a su vez facilita el análisis posterior y la aplicación de las soluciones adecuadas para la gestión y mantenimiento de las infraestructuras viales. La fase de campo no solo permite una evaluación visual, sino que también sienta las bases para un análisis más profundo sobre las causas y posibles soluciones a los problemas detectados.

Figura 16

Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota: Manual del PCI

3.5.2. *Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación*

De acuerdo con las sugerencias indicadas en el manual del PCI, en vías con superficie de rodadura asfáltica y un ancho inferior a 7.30 metros, la superficie de la unidad de muestreo debe encontrarse dentro de un rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el marco de la "Evaluación de un Proyecto", se recomienda realizar la inspección de todas las unidades de muestreo disponibles. Sin embargo, si no es posible llevar a cabo una revisión completa, se deberá calcular la cantidad mínima de unidades que deben ser inspeccionadas utilizando una fórmula específica. Esta fórmula permite obtener una estimación del PCI que se sitúa dentro de ± 5 puntos del promedio real, con un nivel de confianza del 95%. Esto significa que, al seguir este procedimiento, se asegura que el valor calculado del PCI sea una representación fiable del estado real del pavimento, incluso si no se pueden inspeccionar todas las unidades, lo que es especialmente útil en proyectos donde el tiempo o los recursos son limitados. El objetivo es garantizar que el análisis de la condición del pavimento sea lo más preciso posible dentro de las limitaciones operativas.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = 5\%$)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Tabla 9*Datos de UM del proyecto*

Población de estudio	Long Estudio	Long UM	UM
Av. 3 de octubre	550	32.35	17
Av. Manco Cápac	950	35.19	27
Av. Infancia	1200	35.29	34
Av. El Triunfo	1400	35.00	40

Nota: Descripción de unidad de muestreo por avenidas.

Para el tramo 1 (Av. 3 de octubre): Cada unidad de muestra se seleccionará con las siguientes dimensiones:

Distancia de la vía: 32.35 metros

Amplitud de la vía: 7.00 metros

Superficie de cada muestra: 226.47 metros cuadrados

Por tanto; para el tramo 2 (Av. Manco Cápac): Cada unidad de muestra se seleccionará con las siguientes dimensiones:

Distancia de la vía: 35.19 metros

Amplitud de la vía: 6.85 metros

Superficie de cada muestra: 241.02 metros cuadrados

Por consiguiente; para el tramo 3 (Av. Infancia): Cada unidad de muestra se seleccionará con las siguientes dimensiones:

Distancia de la vía: 35.29 metros

Amplitud de la vía: 7.00 metros

Superficie de cada muestra: 247.06 metros cuadrados

Por ende; para el tramo 4 (Av. Triunfo): Cada unidad de muestra se seleccionará con las siguientes dimensiones:

Distancia de la vía: 35.00 metros

Amplitud de la vía: 6.85 metros

Superficie de cada muestra: 239.75 metros cuadrados

Las áreas a tomar se encuentran dentro de los parámetros.

3.5.3. Evaluación de la Condición

El procedimiento de inspección varía en función del tipo de superficie del pavimento que se esté evaluando. Es fundamental adherirse estrictamente a las definiciones de los tipos de daños que se describen en este manual para asegurar que el valor del PCI sea exacto y confiable. La evaluación del estado del pavimento incluye los siguientes aspectos:

Equipo:

Un odómetro manual para medir las distancias y superficies impactadas por los daños.

Una regla y una cinta métrica para medir la profundidad de las huellas o depresiones.

El Manual de Daños del PCI, junto con los formatos necesarios en cantidad suficiente para la realización de la evaluación.

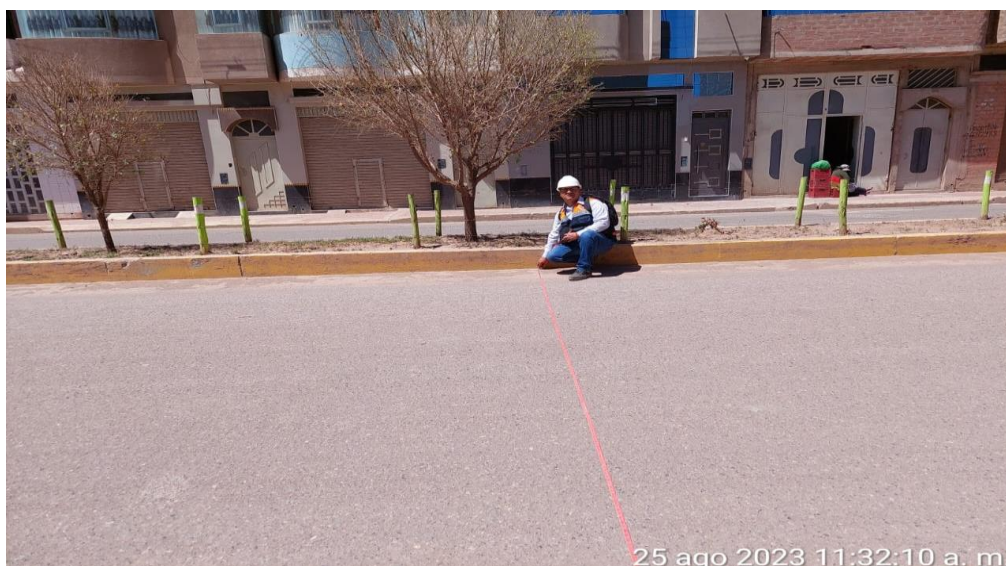
Procedimiento:

Se realiza una inspección en una unidad de muestreo con el fin de analizar el tipo, la cantidad y la severidad de los daños observados, siguiendo estrictamente las definiciones y métodos de medición establecidos en el Manual de Daños. Los resultados de esta inspección se registran en un formato específico, utilizando una

"hoja de información de evaluación de la condición," en la cual cada línea se emplea para documentar un tipo de daño particular, junto con su extensión y el nivel de severidad correspondiente.

Figura 17

Fotografía de la Evaluación del índice de condición del pavimento



Nota: Recolección de datos de ancho de vía de la avenida Manco Cápac (2023)

Figura 18

Fotografía de la Inspección de fallas en la vía de estudio



Nota: Identificación de fallas en la Avenida Infancia (2023)

Figura 19

Fotografía de identificación de fallas en la vía de estudio



Nota: Identificación de fallas en la Avenida Infancia (2023)

Figura 20

Fotografía de la identificación de defectos en la ruta de análisis



Nota: Identificación de fallas en la Avenida Manco Cápac (2023)

El equipo encargado de la inspección debe aplicar todas las medidas de seguridad necesarias durante sus recorridos en la carretera evaluada, lo que incluye el empleo de señalización y advertencias para los vehículos de apoyo como para el personal en la vía. El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en

inglés "Pavement Condition Index") es un método estándar ampliamente aceptado para evaluar la calidad y el estado de los pavimentos. Inicialmente desarrollado por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA) para evaluar las pistas de aeropuertos, esta metodología fue posteriormente adaptada para su uso en carreteras y calles urbanas. A continuación, se ofrece un resumen de la metodología general empleada.

3.5.4. Pasos para Cálculo del PCI de las Unidades de Muestra

Luego de establecer las unidades de muestreo y llevar a cabo la inspección en campo, la siguiente etapa implica el trabajo en gabinete.

3.5.5. Cálculo de la densidad de cada falla por unidad de muestra

Para calcular la densidad de fallas, esta se debe expresar como un porcentaje (%). Se suman todas las cantidades de daños correspondientes a un tipo específico de falla y su nivel de severidad. Luego, esta suma total se divide entre el área de la unidad de muestra. El resultado se presenta en porcentaje (%), lo que indica la concentración de fallas por unidad de muestra para cada combinación de tipo de daño y nivel de gravedad.

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{\text{Total cuantificación de fallas}}{\text{Área de la muestra}} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación 03}$$

Donde:

Densidad (%) = Densidad en porcentaje

Cantidad de fallas = Total de fallas por severidad en cada unidad de muestra

Número de losas = Total de losas en cada unidad de muestra.

Ejemplo: Para la unidad de muestra 01.

Tabla 10

Registro de fallas encontradas y densidad en la unidad de muestra 1

RECOLECCIÓN DE DATOS										
TIPOS DE FALLAS	Cod	Severidad	Und	Cant	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	TOTAL	Densidad	Valor Deducido (q)
Corrugación.	5	L	m2	2	1.38	0.89		2.46	1.08	
Pulimento de agregados.	12		m2	1	32.35	7.00		226.45	99.99	
Huecos.	13	L	m3	3	0.45		0.25	0.12	0.05	
Huecos.	13	M	m3	2	0.55		0.22	0.10	0.05	
Ahuellamiento.	15	L	m2	2	28.00	0.48	0.01	26.88	11.87	
								256.01	TOTAL	

Nota: Recolección de datos de campo

En la tabla 10 Se puede ver el registro realizado para la unidad de muestra 1, el cual se empleará para calcular la densidad de cada tipo de falla y su severidad en términos porcentuales. Es importante tener en cuenta que cada unidad de muestra tiene un área de 226.47 m².

$$\text{Densidad de la "falla Corrugación", severidad "L" (\%)} = \frac{2.46}{226.47} * 100$$

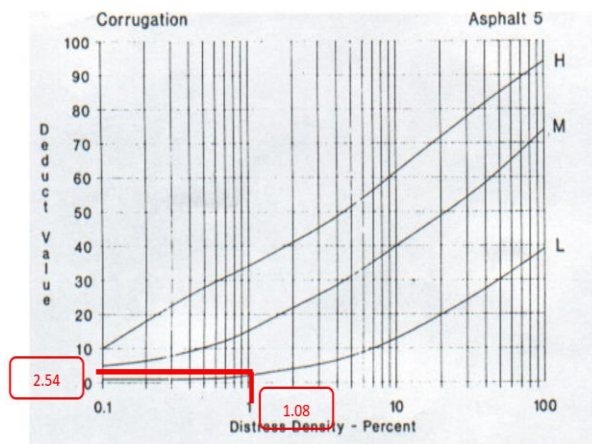
$$\text{Densidad (\%)} = 1.08$$

3.5.6. Determinar el valor deducido de cada falla

Para obtener el valor deducido de cada tipo de falla, se deben consultar los distintos ábacos de valores deducidos correspondientes a cada tipo de daño (ver anexo 02). Este proceso implica utilizar la densidad de cada falla junto con su nivel de severidad, realizando una interpolación para obtener el valor deducido preciso en cada caso. Al aplicar este procedimiento a la primera unidad de muestra evaluada, se obtendrá el siguiente resultado:

Figura 21

Abaco para la falla grieta de esquina y obtener el valor deducido



Nota: Extraído de Shahin (2005)

En la figura 21 se observa que, con una densidad de 1.08 %, al realizar la interpolación en el ábaco correspondiente a la grieta de esquina, se obtuvo un valor deducido de 2.54. Este mismo procedimiento debe aplicarse a cada una de las fallas.

Tabla 11

Registro de fallas con sus valores deducido de cada falla

RECOLECCIÓN DE DATOS										
TIPOS DE FALLAS	Cod	Severidad	Und	Cant	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	TOTAL	Densidad	Valor Deducido (q)
Corrugación.	5	L	m2	2	1.38	0.89		2.46	1.08	2.54
Pulimento de agregados.	12		m2	1	32.35	7.00		226.45	99.99	20.70
Huecos.	13	L	m3	3	0.45		0.25	0.12	0.05	3.50
Huecos.	13	M	m3	2	0.55		0.22	0.10	0.05	5.20
Ahuellamiento.	15	L	m2	2	28.00	0.48	0.01	26.88	11.87	28.75
								256.01	TOTAL	60.69

Nota: Determinación de valores deducidos por falla identificada

3.5.7. Determinar el número de deducidos

Para calcular el número de valores deducidos, se debe proceder de la siguiente manera: primero, se cuenta la cantidad de valores deducidos en la unidad de

muestreo, asegurándose de que este número sea mayor que dos (>2). Aplicando los pasos descritos en la tabla 11, se determinó que el número de deducidos para la unidad de muestreo 1 es de 5.

3.5.8. Determinar el valor de deducidos más alto

El valor deducido más alto, conocido por las siglas HDV i (High Deducted Value), se determina seleccionando el mayor valor entre los deducidos.

El HDV i representa el valor deducido individual más elevado para la unidad de muestreo i . De acuerdo con la tabla 11, y aplicando el procedimiento para identificar el valor más alto de los deducidos, se obtiene un valor de 28.75.

3.5.9. Determinar el número admisible de deducidos

Para determinar el número admisible de deducidos se tendrá que hacer uso de la siguiente ecuación:

$$mi = \frac{9}{98} * (100 - HDV i) \dots\dots\dots \text{ecuación (4)}$$

Donde:

mi = Número máximo permitido de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV i = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

Si ninguno o solo uno de los valores deducidos supera dos, se utiliza el valor deducido total en lugar del valor máximo deducido corregido.

Ejemplo: Para determinar el número admisible de deducidos para la unidad de muestra 1, se aplica la siguiente ecuación:

$$mi = \frac{9}{98} * (100 - 28.75)$$

$$mi = 7.54$$

3.5.10. Determinar el cálculo de condición del pavimento

Para calcular la condición del pavimento, es necesario seguir los siguientes pasos: primero, los valores deducidos individuales deben ordenarse de mayor a menor, de izquierda a derecha. A continuación, en las secciones posteriores, los valores desde el último hasta el segundo se reemplazarán progresivamente por un dos (2), de acuerdo con la cantidad de deducidos. Finalmente, se realiza la suma de cada fila de los valores deducidos.

Tabla 12

Valores deducidos UM 01 avenida 3 de octubre

CALCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										
Nº	Valores deducidos							TOTAL	q	CDV
	1	2	3	4	5	6	7			
1	28.75	20.70	5.20	3.50	2.54			60.69	5	29.41
2	28.75	20.70	5.20	3.50	2.00			60.15	4	33.09
3	28.75	20.70	5.20	2.00	2.00			58.65	3	37.06
4	28.75	20.70	2.00	2.00	2.00			55.45	2	40.82
5	28.75	2.00	2.00	2.00	2.00			36.75	1	36.75

3.5.11. Cálculo del máximo valor deducido corregido

El máximo CDV se calcula mediante un proceso iterativo:

Contar los valores deducidos q que superan 2.

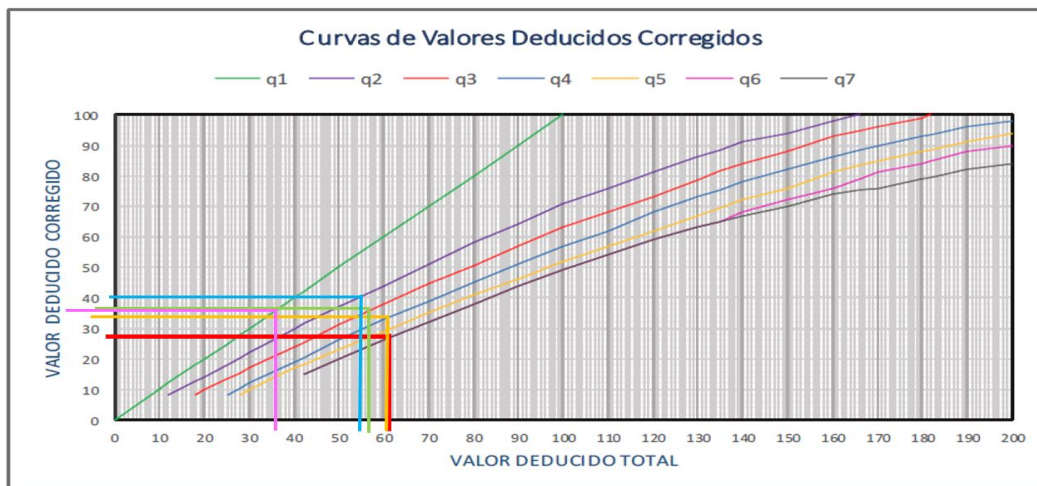
Sumar todos los valores deducidos para obtener el valor deducido total individuales.

Calcule el CDV utilizando q y el valor deducido total en la curva de corrección.

El máximo CDV es el valor más alto obtenido en este proceso.

Figura 22

Abaco de máximo valor deducido corregido en pavimentos de concreto



Nota: Shahin, 2005

De la figura 22 se obtiene como máximo valor deducido corregido un puntaje de 40.82.

3.5.12. Cálculo del PCI por unidad de muestra

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa anterior.

$$PCI\ i = 100 - Máx.\ CDV \dots\dots \text{ecuación (5)}$$

Donde:

PCI i = Índice de condición de pavimento de la muestra i

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

Sustituyendo los datos previamente obtenidos en la ecuación 5, se calculará el índice de condición del pavimento para cada unidad de muestreo, tal como se muestra a continuación.

$$PCI\ 1 = 100 - 40.82$$

$$PCI\ i = 59.18$$

Para determinar el índice de condición del pavimento de las demás unidades de muestra, se deben seguir las mismas etapas previamente mencionadas.

Si se empleó una técnica de muestreo, es necesario seguir un procedimiento distinto. Cuando las unidades de muestreo para la inspección se seleccionan mediante un método aleatorio sistemático o en función de la representatividad de la sección, el PCI se calcula promediando los PCI obtenidos de las unidades inspeccionadas. En caso de haber unidades de muestreo adicionales, se debe calcular un promedio ponderado de la siguiente manera:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI_s: PCI de la sección del pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

3.5.13. Índice de Condición del Pavimento Avenida 3 de octubre

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

N : 12 A : 0

PCI_r : 64.92 PCI_a : 0.00

PCI_s = 64.92

Tabla 13*Resultado de PCI Avenida 3 de octubre*

PCI s = 64.92	Clasificación: Bueno
Avenida 3 de octubre	

Nota: Resultado de PCI y su clasificación.**3.5.14. Índice de Condición del Pavimento Avenida Manco Cápac**

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

N : 15 A : 0

PCI r : 62.70 PCI a : 0.00

PCI s = 62.70

Tabla 14*Resultado de PCI Avenida Manco Cápac*

PCI s = 62.70	Clasificación: Bueno
Avenida Manco Cápac	

Nota: Resultado de PCI y su clasificación.**3.5.15. Índice de Condición del Pavimento Avenida Infancia**

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

N : 16 A : 0

PCI r : 54.88 PCI a : 0.00

PCI s = 54.88

Tabla 15*Resultado de PCI Avenida Infancia*

PCI s = 54.88	Clasificación: Regular
Avenida Infancia	

Nota: Resultado de PCI y su clasificación.

3.5.16. Índice de Condición del Pavimento Avenida Triunfo

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

N : 20 A : 0

PCI r : 54.85 PCI a : 0.00

PCI s = 54.85

Tabla 16

Resultado de PCI Avenida El Triunfo

PCI s = 54.85	Clasificación: Regular
Avenida El Triunfo	

Nota: Resultado de PCI y su clasificación.

3.6. Procedimiento de Investigación mediante el método índice de regularidad internacional - Rugosímetro Merlin

La metodología para evaluar un pavimento flexible con rugosímetro merlin es la siguiente:

- Seleccionar el tramo de pavimento a evaluar, teniendo en cuenta las características del pavimento, el tráfico y el estado de conservación.
- Calibrar el rugosímetro merlin siguiendo las instrucciones del fabricante y del manual de uso¹.
- Colocar el rugosímetro merlin sobre el pavimento, asegurándose de que el patín móvil esté en contacto con la superficie y el puntero esté en cero.
- Desplazar el rugosímetro merlin a lo largo del pavimento, manteniendo una velocidad constante y una distancia de 20 m entre cada observación.
- Registrar las lecturas del puntero en cada observación, que corresponden a las irregularidades del pavimento.
- Calcular el índice de rugosidad internacional (IRI)

- Si se empleó una técnica de muestreo, se debe seguir un procedimiento diferente. Cuando las unidades de muestreo se seleccionan de manera aleatoria sistemática o según la representatividad de la sección, el PCI se calcula promediando los valores de las unidades inspeccionadas. Si hay unidades adicionales, se utiliza un promedio ponderado.

Figura 23

Fotografía de la Evaluación del método índice de regularidad internacional - Rugosímetro Merlín



Nota: Ejecución del método rugosímetro Merlín en la avenida Triunfo.

Figura 24

Fotografía de la Calibración de pastilla de bicicleta Merlín



Nota: Calibración de bicicleta de Merlín, en cada punto de cambio.

El parámetro estadístico que mide la dispersión es el rango de la muestra (D), el cual se obtiene tras eliminar los 10 valores extremos del histograma. Este valor, D, representa la rugosidad del pavimento en "unidades MERLIN". Para calcular el IRI (Índice de Regularidad Superficial) en función de la rugosidad medida con el MERLIN, se utiliza la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

El valor de D debe corregirse con un factor de ajuste, que se determina utilizando una pastilla de calibración. Luego, se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se registra la posición del puntero cuando el patín móvil está en contacto con el suelo.

Se levanta el patín y se coloca la pastilla debajo, lo que hace que el puntero se desplace. Este valor se multiplica por 10, utilizando la siguiente expresión:

$$F = (EP * 10) / (LI - LF) * 5$$

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

3.6.1. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Las ecuaciones empleadas para calcular el PSI incluyen, según el tipo de pavimento, mediciones de ahuellamiento, agrietamiento, baches e irregularidades. Entre estos factores, las irregularidades del pavimento son las que más influyen en los valores estimados de serviciabilidad, afectando de manera más notable la percepción de la calidad del rodado por parte de los usuarios. El comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo puede reflejarse mediante los valores del Índice de

Serviciabilidad, aunque en la práctica también es posible representarlo a través de la rugosidad.

Los factores que afectan la disminución de la serviciabilidad de un pavimento incluyen el volumen de tráfico, las condiciones ambientales y la edad del pavimento. La transitabilidad de la vía se evalúa basándose en los valores de PSI calculados, según los siguientes rangos:

3.6.2. Cálculo del Índice de Serviciabilidad del Pavimento

Para el desarrollo del PSI se tiene las siguientes formulas

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68 (IRI)^2$$

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455 (IRI)$$

ECUACIÓN SEGÚN D. DUJISON Y A. ARROYO (1995)

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

3.6.3. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Derecho

Desarrollo de Datos de Campo Margen Derecho. Se detalla los datos de campo para su desarrollo mediante contabilización y frecuencia de datos obtenidos con el rugosímetro Merlín.

Tabla 17

Lectura de campo avenida triunfo margen derecho

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

Nota: Datos obtenidos de campo de la avenida triunfo margen derecho

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 18

Intervalo de desviaciones y frecuencia

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

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

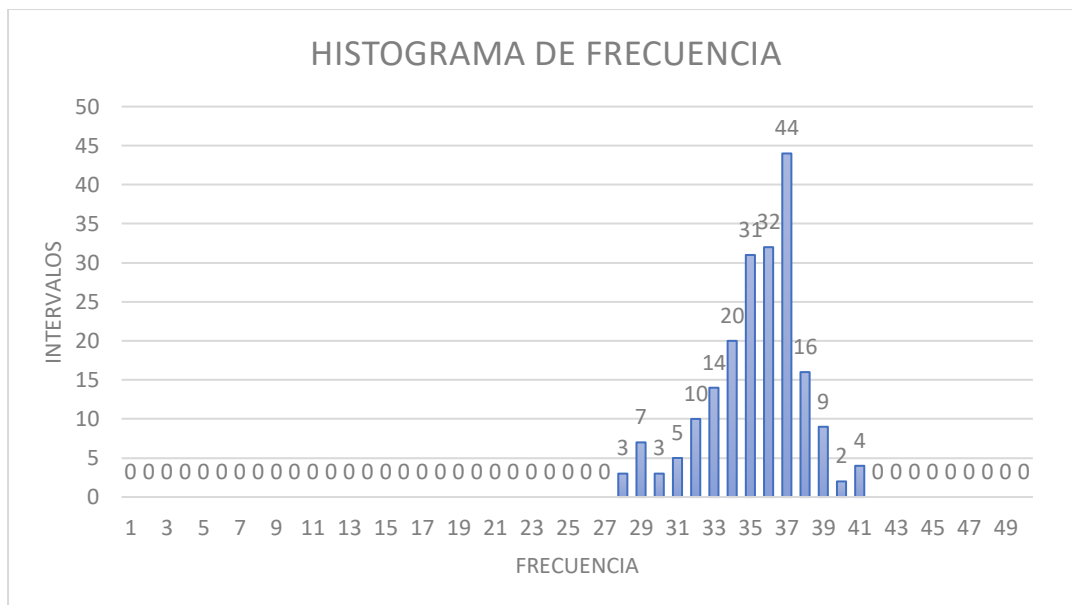
Cola izquierda: 0.14

Cola derecha: 0.38

Centro: 8

Figura 25

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Triunfo – Margen Derecho.



Nota: desarrollo de intervalos

3.6.4. Cálculo del IRI Avenida Triunfo – Margen Derecho

Ensayo 01

ABSCISA INICIAL: 0 + 800

ABSCISA FINAL: 1 + 000

LONGITUD: 200.00m

CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial 35

Lect final 25

Factor de corrección:

1.30

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA:

0.00

COLA DERECHA:

0.35

CENTRO:

9

D:

9.67 UND

D:

48.35 mm

VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS

RB:

1

"D" CORREGIDO

D: 62.86 mm

CALCULO DE IRI: IRI: 3.55 m/km

3.6.5. *Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho*

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente:

Tabla 19

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciosibilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Triunfo					
Carril Derecho	3.55	2.62	2.68	2.57	2.62

Nota: Datos de gabinete

3.6.6. *Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Derecho*

Tabla 20

Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Derecho según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
Avenida Triunfo			
CARRIL DERECHO	2.62	52.4	REGULAR

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.7. *Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Izquierdo*

Desarrollo de Datos de Campo Margen Izquierdo. Se resumen y analizan los datos de campo del rugosímetro Merlín por conteo y frecuencia.

Tabla 21

Lectura de campo avenida triunfo margen izquierdo

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
32	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
34	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
33	34	32	37	36	37	32	35	30	33	4
33	37	34	37	33	32	33	30	40	35	5
33	32	33	35	33	27	34	31	34	31	6
36	35	33	32	33	35	35	35	30	31	7
34	32	33	33	30	35	31	29	34	32	8
34	32	30	35	31	30	29	32	33	30	9
35	32	34	33	32	32	34	36	35	31	10
34	30	35	33	30	31	30	27	30	29	11
36	28	34	31	29	27	32	37	32	34	12
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13
31	37	34	37	33	32	33	27	28	35	14
31	32	33	28	33	28	34	31	34	31	15
34	35	33	32	33	35	35	35	30	31	16
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32	17
31	32	28	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	28	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

Nota: Lecturas de campo

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 22

Intervalo de desviaciones y frecuencia

intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	26	41	0

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

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

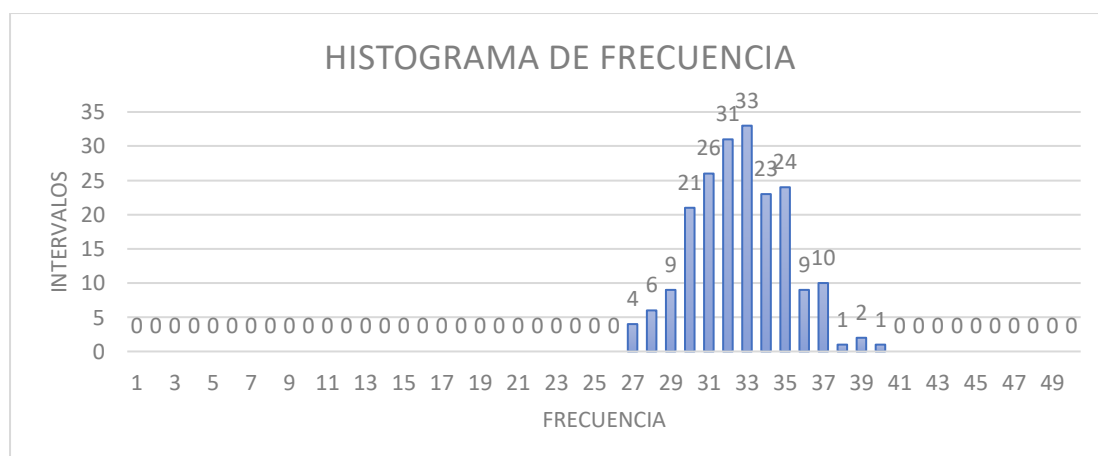
Cola izquierda: 0.00

Cola derecha: 0.40

Centro: 8

Figura 26

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Triunfo – Margen Izquierdo.



Nota: Desarrollo de intervalos

3.6.8. Cálculo del IRI Avenida Triunfo – Margen Izquierdo

Ensayo 01

ABSCISA INICIAL: 0+200

ABSCISA FINAL: 0+400

LONGITUD: 200.00



CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial 35

Lect final 26

Factor de corrección: 1.44

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00

COLA DERECHA: 0.40

CENTRO: 8

D: 8.4 UND

D: 42.00 mm

VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 60.65 mm

CALCULO DEL IRI = IRI: 3.45 m/km

3.6.9. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 23*Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo*

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Triunfo					
CARRIL IZQUIERDO	3.45	2.67	2.73	2.61	2.67

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.10. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen Izquierdo**Tabla 24***Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Izquierdo según PSI y PCI*

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
Avenida Triunfo			
CARRIL IZQUIERDO	2.67	53.4	REGULAR

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.11. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia – Margen Derecho

Desarrollo de Datos de Campo Margen Derecho. Se detalla los datos de campo para su desarrollo mediante contabilización y frecuencia de datos obtenidos con el rugosímetro Merlín.

Tabla 25

Lectura de campo Av. Infancia margen derecho

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

Nota: Lecturas de campo

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 26

Intervalo de desviaciones y frecuencia

intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	1	31	8	41	3
2	0	12	0	22	1	32	11	42	2
3	0	13	0	23	1	33	31	43	0

4	0	14	0	24	1	34	26	44	2
5	0	15	0	25	0	35	34	45	2
6	0	16	0	26	2	36	13	46	0
7	0	17	0	27	4	37	21	47	1
8	0	18	0	28	2	38	12	48	0
9	0	19	2	29	3	39	4	49	0
10	0	20	0	30	7	40	6	50	0

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

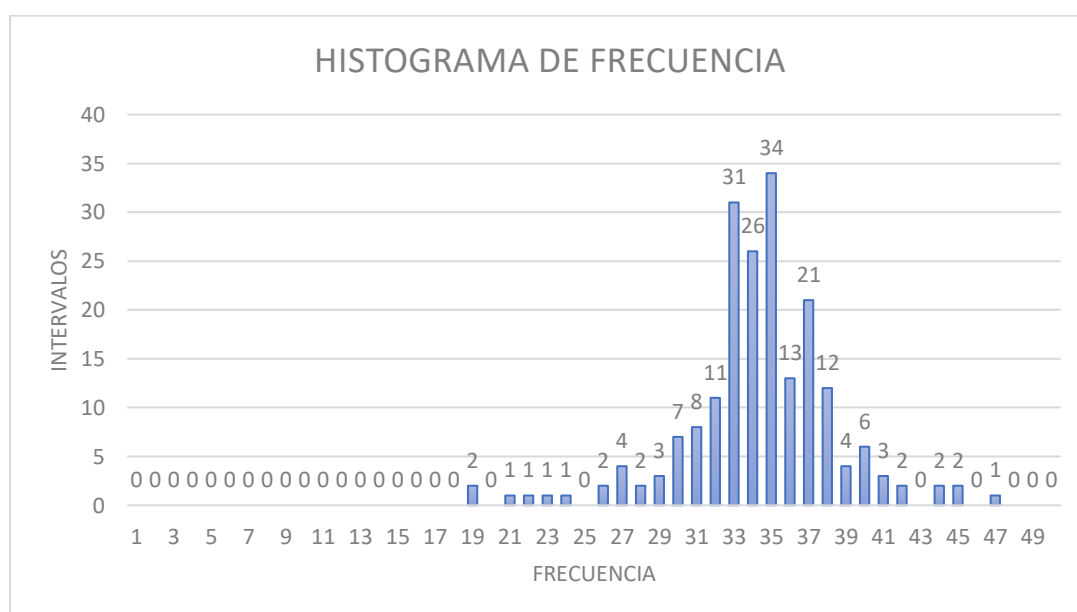
Cola izquierda: 0.00

Cola derecha: 0.40

Centro: 8

Figura 27

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Infancia – Margen Derecho.



Nota: Desarrollo de intervalos

3.6.12. Cálculo del IRI Avenida Infancia – Margen Derecho

Ensayo 01

ABSCISA INICIAL: 0 + 200

ABSCISA FINAL: 0 + 400

LONGITUD: 200.00

CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial	35	Lect final	26
Factor de corrección:	1.44		
CALCULO DE "D"			
COLA IZQUIERDA:	0.00	COLA DERECHA:	0.40
CENTRO:	8		
D:	8.4 UND		
D:	42.00 mm		
VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS			
RB:	1		
"D" CORREGIDO			
D:	60.65 mm		
CALCULO DEL IRI	IRI: 3.45 m/km		

3.6.13. *Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho*

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 27

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciosibilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Infancia					
CARRIL DERECHO	4.73	2.12	2.2	2.03	2.12

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.14. *Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen*

Derecho

Tabla 28

Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Derecho según PSI y PCI

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
Avenida Infancia			
CARRIL DERECHO	2.12	42.4	REGULAR

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.15. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia –

Margen Izquierdo

Desarrollo de Datos de Campo Margen Izquierdo. Se detalla los datos de campo para su desarrollo mediante contabilización y frecuencia de datos obtenidos con el rugosímetro Merlín.

Tabla 29

Lectura de campo Avenida Infancia margen Izquierdo

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	33	30	33	38	31	33	30	34	33	1
31	31	34	33	34	32	33	29	31	30	2
34	32	30	32	31	28	33	27	31	34	3
33	36	38	39	32	34	32	34	33	30	4
30	34	31	36	34	27	30	32	30	38	5
34	33	32	34	30	29	40	33	33	31	6
33	40	32	33	30	38	36	34	33	32	7
40	36	38	31	33	26	26	31	29	33	8
31	32	34	32	33	29	31	33	29	29	9
31	37	31	26	33	27	31	32	32	30	10
34	32	26	34	32	34	33	39	30	32	11
33	40	34	27	37	40	30	36	39	37	12
31	32	34	40	26	33	33	34	31	32	13
34	30	31	32	32	33	26	33	30	38	14

30 36 32 31 31 37 34 33 29 29 15
35 35 34 30 34 32 30 32 40 30 16
33 34 29 32 40 36 38 39 30 32 17
32 33 34 34 30 34 31 36 39 37 18
35 28 32 36 34 33 32 34 31 32 19
33 35 31 30 33 34 32 33 30 38 20

Nota: Lecturas de campo

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 30

Intervalo de desviaciones y frecuencia

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

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

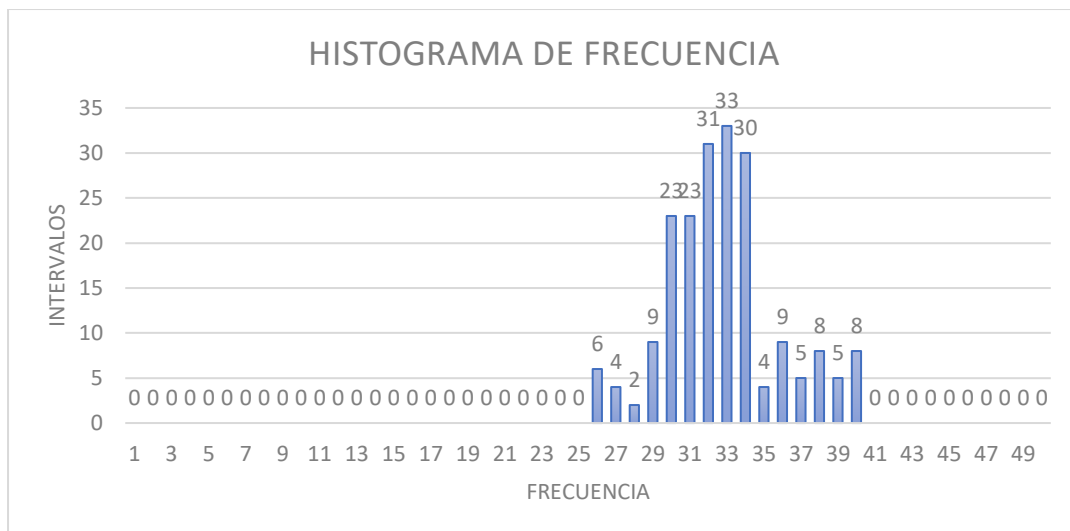
Cola izquierda: 0.00

Cola derecha: 0.60

Centro: 11

Figura 28

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Infancia – Margen Izquierdo.



Nota: desarrollo de intervalos

3.6.16. Cálculo del IRI Avenida Infancia – Margen Izquierdo

Ensayo 02

ABSCISA INICIAL: 0 + 400 ABSCISA FINAL: 0 + 600

LONGITUD: 200.00

CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial 35 Lect final 25

Factor de corrección: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00 COLA DERECHA: 0.6

CENTRO: 11

D: 11.6 UND

D: 58.00 mm

VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 70.40 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 4.14 m/km

3.6.17. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 31*Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo*

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Infancia					
CARRIL IZQUIERDO	4.14	2.35	2.43	2.3	2.36

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.18. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen Izquierdo**Tabla 32***Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Izquierdo según PSI y PCI*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Infancia			
CARRIL IZQUIERDO	2.36	47.2	REGULAR

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.19. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco**Cápac – Margen Derecho**

Desarrollo de Datos de Campo Margen Derecho. Se detalla los datos de campo para su desarrollo mediante contabilización y frecuencia de datos obtenidos con el rugosímetro Merlín.

Tabla 33*Lectura de campo Avenida Manco Cápac derecho*

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

Nota: Lecturas de campo

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 34

Intervalo de desviaciones y frecuencia

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

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

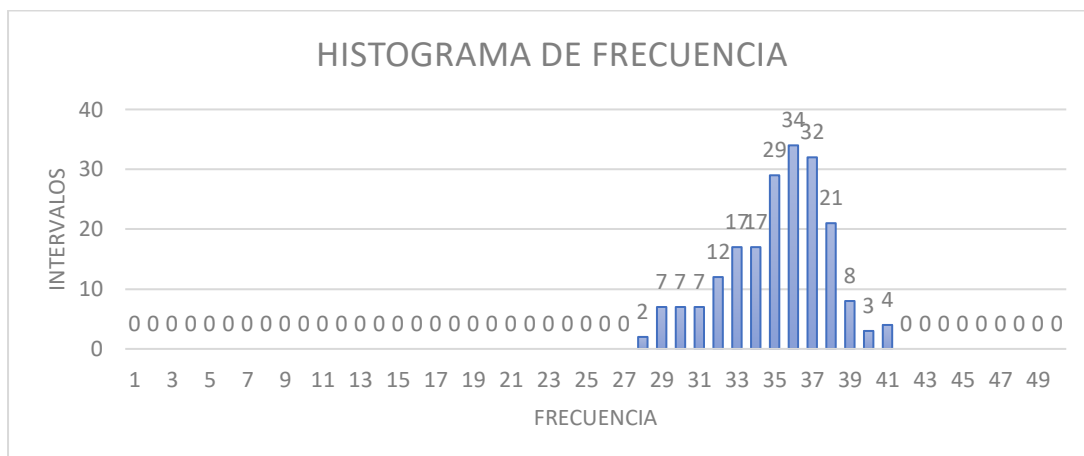
Cola izquierda: 0.00

Cola derecha: 0.40

Centro: 8

Figura 29

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Manco Cápac – Margen Derecho.



Nota: desarrollo de intervalos

3.6.20. Cálculo del IRI Avenida Manco Cápac – Margen Derecho

Ensayo 01

ABSCISA INICIAL: 0 + 000

ABSCISA FINAL: 0 + 200

LONGITUD: 200.00

CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial 35

Lect final 25

Factor de corrección: 1.30

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.14

COLA DERECHA: 0.38

CENTRO: 8

D: 8.52 UND

D: 42.60 mm

VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 55.38 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 3.20 m/km

3.6.21. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho

Tabla 35

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Manco Cápac					
CARRIL DERECHO	3.20	2.79	2.84	2.73	2.79

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.22. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac –

Margen Derecho

Tabla 36

Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Derecho según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Manco Cápac			
CARRIL DERECHO	2.79	55.8	BUENO

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.6.23. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco**Cápac – Margen Izquierdo**

Desarrollo de Datos de Campo Margen Izquierdo. Se detalla los datos de campo para su desarrollo mediante contabilización y frecuencia de datos obtenidos con el rugosímetro Merlín.

Tabla 37*Lectura de campo Av. Manco Cápac margen Izquierdo*

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
31	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
31	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
30	32	29	32	32	33	33	32	32	35	4
37	34	33	33	34	34	31	32	38	35	5
30	37	36	32	31	35	38	34	36	33	6
36	34	33	34	35	32	31	31	33	28	7
34	31	36	32	32	33	34	36	33	29	8
34	37	35	37	38	35	32	36	37	33	9
35	34	33	33	38	32	35	35	33	35	10
34	32	36	32	32	37	31	31	30	30	11
36	28	34	31	29	36	32	37	32	34	12
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13
31	37	34	37	33	32	33	30	40	35	14
31	32	33	35	33	33	34	31	34	31	15
34	35	33	32	33	35	35	35	30	31	16
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32	17
31	32	30	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	34	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

Nota: Lecturas de campo

Histograma de Frecuencias. Para desarrollar se presenta el conteo de las muestras de campo y su frecuencia.

Tabla 38

Intervalo de desviaciones y frecuencia

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

Nota: lectura de campo

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

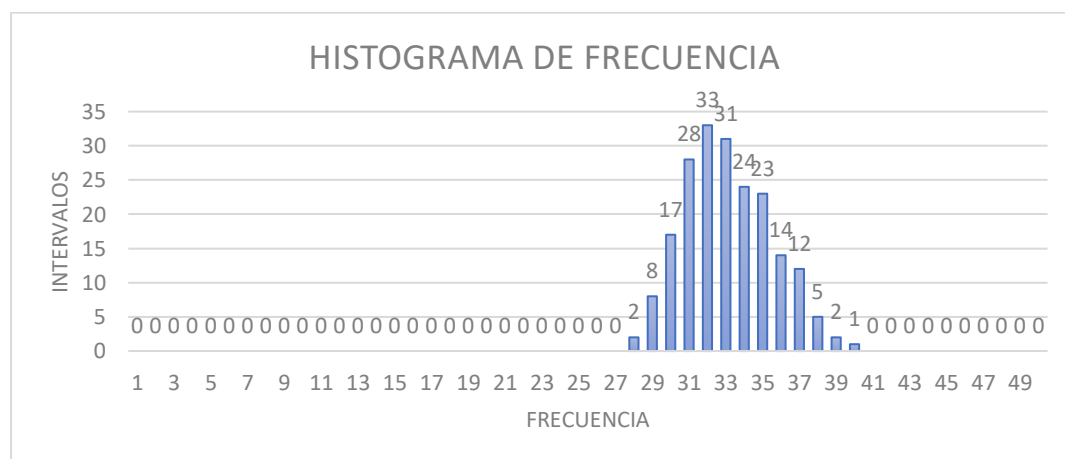
Cola izquierda: 0.00

Cola derecha: 0.67

Centro: 7

Figura 30

Histograma de la distribución de frecuencias de la Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo.



Nota: desarrollo de intervalos

3.6.24. Cálculo del IRI Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo

Ensayo 02

ABSCISA INICIAL: 0 + 400

ABSCISA FINAL: 0 + 600

LONGITUD: 200.00

CORRECCIÓN POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

Lect inicial 35

Lect final 25

Factor de corrección: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00

COLA DERECHA: 0.67

CENTRO: 7

D: 7.67 UND

D: 38.35 mm

VARIACIÓN DE RELACIÓN DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO D: 49.86 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 2.94 m/km

3.6.25. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 39*Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo*

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Manco Cápac					
CARRIL IZQUIERDO	2.94	2.93	2.97	2.84	2.91

Nota: Elaboración propia

3.6.26. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac – Margen Izquierdo

Tabla 40

Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Manco Cápac			
CARRIL IZQUIERDO	2.91	58.2	BUENO

Nota: Datos obtenidos de laboratorio

3.7. Validez Y Confiabilidad Del Instrumento

Para dar la validez del instrumento se llevará a cabo con los resultados obtenidos de los 02 instrumentos de medición PCI e IRI, para un nivel de asociación entre las variables, así mismo el grado de relación que llevan entre sí al ser métodos evaluativos del pavimento flexible.

3.8. Diseño De La Estrategia Para La Prueba De Hipótesis

El desarrollo de una prueba de hipótesis T de Student para comparar 2 muestras relacionadas implica los siguientes pasos:

H0: No existe diferencia significativa entre las medias de las variables en ambas muestras relacionadas.

H1: Existe diferencia significativa entre las medias de las variables en ambas muestras relacionadas.

nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Calcular el valor estadístico t según la fórmula:

$$t = (\text{Diferencia de medias}) / (\text{Desviación estándar de las diferencias} / \sqrt{n})$$



Donde Diferencia de medias = Media muestra 1 - Media muestra 2

Comparar el valor t calculado con el valor t crítico o crítico de tablas según los grados de libertad.

Si $|t| > t$ crítico se rechaza H_0 y se acepta H_1 , concluyendo que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambas muestras relacionadas.

Si $|t| \leq t$ crítico se acepta H_0 concluyendo que no hay diferencia significativa entre las medias según el nivel α prefijado.

Para la prueba de hipótesis se efectuará con la hipótesis general de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Índice de Condición del Pavimento

El PCI (Índice de Condición del Pavimento) de una sección de pavimento se calcula promediando los índices PCI de sus unidades de muestra individuales, las cuales son inspeccionadas por separado. Este proceso permite una evaluación precisa del pavimento, facilitando una mejor planificación de su mantenimiento o reparación.

Tabla 41

Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida 3 de octubre

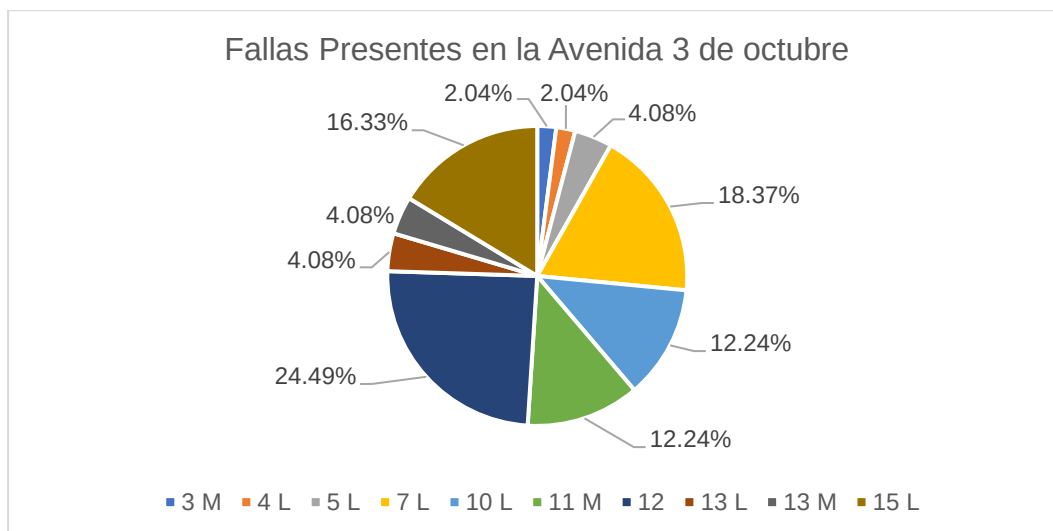
Registro de fallas en Avenida 3 de octubre - San Miguel - San Román									
UM	PROGRESIVA		AREA	FALLAS					
				5 L	12	13 L	13 M	15 L	
1	0+000	0+0324	226.47	m2	m2	m3	m3	m2	
				2.46	226.45	0.12	0.10	26.88	
				5 L	7 L	10 L	12	15 L	
2	0+0324	0+0647	226.47	m2	ml	ml	m2	m2	
				4.46	32.35	15.60	226.45	23.94	
				7 L	10 L	12			
3	0+0971	0+1294	226.47	ml	ml	m2			
				28.95	10.40	226.45			
				3 M	4 L	7 L	11 M	12	13 M
4	0+1294	0+1618	226.47	m2	ml	ml	m2	m2	m3
				1.43	0.95	32.35	50.05	226.45	0.20
				7 L	12	15 L			
5	0+1941	0+2265	226.47	ml	m2	m2			

				18.90	226.45	14.28		
				7 L	10 L	11 M	12	15 L
6	0+2265	0+2588	226.47	ml	ml	m2	m2	m2
				17.15	4.75	0.41	226.45	18.76
				7 L	10 L	11 M	12	13 L
7	0+2912	0+3235	226.47	ml	ml	m2	m2	m3
				32.35	11.70	0.16	226.45	0.03
				7 L	10 L	11 M	12	15 L
8	0+3235	0+3559	226.47	ml	ml	m2	m2	m2
				25.70	15.48	1.37	226.45	16.45
				7 L	11 M	12		
9	0+3882	0+4206	226.47	ml	m2	m2		
				32.35	0.85	226.45		
				10 L	12	15 L		
10	0+4206	0+4529	226.47	ml	m2	m2		
				21.45	226.45	8.79		
				11 M	12	15 L		
11	0+4853	0+5176	226.47	m2	m2	m2		
				0.65	226.45	21.35		
				7 L	12	15 L		
12	0+5176	0+550	226.47	ml	m2	m2		
				22.85	226.45	11.40		

Nota: Datos extraídos del PCI desarrollado.

Figura 31

Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida 3 de Octubre



Nota: Incidencia de fallas en la avenida 3 de Octubre.

Interpretación:

La gráfica de pastel muestra las diferentes fallas presentes en la Avenida 3 de octubre, clasificadas por tipo y representadas como porcentajes del total de fallas detectadas. Aquí está la interpretación de los datos:

- Falla 12: Representa el 24.49% del total de las fallas, siendo este el tipo de falla más común.
- Falla 7L: Corresponde al 18.37%, el segundo tipo de falla más frecuente.
- Falla 15L: Constituye el 16.33% de las fallas.
- Falla 10L y 11M: Tiene un 12.24%.
- Falla 5L: Representa el 4.08%, al igual que el 13L y 13M.
- Falla 3M: Tiene un 2.04% de las fallas, al igual que el 4L.

Tabla 42

Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Manco Cápac

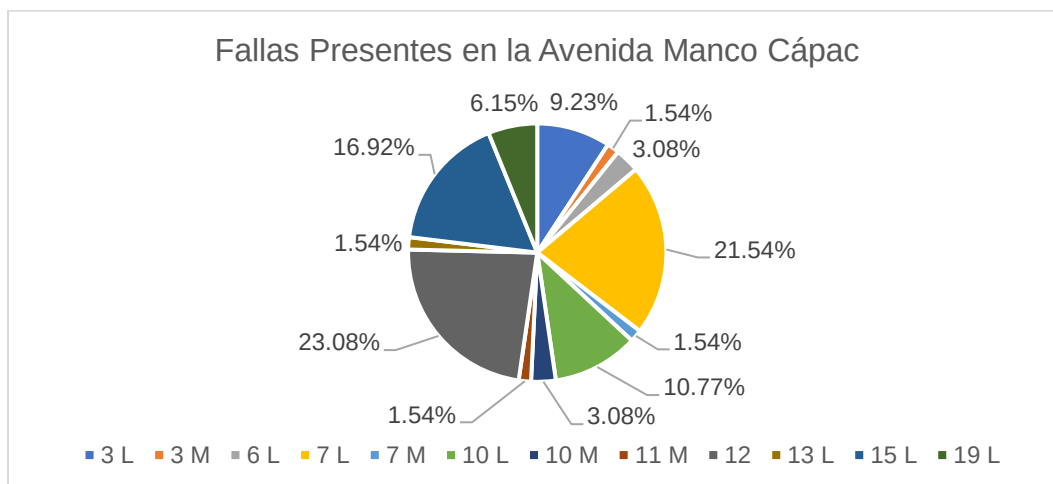
Registro de fallas en Avenida Manco Cápac - San Miguel - San Román									
UM	PROGRESIVA		AREA	FALLAS					
				7 L	10 L	10 M	12	15 L	
1	0+0352	0+0704	241.02	ml	ml	ml	m2	m2	
				35.19	35.19	14.55	241.02	12.32	
				3 L	6 L	7 M	10 M	12	15 L
2	0+0704	0+1056	241.02	m2	m2	ml	ml	m2	m2
				6.03	3.78	35.19	30.45	241.02	24.63
				7 L	11 M	12	15 L	19 L	
3	0+1408	0+1760	241.02	ml	m2	m2	m2	m2	
				35.19	12.50	241.02	19.70	8.80	
				7 L	12	15 L			
4	0+2111	0+2463	241.02	ml	m2	m2			
				35.19	241.02	31.67			
				7 L	12	15 L	19 L		
5	0+2463	0+2815	241.02	ml	m2	m2	m2		
				35.19	241.02	34.83	7.04		
				7 L	10 L	12	15 L		
6	0+3167	0+3519	241.02	ml	ml	m2	m2		
				5.50	37.05	241.02	29.56		
				3 L	6 L	7 L	10 L	12	
7	0+3871	0+4223	241.02	m2	m2	ml	ml	m2	
				7.20	5.00	35.19	22.65	241.02	
8	0+4575	0+4927	241.02	7 L	10 L	12			

				ml	ml	m2		
				35.19	35.19	241.02		
				7 L	10 L	12	13 L	19 L
9	0+5279	0+5630	241.02	ml	ml	m2	m3	m2
				35.19	32.55	241.02	0.04	4.77
				7 L	10 L	12		
10	0+5982	0+6334	241.02	ml	ml	m2		
				35.19	35.60	241.02		
				3 L	7 L	12	15 L	
11	0+6686	0+7038	241.02	m2	ml	m2	m2	
				4.50	35.19	241.02	31.67	
				3 L	7 L	12	15 L	
12	0+7390	0+7742	241.02	m2	ml	m2	m2	
				18.43	35.19	241.02	36.95	
				3 M	7 L	12	15 L	
13	0+7742	0+8094	241.02	m2	ml	m2	m2	
				2.25	35.19	241.02	33.78	
				3 L	7 L	12	15 L	
14	0+8446	0+8798	241.02	m2	ml	m2	m2	
				4.50	35.19	241.02	23.22	
				3 L	7 L	10 L	12	15 L
15	0+9149	0+9500	241.02	m2	ml	ml	m2	m2
				18.43	35.19	26.24	241.02	19.70
								8.80

Nota: Datos extraídos del PCI desarrollado.

Figura 32

Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Manco Cápac



Nota: Incidencia de fallas en la avenida Manco Cápac

Interpretación:

La gráfica de pastel muestra las diferentes fallas presentes en la Avenida Manco Cápac, clasificadas por tipo y representadas como porcentajes del total de fallas detectadas. Aquí está la interpretación de los datos:

- Falla 12: Representa el 23.08% del total de las fallas, siendo este el tipo de falla más común.
- Falla 7L: Corresponde al 21.54%, el segundo tipo de falla más frecuente.
- Falla 15L: Constituye el 16.92% de las fallas.
- Falla 10L: Representa el 10.77%.
- Falla 3L: Representa el 9.23%.
- Falla 19L: Tiene un 6.15% de las fallas.
- Falla 6L: Tiene un 3.08% de las fallas, al igual que el 15L.
- Falla 3M: Tiene un 1.54% de las fallas, al igual que el 7L, 7M y 11M.

Tabla 43

Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Infancia

Registro de fallas en Avenida Infancia - San Miguel - San Román										
UM	PROGRESIVA		AREA	FALLAS						
1	0+0706	0+1059	247.06	7 L	12	15 L				
				ml	m2	m2				
				35.29	247.03	21.26				
2	0+1412	0+1765	247.06	3 L	7 L	10 L	11 M	12	15 L	
				m2	ml	ml	m2	m2	m2	
				4.19	70.58	35.29	3.70	247.03	21.26	
3	0+2117	0+2470	247.06	7 L	12	15 L				
				ml	m2	m2				
				35.29	247.03	21.26				
4	0+2823	0+3176	247.06	3 M	7 L	10 L	12	13 M	15 L	19 L
				m2	ml	ml	m2	m3	m2	m2
				12.54	70.58	55.50	247.03	0.04	37.05	1.28
5	0+3529	0+3882	247.06	7 L	12	15 L				
				ml	m2	m2				
				35.29	247.03	37.05				
6	0+4235	0+4588	247.06	6 L	10 L	10 M	11 L	12	15 L	
				m2	ml	ml	m2	m2	m2	
				8.54	35.29	13.74	3.00	247.03	21.26	

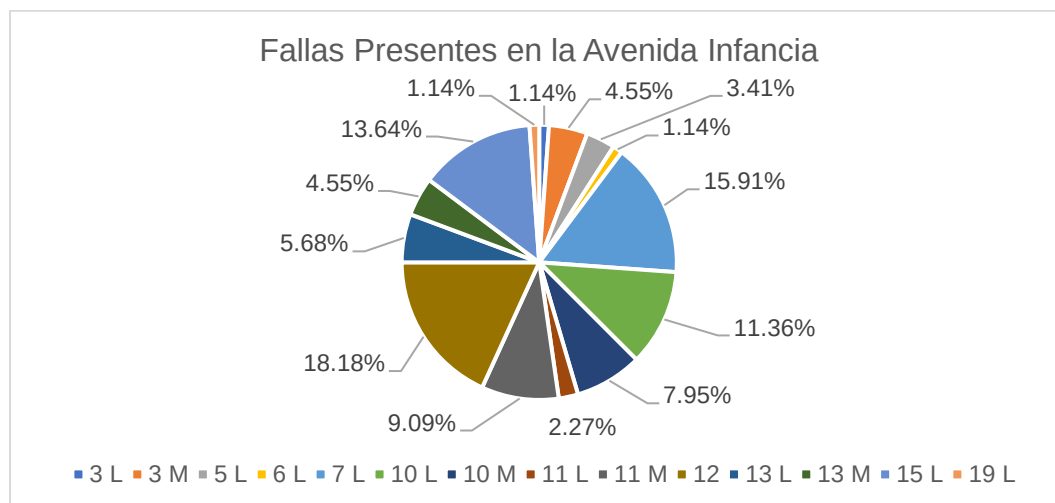


				10 M	11 M	12	15 L						
7	0+4941	0+5294	247.06	ml	m2	m2	m2						
				5.60	2.00	247.03	34.94						
				7 L	10 L	12	13 L	15 L					
8	0+5646	0+5999	247.06	ml	ml	m2	m3	m2					
				70.58	22.70	247.03	0.06	34.94					
				3 M	5 L	7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 L	13 M	
9	0+6352	0+6705	247.06	m2	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m3	m3	
				20.09	12.51	70.58	35.29	30.40	18.81	247.03	0.06	0.15	
				3 M	5 L	7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 L	13 M	
10	0+7058	0+7411	247.06	m2	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m3	m3	
				17.50	12.51	70.58	35.29	30.40	9.90	247.03	0.03	0.15	
				3 M	5 L	7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 L	13 M	
11	0+7764	0+8117	247.06	m2	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m3	m3	
				55.28	15.75	70.58	10.50	45.00	14.00	247.03	0.06	0.31	
				7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 L				
12	0+8470	0+8823	247.06	ml	ml	ml	m2	m2	m3				
				70.58	56.40	21.51	6.00	247.03	0.07				
				7 L	12	15 L							
13	0+9175	0+9528	247.06	ml	m2	m2							
				35.29	247.03	34.94							
				7 L	10 L	10 M	11 M	12	15 L				
14	0+9881	1+0234	247.06	ml	ml	ml	m2	m2	m2				
				35.29	22.80	35.29	7.00	247.03	34.94				
				7 L	10 L	11 L	11 M	12	15 L				
15	1+0587	1+0940	247.06	ml	ml	m2	m2	m2	m2				
				35.29	56.60	2.64	21.00	247.03	29.64				
				7 L	12	15 L							
16	1+1293	1+1646	247.06	ml	m2	m2							
				35.29	247.03	34.94							

Nota: Datos extraídos del PCI desarrollado.

Figura 33

Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Infancia



Interpretación:

El gráfico circular representa los tipos de fallas en la Avenida Infancia como porcentajes del total detectado:

- Falla 12: Representa el 18.18% del total de las fallas, siendo este el tipo de falla más común.
- Falla 7L: Corresponde al 15.91%, el segundo tipo de falla más frecuente.
- Falla 15L: Constituye el 13.64% de las fallas.
- Falla 10L: Representa el 11.36%.
- Falla 11M: Representa el 9.09%.
- Falla 10M: Tiene un 7.95% de las fallas.
- Falla 13L: Tiene un 5.68% de las fallas.
- Falla 3M: Tiene un 4.55% de las fallas, al igual que el 13M.
- Falla 5L: Tiene un 3.41% de las fallas.
- Falla 11L: Tiene un 2.27% de las fallas.
- Falla 3L: Tiene un 1.54% de las fallas, al igual que el 6L y 19L.



Tabla 44

Tabla de registro de datos para el PCI por unidad de muestra, Avenida Triunfo

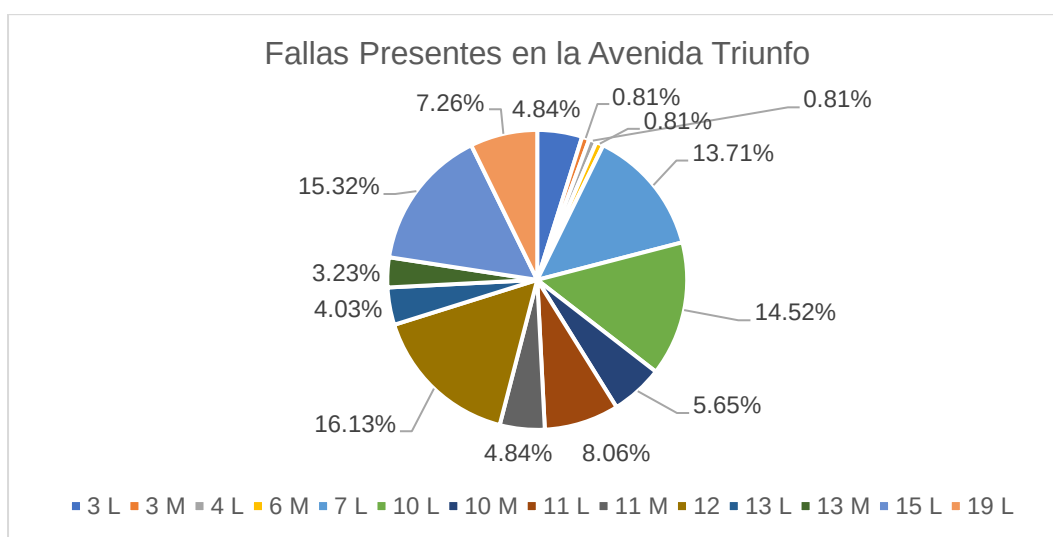
Registro de fallas en Avenida Triunfo - San Miguel - San Román														
UM	PROGRESIVA		AREA	FALLAS										
				10 L	11 L	12	13 L	15 L						
1	0+035	0+070	239.75	ml	m2	m2	m3	m2						
				11.55	3.00	239.75	0.07	34.65						
				7 L	10 L	12	15 L							
2	0+070	0+105	239.75	ml	ml	m2	m2							
				35.00	11.36	239.75	16.10							
				7 L	10 L	11 M	12	15 L						
3	0+175	0+210	239.75	ml	ml	m2	m2	m2						
				70.00	44.90	1.70	239.75	16.10						
				3 L	4 L	7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 M	15 L	19 L	
4	0+210	0+245	239.75	m2	ml	ml	ml	ml	m2	m2	m3	m2	m2	
				31.61	7.00	70.00	20.55	46.50	6.94	239.75	0.20	19.60	7.99	
				3 L	7 L	10 L	10 M	11 L	11 M	12	13 L	15 L	19 L	
5	0+315	0+350	239.75	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m2	m3	m2	m2	
				41.13	70.00	18.80	12.69	1.80	4.05	239.75	0.04	26.25	5.02	
				10 L	11 L	12	13 L	15 L						
6	0+350	0+385	239.75	ml	m2	m2	m3	m2						
				41.55	3.00	239.75	0.04	34.65						
				7 L	10 M	11 L	12	15 L						
7	0+455	0+490	239.75	ml	ml	m2	m2	m2						
				70.00	51.60	6.75	239.75	16.10						
				3 L	6 M	7 L	10 L	10 M	11 M	12	13 L	15 L	19 L	
8	0+490	0+525	239.75	m2	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m3	m2	m2	
				45.65	12.62	70.00	20.55	9.45	13.60	239.75	0.12	17.50	14.69	
				3 M	7 L	10 L	11 M	12	13 M	15 L				
9	0+595	0+630	239.75	m2	ml	ml	m2	m2	m3	m2				
				12.49	70.00	20.55	16.44	239.75	0.04	26.25				
				7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					
10	0+630	0+665	239.75	ml	ml	m2	m2	m2	m2					
				70.00	61.84	2.04	239.75	26.25	2.25					
				3 L	7 L	10 L	11 M	12	13 M	15 L				
11	0+735	0+770	239.75	m2	ml	ml	m2	m2	m3	m2				
				21.60	70.00	21.51	20.55	239.75	0.08	21.00				
				7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					
12	0+770	0+805	239.75	ml	ml	m2	m2	m2	m2					
				70.00	37.26	1.45	239.75	26.25	7.11					
				7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					
13	0+875	0+910	239.75	ml	ml	m2	m2	m2	m2					
				70.00	31.50	1.45	239.75	21.00	10.63					
				7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					
14	0+910	0+945	239.75	ml	ml	m2	m2	m2	m2					
				70.00	31.50	2.40	239.75	21.00	106.86					
				7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					
15	1+015	1+050	239.75	7 L	10 L	11 L	12	15 L	19 L					

				ml	ml	m2	m2	m2	m2		
				70.00	6.85	1.70	239.75	21.00	7.65		
				7 L	10 M	12	19 L				
16	1+050	1+085	239.75	ml	ml	m2	m2				
				70.00	68.25	239.75	8.33				
				7 L	10 L	12	13 M	15 L			
17	1+155	1+190	239.75	ml	ml	m2	m3	m2			
				70.00	47.40	239.75	0.08	39.90			
				10 L	12	15 L					
18	1+190	1+225	239.75	ml	m2	m2					
				8.52	239.75	21.00					
				3 L	7 L	10 L	10 M	12	13 L	15 L	
19	1+295	1+330	239.75	m2	ml	ml	ml	m2	m3	m2	
				45.60	70.00	42.30	14.36	239.75	0.04	23.10	
				3 L	7 L	10 L	10 M	11 L	12	15 L	
20	1+330	1+365	239.75	m2	ml	ml	ml	m2	m2	m2	
				55.28	70.00	21.51	24.60	9.80	239.75	39.20	

Nota: Datos extraídos del PCI desarrollado.

Figura 34

Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Triunfo



Nota: Elaboración propia

Interpretación:

La gráfica de pastel muestra las diferentes fallas presentes en la Avenida Triunfo, clasificadas por tipo y representadas como porcentajes del total de fallas detectadas. Aquí está la interpretación de los datos:



- Falla 12: Representa el 16.13% del total de las fallas, siendo este el tipo de falla más común.
- Falla 15L: Corresponde al 15.32%, el segundo tipo de falla más frecuente.
- Falla 10L: Constituye el 14.52% de las fallas.
- Falla 7L: Representa el 13.71%.
- Falla 11L: Representa el 8.06%.
- Falla 19L: Tiene un 7.26% de las fallas.
- Falla 10M: Tiene un 5.65% de las fallas.
- Falla 3L: Tiene un 4.84% de las fallas, al igual que el 11M.
- Falla 13L: Tiene un 4.03% de las fallas.
- Falla 13M: Tiene un 3.23% de las fallas.
- Falla 3M: Tiene un 0.81% de las fallas, al igual que el 4L y 6M.



Tabla 45

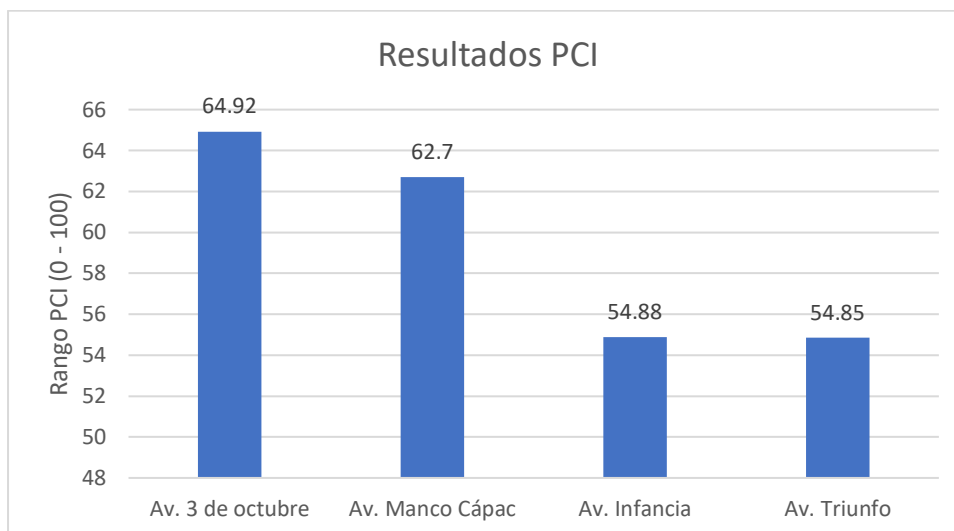
Resumen de PCI por unidad de muestra, para cada Avenida estudiada

UM	Población de Estudio															
	Pavimentos flexibles															
	PROGRESIVA		AREA	Av. 3 de octubre	PROGRESIVA		AREA	Av. Manco Cápac	PROGRESIVA		AREA	Av. Infancia	PROGRESIVA		AREA	Av. Triunfo
1	0+000	0+0324	226.47	59.18	0+0352	0+0704	241.02	62.9	0+0706	0+1059	247.06	64.21	0+035	0+070	239.75	57.6
2	0+0324	0+0647	226.47	59.99	0+0704	0+1056	241.02	50.04	0+1412	0+1765	247.06	59.09	0+070	0+105	239.75	64.44
3	0+0971	0+1294	226.47	75.3	0+1408	0+1760	241.02	53.93	0+2117	0+2470	247.06	64.21	0+175	0+210	239.75	62.27
4	0+1294	0+1618	226.47	47.55	0+2111	0+2463	241.02	61.21	0+2823	0+3176	247.06	53.49	0+210	0+245	239.75	43.43
5	0+1941	0+2265	226.47	66.22	0+2463	0+2815	241.02	59	0+3529	0+3882	247.06	60.06	0+315	0+350	239.75	50.67
6	0+2265	0+2588	226.47	61.66	0+3167	0+3519	241.02	60.35	0+4235	0+4588	247.06	59	0+350	0+385	239.75	57.58
7	0+2912	0+3235	226.47	71.3	0+3871	0+4223	241.02	71.3	0+4941	0+5294	247.06	59.19	0+455	0+490	239.75	52.67
8	0+3235	0+3559	226.47	62.55	0+4575	0+4927	241.02	75.3	0+5646	0+5999	247.06	57.79	0+490	0+525	239.75	41.76
9	0+3882	0+4206	226.47	75.3	0+5279	0+5630	241.02	71.3	0+6352	0+6705	247.06	40.41	0+595	0+630	239.75	47.26
10	0+4206	0+4529	226.47	68.91	0+5982	0+6334	241.02	75.3	0+7058	0+7411	247.06	44.41	0+630	0+665	239.75	56.46
11	0+4853	0+5176	226.47	63.58	0+6686	0+7038	241.02	59.81	0+7764	0+8117	247.06	41.99	0+735	0+770	239.75	47.09
12	0+5176	0+550	226.47	67.51	0+7390	0+7742	241.02	58.46	0+8470	0+8823	247.06	60.81	0+770	0+805	239.75	58.35
13					0+7742	0+8094	241.02	59.27	0+9175	0+9528	247.06	60.59	0+875	0+910	239.75	59.89
14					0+8446	0+8798	241.02	62.02	0+9881	1+0234	247.06	46.63	0+910	0+945	239.75	59.18
15					0+9149	0+9500	241.02	60.34	1+0587	1+0940	247.06	45.55	1+015	1+050	239.75	59.89
16									1+1293	1+1646	247.06	60.59	1+050	1+085	239.75	59.77
17													1+155	1+190	239.75	55.67
18													1+190	1+225	239.75	64.09
19													1+295	1+330	239.75	52.59
20													1+330	1+365	239.75	46.24
Promedio				64.92				62.7				54.88				54.85
Clasificación				Bueno				Bueno				Regular				Regular

Nota: Datos extraídos del PCI desarrollado.

Figura 35

Diagrama circular de porcentaje de incidencia de fallas en la avenida Triunfo



Nota: Resultados de PCI por avenida evaluada.

Interpretación:

La gráfica muestra los resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para diferentes avenidas. Los valores del PCI varían en una escala de 0 a 100, donde un número más alto indica mejor condición del pavimento. Aquí están los resultados:

- Av. 3 de octubre: Tiene el PCI más alto con un valor de 64.92, lo que indica una condición relativamente buena del pavimento.
- Av. Manco Cápac: Muestra un PCI de 62.7, también reflejando una condición aceptable.
- Av. Infancia: Tiene un PCI de 54.88, lo que sugiere que su estado es moderado.
- Av. Triunfo: Presenta un PCI casi igual al de la Av. Infancia con 54.85, lo cual indica condiciones similares.

4.2. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo – Margen Derecho

4.2.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente:

Tabla 46

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciosibilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Triunfo					
Carril Derecho	3.55	2.62	2.68	2.57	2.62

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.**4.2.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen*****Derecho***

Tabla 47

Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Derecho según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
Avenida Triunfo			
CARRIL DERECHO	2.62	52.4	REGULAR

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.**4.3. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Triunfo –****Margen Izquierdo****4.3.1. Serviciosibilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo**

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 48

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Triunfo Margen Izquierdo

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados

Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente

VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Triunfo					
CARRIL IZQUIERDO	3.45	2.67	2.73	2.61	2.67

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.3.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Triunfo Margen**Izquierdo****Tabla 49**

Serviciabilidad de Avenida Triunfo Margen Izquierdo según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados				
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN	
Avenida Triunfo				
CARRIL IZQUIERDO	2.67	53.4	REGULAR	

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.4. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia –**Margen Derecho****4.4.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho**

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 50

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Infancia					
CARRIL DERECHO	4.73	2.12	2.2	2.03	2.12

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.4.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen**Derecho****Tabla 51***Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Derecho según PSI y PCI*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS				
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO				
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION	
Avenida Infancia				
CARRIL DERECHO	2.12	42.4	REGULAR	

*Nota: Datos proporcionados por laboratorio.***4.5. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Infancia –
Margen Izquierdo****4.5.1. Serviciosibilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo**

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 52*Serviciabilidad de Pavimento Avenida Infancia Margen Izquierdo*

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciosibilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Infancia					
CARRIL IZQUIERDO	4.14	2.35	2.43	2.3	2.36

*Nota: Datos proporcionados por laboratorio.***4.5.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Infancia Margen
Izquierdo****Tabla 53***Serviciabilidad de Avenida Infancia Margen Izquierdo según PSI y PCI*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS	
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	



VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Infancia			
CARRIL IZQUIERDO	2.36	47.2	REGULAR

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.6. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac

– Margen Derecho

4.6.1. Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho

Tabla 54

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Derecho

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Manco Cápac					
CARRIL DERECHO	3.20	2.79	2.84	2.73	2.79

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.6.2. Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac

Margen Derecho

Tabla 55

Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Derecho según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Manco Cápac			
CARRIL DERECHO	2.79	55.8	BUENO

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.7. Resultados del Índice de Regularidad Internacional Avenida Manco Cápac

– Margen Izquierdo

4.7.1. *Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo*

Para el desarrollo de los resultados se tiene lo siguiente.

Tabla 56

Serviciabilidad de Pavimento Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados					
Cálculo del Índice de Serviabilidad Presente					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
Avenida Manco Cápac					
CARRIL IZQUIERDO	2.94	2.93	2.97	2.84	2.91

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.7.2. *Calificación de Pavimento según PSI y PCI Avenida Manco Cápac*

Margen Izquierdo

Tabla 57

Serviciabilidad de Avenida Manco Cápac Margen Izquierdo según PSI y PCI

Serviciabilidad de los Pavimentos Evaluados			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
Avenida Manco Cápac			
CARRIL IZQUIERDO	2.91	58.2	BUENO

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

4.8. Análisis comparativo del índice de condición del pavimento PCI y el

índice de regularidad internacional IRI

Para realizar un análisis de similitud de los resultados de PCI e IRI de las avenidas presentadas, se deben comparar las clasificaciones y los promedios para identificar patrones y diferencias clave entre los datos de cada avenida.

Tabla 58

Comparación de resultados entre PCI e IRI – rugosímetro Merlin

METODOS	UM	Población de Estudio			
		Pavimentos flexibles			
		Av. 3 de octubre	Av. Manco Cápac	Av. Infancia	Av. Triunfo
PCI	Promedio	64.92	62.7	54.88	54.85
	Clasificación	Bueno	Bueno	Regular	Regular
IRI	Promedio	3.20	3.07	4.44	3.50
	Clasificación	Bueno	Muy Bueno	Regular	Bueno

Nota: Datos proporcionados por laboratorio.

La tabla proporcionada muestra los resultados de dos métodos de evaluación de pavimentos flexibles en cuatro avenidas diferentes: Av. 3 de octubre, Av. Manco Cápac, Av. Infancia y Av. Triunfo. Los métodos son el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI), cada uno con sus respectivos promedios y clasificaciones.

4.8.1. Similitudes:

PCI Similitudes:

Av. 3 de octubre y Av. Manco Cápac: Ambas tienen clasificaciones de "Bueno" en el PCI, lo que sugiere que tienen una condición de pavimento similar.

Av. Infancia y Av. Triunfo: Tienen casi el mismo promedio de PCI (54.88 y 54.85 respectivamente) y están clasificados como "Regular", lo que indica una condición de pavimento comparable entre estas dos avenidas.

IRI Similitudes:



Av. 3 de octubre y Av. Triunfo: Aunque tienen diferentes clasificaciones de PCI, sus IRI están clasificados como "BUENO", lo que sugiere que la calidad de la superficie de rodadura es similar desde el punto de vista de la comodidad de conducción.

Las clasificaciones de IRI para Av. Manco Cápac y Av. Triunfo, aunque numéricamente diferentes, resultan en una clasificación de "BUENO", lo que indica una experiencia de conducción favorable en ambas avenidas.

4.8.2. Diferencias:

PCI Diferencias:

Hay una clara diferencia entre las avenidas clasificadas como "Bueno" (Av. 3 de octubre y Av. Manco Cápac) y las clasificadas como "Regular" (Av. Infancia y Av. Triunfo) en términos de PCI. Esto refleja una diferencia en la condición general del pavimento.

IRI Diferencias:

La Av. Manco Cápac tiene una clasificación de "MUY BUENO" para IRI, lo que implica una superficie de rodadura superior en comparación con las otras avenidas.

La Av. Infancia tiene la clasificación más baja de "REGULAR" en IRI, lo que la diferencia de las otras avenidas, indicando una experiencia de conducción potencialmente más incómoda debido a la rugosidad del pavimento.

Conclusiones del Análisis de Similitud:

Las avenidas Av. 3 de octubre y Av. Manco Cápac exhiben condiciones de pavimento similares y positivas en términos de PCI e IRI, aunque la Av. Manco Cápac sobresale ligeramente en IRI.

Las avenidas Av. Infancia y Av. Triunfo comparten similitudes en términos de un PCI más bajo y una clasificación general de "Regular", aunque Av. Infancia tiene

un IRI significativamente más alto, lo que sugiere una necesidad de mantenimiento más crítica.

En términos de IRI, la Av. Manco Cápac y Av. Triunfo comparten una calidad de conducción "BUENO", a pesar de tener diferentes valores numéricos.

Por lo que se evidencia que existe una correlación general entre los valores de PCI e IRI. Las avenidas con un PCI más alto tienden a tener un IRI más bajo (mejor), lo cual tiene sentido ya que una menor cantidad de defectos superficiales suele resultar en una conducción más suave.

Sin embargo, hay una discrepancia notable en la Av. Infancia donde el PCI indica una condición "Regular", pero el IRI es el más alto y también se clasifica como "Regular". Esto podría sugerir que aunque la superficie tiene defectos que afectan su condición, estos no necesariamente afectan la regularidad de la rodadura de manera crítica.

Av. Manco Cápac, a pesar de tener un PCI ligeramente inferior a Av. 3 de octubre, tiene el mejor IRI, lo que podría implicar que los tipos de fallas presentes afectan menos la regularidad de la rodadura.

4.8.3. Eficiencia:

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI) son dos métodos diferentes para evaluar la condición del pavimento, y cada uno tiene su propio conjunto de ventajas y aplicaciones. La eficiencia de uno sobre el otro depende de lo que se desea medir y del contexto de uso.

PCI (Pavement Condition Index):

- Es una medida detallada que evalúa la condición superficial del pavimento en base a una inspección visual.

- Considera la cantidad y la severidad de las diferentes fallas superficiales como grietas, baches y deformaciones.
- Es muy útil para planificar mantenimientos y reparaciones a corto plazo, ya que proporciona una imagen detallada de la condición actual del pavimento.

IRI (International Roughness Index):

- Mide la regularidad longitudinal de una carretera y es un indicador del confort y la calidad de la rodadura desde la perspectiva de los usuarios.
- Se obtiene generalmente mediante vehículos equipados con sistemas de medición que registran las irregularidades de la superficie mientras se desplazan a velocidad de operación.
- Es un buen indicador para evaluaciones a largo plazo de la calidad de la carretera y es ampliamente utilizado para estudios de inversión y benchmarking internacional.

En términos de eficiencia:

- Si se busca una evaluación rápida y a gran escala de la calidad de conducción, el IRI puede ser más eficiente, ya que se recopila de forma rápida y automática.
- Si el objetivo es realizar un diagnóstico detallado para mantenimiento y reparaciones, el PCI puede ser más eficiente, ya que proporciona una evaluación detallada de las fallas específicas y su severidad.

En la práctica, ambos índices a menudo se utilizan en conjunto para obtener una comprensión completa de la condición del pavimento y para planificar de manera efectiva el mantenimiento del pavimento y la gestión de activos de infraestructura vial.

4.9. Proceso De La Contrastación De Hipótesis

4.9.1. Prueba de hipótesis *T* de Student

Se desarrolla con los siguientes resultados.

Tabla 59

Resultados de análisis

MÉTODO	AVENIDA	PCI	IRI (PCI)
1	3 DE OCTUBRE	64.92	55.6
2	MANCO CÁPAC	62.7	57
3	INFANCIA	54.88	44.8
4	TRIUNFO	54.85	52.9

Procesamiento de datos

H1 = Existe relación entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento en el cercado de san miguel – San Román 2023.

Ho = No existe relación entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento en el cercado de san miguel – San Román 2023.

Planteamiento:

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

$$\bar{X}_1 = 59.33$$

$$\bar{X}_2 = 52.57$$

$$t = 1.79$$

Valor crítico:

Grados de libertad GI = 6

$\alpha = 0.05$ = nivel de significancia = 95%

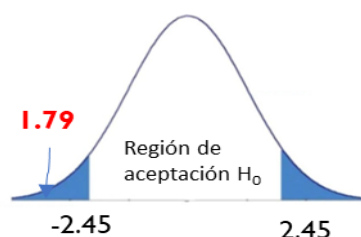


Tabla 60

Desarrollo de datos Prueba t

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	PCI	IRI (pci)
Media	59.3375	52.575
Varianza	27.49255833	29.7625
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	28.62752917	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1.787435351	
P(T<=t) una cola	0.062046366	
Valor crítico de t (una cola)	1.943180281	
P(T<=t) dos colas	0.124092731	
Valor crítico de t (dos colas)	2.446911851	

Decisión:

P valor = 0.12 eso es mayo a 0.05

Para la prueba T se tiene un valor de 1.79, que esta se encuentra en la zona de aceptación le la hipótesis alterna

Por lo tanto: Se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

4.10. Discusión de resultados

4.10.1. *Discusión de la relación que existe entre el índice de rugosidad*

internacional y el índice de condición del pavimento

Este estudio investigó la relación entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) con el objetivo de comprender cómo cada uno representa el estado general del pavimento. Los resultados muestran una correlación significativa entre ambos índices, aunque se observaron algunas diferencias importantes que requieren un análisis detallado.

Primero, es importante destacar que mientras el PCI proporciona una medida integral del estado del pavimento, evaluando aspectos como fisuras, baches y desgaste superficial, el IRI se centra más específicamente en la rugosidad de la superficie y la comodidad de conducción. Esta diferencia conceptual es crucial para

entender por qué no siempre hay una correspondencia directa entre los dos índices. Por ejemplo, un pavimento puede tener un PCI bajo debido a defectos superficiales significativos, pero aun así mantener un IRI relativamente bueno si estas imperfecciones no afectan significativamente la suavidad de la superficie.

Los hallazgos de esta investigación se alinean parcialmente con estudios previos, como los realizados por Camacho Cuéllar (2017), quien también observó una correlación, pero no una congruencia perfecta entre el IRI y el PCI. Este estudio amplía esa comprensión al demostrar que, aunque relacionados, estos índices pueden ofrecer evaluaciones ligeramente diferentes del estado del pavimento, lo que sugiere la necesidad de utilizar ambos para una evaluación completa. Además, asegurar que el IRI no es un buen predictor del PCI pues el mayor valor obtenido es igual a 0.35 de 1.

Una limitación de este estudio es su enfoque en una región geográfica específica, lo que podría influir en los resultados debido a factores como el clima y el volumen de tráfico. Por lo tanto, sería beneficioso replicar este estudio en diferentes contextos para validar la universalidad de estas correlaciones.

4.10.2. *Discusión del índice de condición del pavimento del cercado de San*

Miguel – San Román del año 2023

De acuerdo al primer objetivo específico, se enfocó en hallar el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel. A través de un análisis detallado, usando la Norma ASTM D 5340 (PCI) se hace uso del Manual PCI y se analizaron muestras de pavimento flexible en el cercado de San Miguel, obteniendo los siguientes resultados: avenida 3 de Octubre con una puntuación 64.92 clasificación bueno, avenida Manco Cápac con 62.70 clasificación bueno, avenida Infancia con 54.88 clasificación regular, y avenida Triunfo con 54.85 clasificación regular.

En comparación con el estudio de Huanca Gomez, Roxana B. (2021), su investigación se centró en evaluar la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible con el fin de alcanzar una óptima serviciabilidad en la Av. Municipal, específicamente en el tramo Óvalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, en Tacna, durante el año 2020. El estudio concluyó que el PCI ponderado para todo el tramo fue de 13,04%, lo que, de acuerdo con la tabla de calificación del manual, indica una condición del pavimento "muy mala".

4.10.3. Discusión del índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román del año 2023

Según el segundo objetivo específico, se centró en la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento dentro del área urbana de San Miguel. Mediante un análisis minucioso y aplicando la Norma AASHTO PP 37-04, que establece la práctica estándar para la determinación del IRI, se llevaron a cabo evaluaciones en muestras de pavimento flexible en el cercado de San Miguel, con la obtención de los siguientes resultados: para avenida 3 de Octubre margen derecho / izquierdo 3.20 clasificación bueno; para la avenida Manco Cápac margen derecho 3.20 clasificación bueno y margen izquierdo 2.94 clasificación muy bueno; para la avenida Infancia margen derecho 4.73 clasificación malo y margen izquierdo 4.14 clasificación regular; para la avenida Triunfo margen derecho 3.55 clasificación bueno y margen izquierdo 3.45 clasificación bueno.

En comparación con el trabajo de Allende Garcia, Fabrizio (2017), su investigación se enfocó en determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) promedio de los tramos Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc. El estudio concluyó que el IRI promedio fue de

3.80, lo que corresponde a una condición de "bueno" según la tabla de clasificación del IRI.

4.10.4. Discusión del método con mayor eficiencia al momento de diagnosticar el estado de los pavimentos del cercado de San Miguel en el 2023

Según el tercer objetivo específico, se centró en identificar el método con mayor eficiencia al momento de diagnosticar el estado de los pavimentos. Dos de los índices más utilizados en este contexto son el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), cada uno con sus propias ventajas y desafíos.

En esta investigación, se compararon y evaluaron estos dos métodos con el objetivo de determinar cuál de ellos ofrece la mayor eficiencia en el diagnóstico del estado de los pavimentos. Los resultados arrojaron algunas conclusiones interesantes que merecen discusión.

El PCI se basa en una evaluación visual y estructurada del estado del pavimento, considerando una variedad de defectos como fisuras, baches y desgaste superficial. Este enfoque tiene la ventaja de proporcionar una comprensión holística de la condición del pavimento y su capacidad para soportar la carga de tráfico. Además, el PCI se ha utilizado ampliamente en la industria y es reconocido por su aplicabilidad en la toma de decisiones de mantenimiento y rehabilitación.

Por otro lado, el IRI se centra específicamente en la rugosidad de la superficie y su influencia en la comodidad de conducción. Utiliza mediciones precisas para evaluar la regularidad de la superficie del pavimento. Esta métrica es valiosa para evaluar la calidad de la experiencia de conducción y puede estar más relacionada con la seguridad vial en términos de control del vehículo.



"La eficiencia es la capacidad de lograr un alto rendimiento con la menor cantidad de recursos disponibles" (Smith, 1776)

Teniendo en claro el concepto que la eficiencia se refiere a la capacidad de realizar una tarea o alcanzar un objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posibles, como tiempo, dinero o esfuerzo. Se trata de lograr un alto rendimiento o producción con la menor inversión de recursos.

Los resultados de esta investigación indican que, si bien ambos índices son útiles, su eficiencia puede variar según el objetivo de la evaluación. Si el enfoque principal es determinar la necesidad de respuesta inmediata a reparaciones estructurales y evaluar la menor necesidad de recursos posibles o lograr una mejor producción, el PCI puede ser la elección más eficiente. Sin embargo, si el objetivo es evaluar la comodidad de conducción y la seguridad, el IRI puede ser más relevante. La recopilación de datos para el IRI a menudo requiere equipos específicos y mediciones precisas, lo que puede ser costoso y requerir más tiempo en comparación con la evaluación visual del PCI.

CONCLUSIONES

PRIMERA.- Se puede referir que el método del índice de rugosidad internacional no es buen indicador del resultado del método índice de condición del pavimento, a pesar de que la vía analizada es la misma, las relaciones encontradas son dependientes del lugar del análisis realizado.

SEGUNDA.- El Índice de Condición del Pavimento en el cercado de San Miguel – San Román en 2023 es el siguiente: 64.92, clasificado como "bueno", para el pavimento flexible de la avenida 3 de Octubre; 62.70, también con clasificación "bueno", para el pavimento flexible de la avenida Manco Cápac; 54.88, clasificado como "regular", para la avenida Infancia; y 54.85, con clasificación "regular", para la avenida Triunfo.

TERCERA.- El índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román del año 2023, es el siguiente: 3.20 clasificación bueno según la serviciabilidad del pavimento para margen derecho / izquierdo, para el pavimento flexible de la avenida 3 de Octubre; 3.20 clasificación bueno según la serviciabilidad del pavimento para margen derecho y 2.94 clasificación muy bueno según la serviciabilidad del pavimento para margen izquierdo, para el pavimento flexible de la avenida Manco Cápac; 4.73 clasificación malo según la serviciabilidad del pavimento para margen derecho y 4.14 según la serviciabilidad del pavimento clasificación regular para margen izquierdo, para el pavimento flexible de la avenida Infancia y 3.55 clasificación bueno según la serviciabilidad del pavimento para margen derecho y 3.45 clasificación bueno según la serviciabilidad del pavimento para margen izquierdo, para el pavimento flexible de la avenida Triunfo.



CUARTA.- Para la presente investigación el método del índice de condición del pavimento, es el más eficiente, debido a que toma en cuenta y aprovecha mejor los recursos con los que se dispone, optimizando estos.



RECOMENDACIONES

PRIMERA.- Aunque los análisis estadísticos representan una herramienta válida para analizar la correlación entre los indicadores investigados, es importante seguir explorando otros modelos que puedan ofrecer un mejor ajuste a los datos obtenidos en el estudio. Esto permitirá obtener resultados más precisos y representar de manera más adecuada la relación entre las variables analizadas, lo que podría mejorar la comprensión de los fenómenos evaluados y proporcionar una base más sólida para futuras investigaciones.

SEGUNDA.- Según el análisis, es crucial tener en cuenta que la implementación del modelo no valida la hipótesis inicial.

TERCERA.- Para la obtención de resultados del IRI mediante la bicicleta de Merlín y que estos sean más confiables, y guarden relación con el método del PCI, se deben recoger estos datos en los puntos más críticos.

CUARTA.- Para una evaluación integral y una planificación eficaz de la gestión del pavimento, sería conveniente considerar ambos índices, ya que cada uno ofrece perspectivas valiosas sobre diferentes aspectos del rendimiento del pavimento.



REFERENCIAS

- Allende Garcia, F. (2017). *Evaluación comparativa de la serviciabilidad de las vías: Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc; según la determinación del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Andina del Cusco, Cusco - Perú.
- Arévalo Vásquez, J., Cortez Meza, L., Toribio Romero, H., & Loayza Estrada, B. (2019). *Fallas en pavimentos flexibles*. (Diapositivas de PowerPoint). Universidad Peruana los Andes, Lima.
- Asenjo, D. (2017). *Evaluación del estado del pavimento rígido en la avenida Mariscal Castilla, mediante la metodología del PCI - Jaén 2016*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Camacho Cuéllar, D. J. (2017). *“Estudio de Correlación entre el PCI y el IRI para las vías arteriales de la ciudad de Bogotá”*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Los Andes, Bogotá D.C.
- Castro, F. J. (2017). *Estudio de la serviciabilidad de pavimentos en carreteras nacionales*. Revista Ingeniería en Construcción, 65-74.
- Comunicaciones, M. D. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (Catálogo de Fallas)*. Dirección General de Reglamentos y Sistemas, 1 - 212. Obtenido de https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identificación-fallas.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Díaz Aguirre, P. N., & Ramírez Suárez, D. F. (2021). *Estudio de la correlación del Índice de estado “IRI” Índice de Rugosidad Internacional, respecto de la capacidad estructural del pavimento, específicamente con los cuencos de*



deflexión para concesiones de cuarta generación "4G". (Tesis de Maestría).

Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C.

Elsevier. (26 de 12 de 2019). *Elsevier*. Recuperado el 23 de 09 de 2021, de <https://www.elsevier.com/es-es/connect/enfermeria/edu-diagnostico-enfermero-las-caracteristicas-definitorias>

Fernández Sosa, C. M. (2021). *Índice de Rugosidad internacional (IRI) de la Av. Ejército, con la aplicación Roadroid en un Smartphone distrito de Andahuaylas, 2021*. Tesis de licenciatura. Universidad César Vallejo, Lima - Perú.

García, H. P. (2020). *Evaluación de la serviciabilidad de pavimentos: Métodos y criterios*. Journal of Pavement Engineering, 231-242.

García, L. H. (2020). *Impacto de la rugosidad del pavimento en la seguridad vial y el confort*. Revista de Ingeniería Vial, 112-119.

González Gutiérrez, Z. K., & Contreras Baca, G. A. (2022). *"Correlación del IRI - PSI - PCI del pavimento flexible de la av. José María Arguedas del distrito de San Jerónimo - Andahuaylas 2022"*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental, Huancayo.

González, R. &. (2018). *Teoría y práctica de los pavimentos en la ingeniería civil*. Mexico: Editorial Universitaria de Ingeniería Civil.

Google. (2023). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://acortar.link/24EnRE>

Google. (2023). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://acortar.link/24EnRE>

Google. (2023). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://acortar.link/24EnRE>

Google. (2023). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://acortar.link/24EnRE>

Grupo Bitafal. (27 de Mayo de 2020). *Grupo Bitafal*. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de <https://bitafal.com.uy/deterioro-pavimentos/>



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, C. S. (2019). *Diseño y mantenimiento de pavimentos flexibles en vías urbanas*. Caracas, Venezuela: Editorial Técnica Vial.
- Hiliquín, M. (2016). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016*. (Tesis de licenciatura). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Huanca Gomez, R. B. (2021). *"Determinación de la Rugosidad y el Índice de Condición del Pavimento para la Serviciabilidad en la Av. Municipal, tramo óvalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña – Tacna, 2020"*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada de Tacna, Tacna - Perú.
- Lopez, C., & Lopez, R. (2014). *Determinación y evaluacion de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, distrito de San Juan Bautista provincia de Huamanga - Ayacucho*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- López, J. A. (2018). *Métodos de evaluación de la condición del pavimento: Una revisión crítica*. Journal of Pavement Maintenance, 44-53.
- Martínez, J. L. (2019). *Estrategias para el mantenimiento de pavimentos urbanos*. Revista de Infraestructura Vial, 102-110.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (2013). *Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de transportes y comunicaciones, M. (2018). *Glosario de terminos de uso frecuente de en proyectos de infraestructura vial*. Lima: Ministerio de Transportes Y Comunicaciones.



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (2018). *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Niño Díaz, E. A., & Torres Arroyo, B. L. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible mediante IRI, PCI y propuesta de rehabilitación para mejorar la transitabilidad vehicular de la av. Sáenz Peña, JLO*. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Chiclayo - Perú.
- Oblitas Gastelo, B. E., Medina Cardozo, I. I., & Paredes Asalde, C. R. (2021). *Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos*. Revista ITECKNE, 1-6. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v18n2/1692-1798-itec-18-02-170.pdf>
- Oxford University Press. (2021). *Factor*. Oxford Languages.
- Pérez, L. M. (2016). *Análisis y diseño de pavimentos flexibles: Un enfoque práctico*. Revista de Ingeniería Civil, 35-50.
- Quintero, F., Ortiz, A., & Sánchez, J. (22 de Octubre de 2015). *issuu.com*. Recuperado el 16 de agosto de 2021, de https://issuu.com/franyeliquintero/docs/proyecto_final.docx
- Ramírez, A. C. (2018). *Mantenimiento preventivo y correctivo de pavimentos en zonas urbanas*. Journal of Road Maintenance, 123-135.
- Real Academia Española. (2021). *Relación*. En Diccionario de la Lengua Española. Obtenido de <https://dle.rae.es/condici%C3%B3n>
- Rivas, J. S. (2017). *Estudio de la rugosidad del pavimento: Método de medición y análisis de datos*. Revista Ingeniería y Tecnología, 57-63.
- Rodríguez Zelaya, E. V., Torres Mayorga, L. M., & Villeda Alvarenga, M. A. (2019). *"Desarrollo de metodología para la medición de IRI (International Roughness Index), mediante el uso de un rugosímetro basado en el Merlin (Machine*



Evaluating Roughness Using Low Cost Instrumentation), para evaluación de pavimentos flexibles y rígidos en". (Tesis de Licenciatura). Universidad de El Salvador, San Salvador.

Rodríguez, M. A. (2017). *Análisis estructural y mecánico de pavimentos: Fundamentos y aplicaciones*. Bogotá - Colombia: Editorial Panamericana.

Supo, W. (2018). *Diseño de Pavimentos: Libro de trabajo* (Primera edición ed.). Juliaca, Puno, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

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 el rugosímetro de Merlin". (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.

Vasquez Varela, L. R. (2023). *Índices de Condición de Pavimentos (PCI) y Superficies No Pavimentadas (URCI) en calles y carreteras*. Académica Española.

Vázquez, M. R. (2015). *Evaluación de la condición del pavimento mediante el índice de condición (PCI)*. Revista de Ingeniería Civil, 113-124.

Zevallos, R. (2018). *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017*. (Tesis de Maestría). Escuela de Posgrado Universidad César Vallejo, Lima.



ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

Anexo B: Curvas del valor deducido para pavimento flexible

Anexo C: Ensayo del Índice de Condición del Pavimento PCI

Anexo D: Ensayo de Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Anexo E: Fotos de Desarrollo de Ensayos en Campo



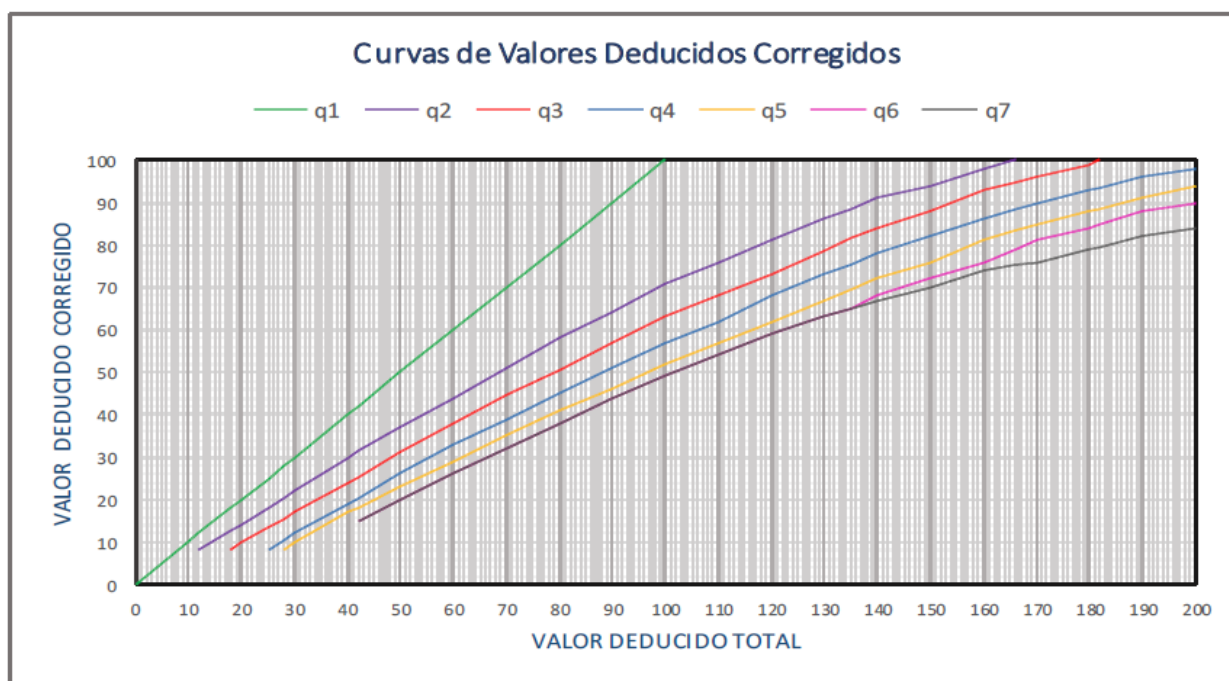
Anexo A: Matriz de Consistencia

TEMA: FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL – SAN ROMAN 2023

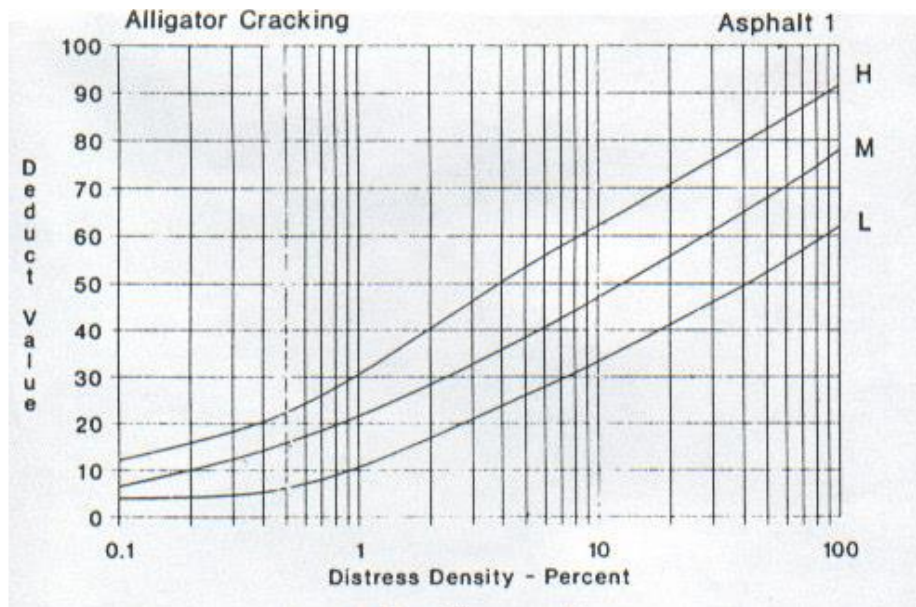
				ENFOQUE	Cuantitativo
				NIVEL	Descriptivo - Relacional
				TIPO	Observacional
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICES / INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuál es la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román?	Analizar la relación que existe entre el índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román en el año 2023	El índice de rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento son métodos equivalentes, debido a que los resultados son semejantes.	Índice de Rugosidad Internacional Índice de condición del pavimento	Análisis	Análisis
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICES / INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el actual índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román en el año 2023?	Hallar el índice de condición del pavimento del cercado de San Miguel – San Román del año 2023.	El índice de condición del pavimento promedio del cercado de San Miguel es Regular.	Estado del Pavimento Fallas en el pavimento	Condición del Pavimento	Manual PCI
¿Cuál es el actual índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román en el año 2023?	Determinar el índice de rugosidad internacional del pavimento en el cercado de San Miguel – San Román del año 2023.	El índice de rugosidad internacional promedio del cercado de San Miguel es Regular.	Severidad de fallas. Rugosidad del pavimento	Rugosidad del Pavimento	Manual IRI
¿Cuál de los dos métodos de análisis brinda una mayor eficiencia?	Identificar el método con mayor eficiencia al momento de diagnosticar el estado de los pavimentos del cercado de San Miguel en el 2023.	El índice de condición del pavimento es el método más eficiente en comparación del índice de rugosidad internacional, debido al poco uso de recursos.		Análisis	Análisis

Anexo B: Curvas del valor deducido para pavimento flexible

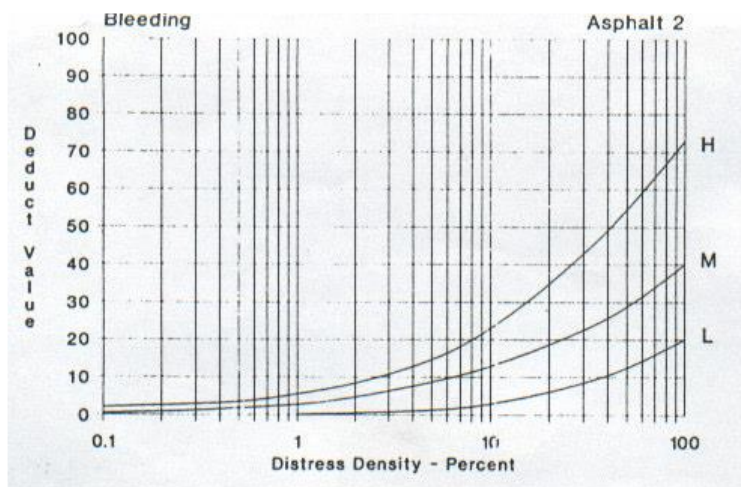
Curvas de valores deducidos corregidos



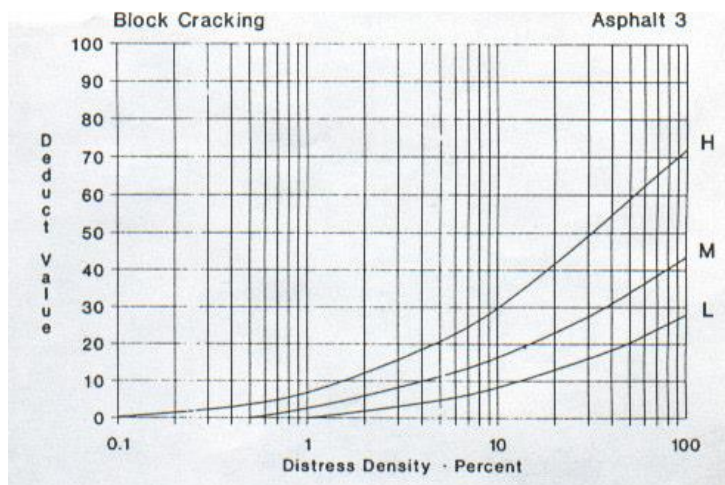
Curvas de valor deducido para la falla Piel de cocodrilo.



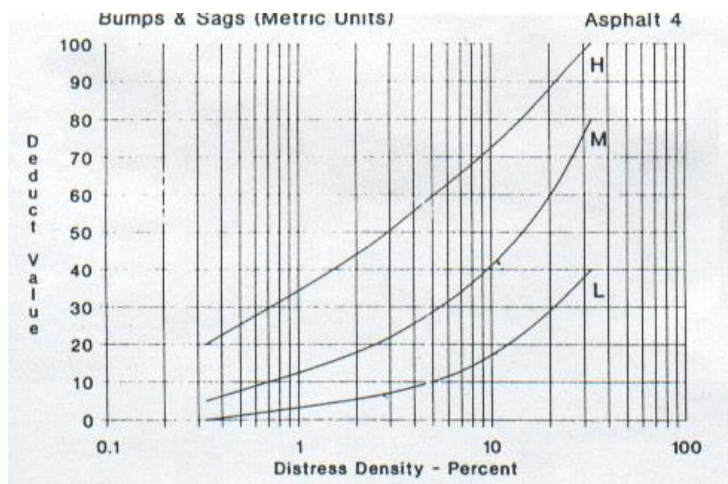
Curvas de valor deducido para la falla Exudación.



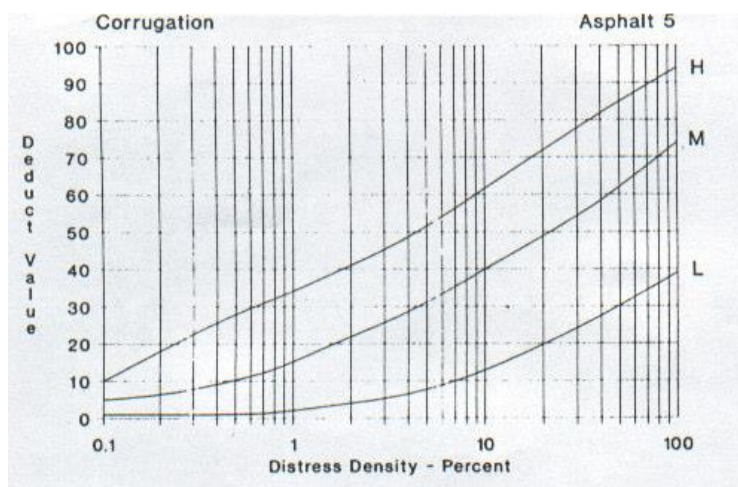
Curvas de valor deducido para la falla Agrietamiento en bloque.



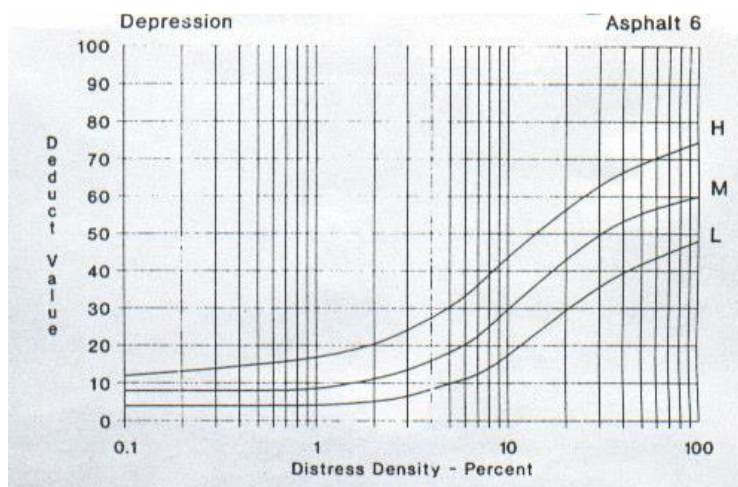
Curvas de valor deducido para la falla Abultamientos y hundimientos.



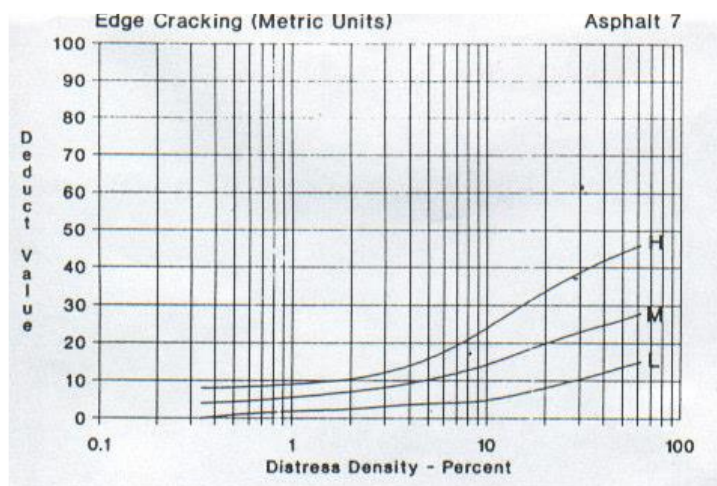
Curvas de valor deducido para la falla Corrugación.



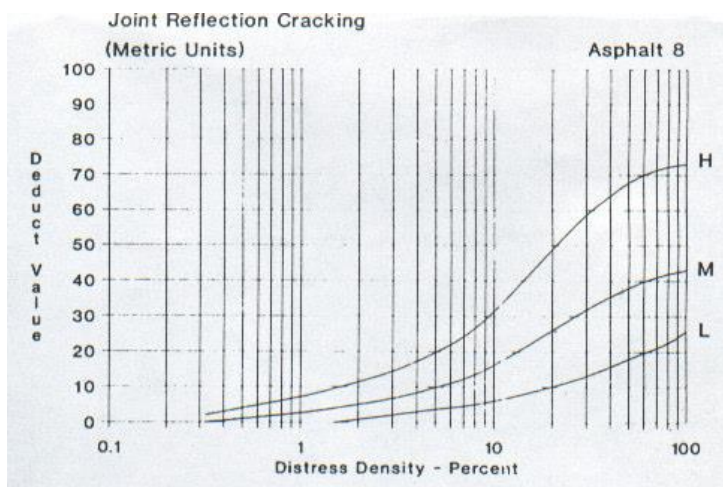
Curvas de valor deducido para la falla Depresión.



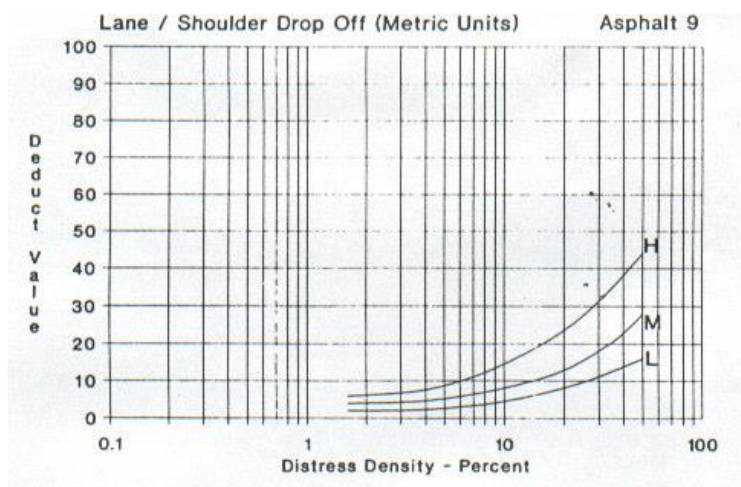
Curvas de valor deducido para la falla Grieta de borde.



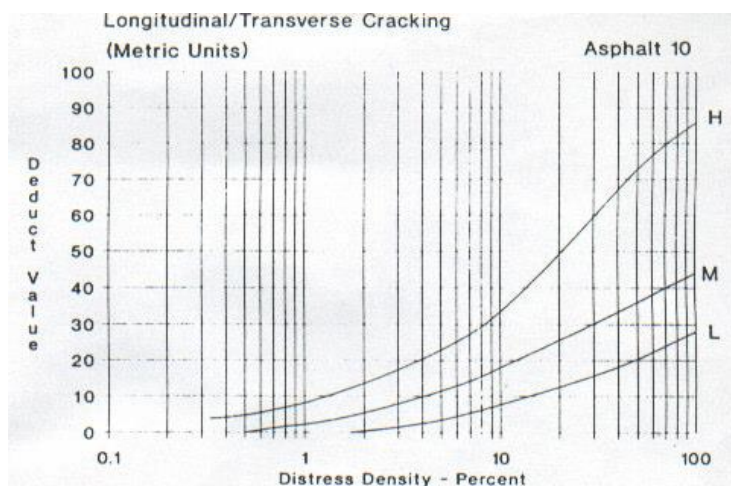
Curvas de valor deducido para la falla Grieta de reflexión de junta.



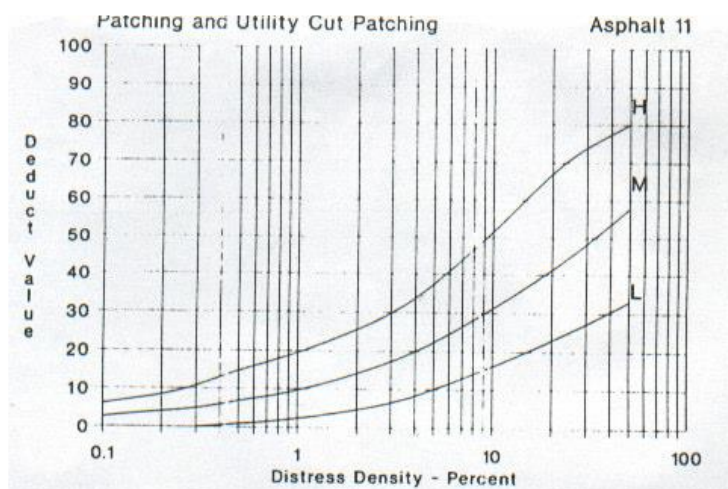
Curvas de valor deducido para la falla Desnivel carril / berma.



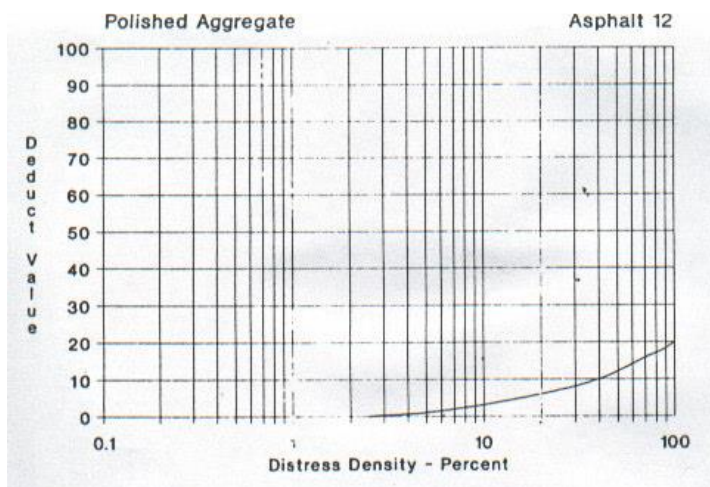
Curvas de valor deducido para la falla Grietas long y transversal.



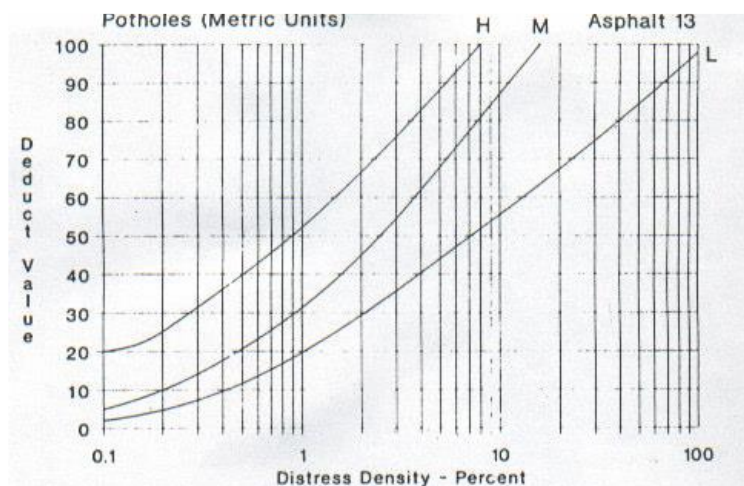
Curvas de valor deducido para la falla Parcheo.



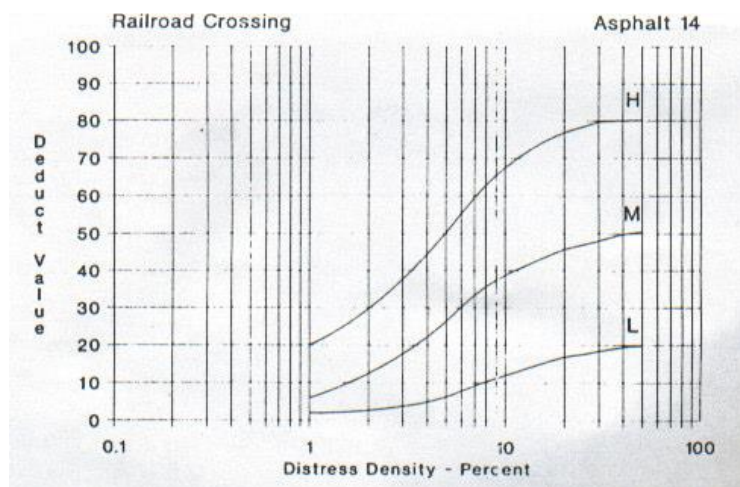
Curvas de valor deducido para la falla Pulimento de agregados.



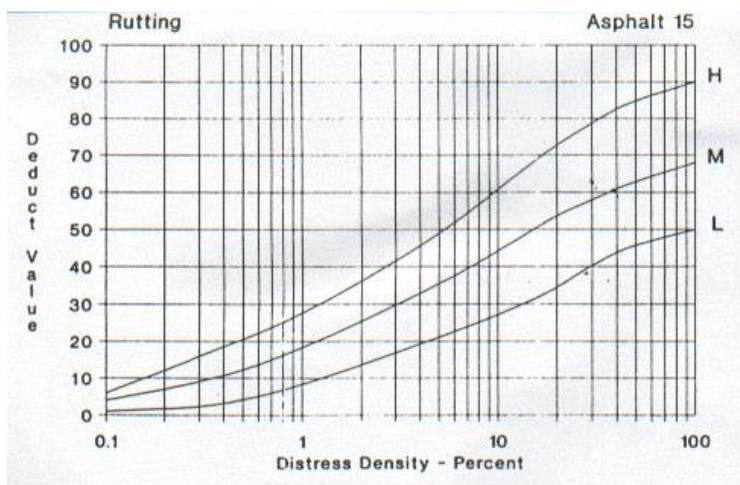
Curvas de valor deducido para la falla Huecos.



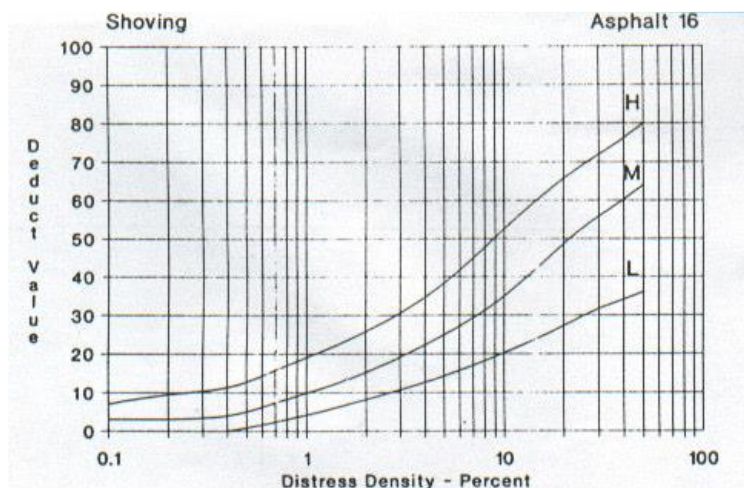
Curvas de valor deducido para la falla Cruce de vía férrea.



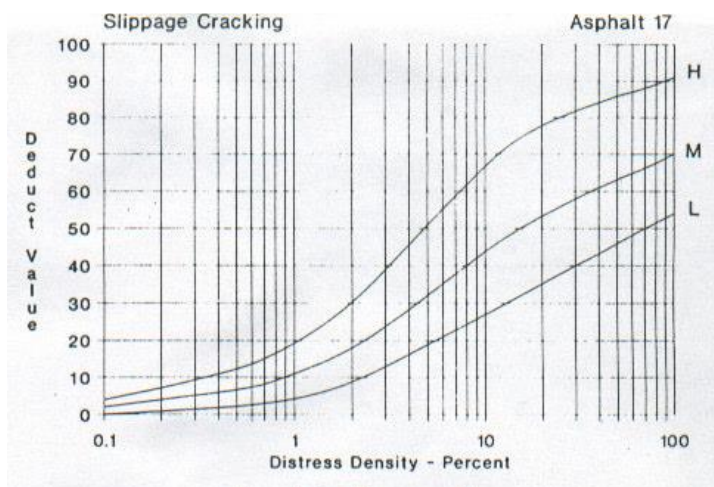
Curvas de valor deducido para la falla Ahuellamiento.



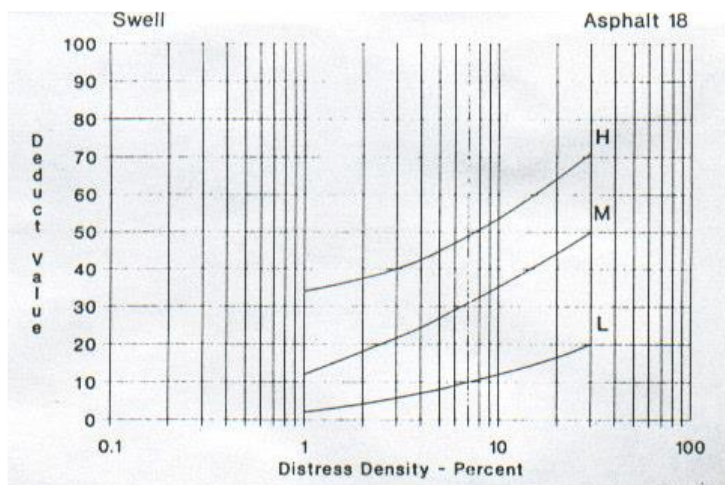
Curvas de valor deducido para la falla Desplazamiento.



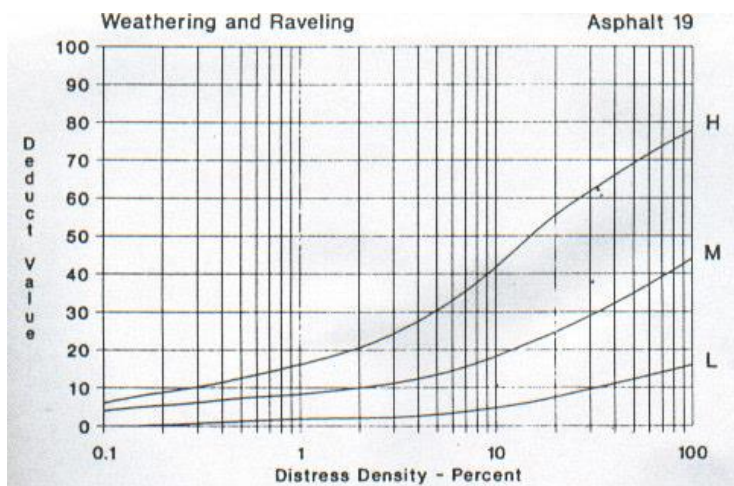
Curvas de valor deducido para la falla Grieta parabólica (Slippage)



Curvas de valor deducido para la falla Hinchamiento.



Curvas de valor deducido para la falla Desprendimiento de agregados.





Anexo C: Ensayo del Índice de Condición del Pavimento PCI

Anexo D: Ensayo de Índice de Rugosidad Internacional (IRI)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **1**

HORA **09:15**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31	35	33	34	36	37	35	34	36	34
2	36	34	29	35	35	37	32	35	36	37
3	34	31	37	38	29	37	36	29	37	41
4	29	36	39	30	34	37	32	33	35	37
5	33	37	32	34	35	36	37	38	39	33
6	36	35	35	37	38	33	34	37	35	37
7	35	39	37	36	32	36	28	38	34	36
8	37	37	38	35	30	37	36	37	39	39
9	34	38	28	36	38	36	37	35	35	36
10	36	32	29	37	36	33	38	35	36	35
11	33	35	35	37	38	34	41	36	36	36
12	37	35	37	31	37	34	38	36	41	37
13	34	38	32	33	37	34	31	37	39	33
14	36	34	40	35	35	37	32	35	36	37
15	34	31	37	29	35	33	36	34	37	41
16	29	36	39	36	34	37	32	33	35	37
17	33	37	32	34	35	36	37	38	39	33
18	36	35	35	37	38	33	34	37	35	37
19	35	39	37	40	32	36	28	38	35	36
20	37	37	38	35	30	37	36	37	37	38

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☒

RECAPEO ASFALTICO ☐

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° **1** HORA **09:15**

ABSCISA INICIAL: 0 + 800
ABSCISA FINAL: 1 + 000
LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA
ESP. PASTILLA: 6.5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 25
FACTOR DE CORRECCION: 1.30

CALCULO DE "D"
COLA IZQUIERDA: 0.00
COLA DERECHA: 0.67
CENTRO: 9
D: 9.67 und.
D: 48.35 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS
RB: 1

"D" CORREGIDO
D: 62.86 mm

CALCULO DEL IRI
IRI: 3.55 m/km



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Lara
CIP 62734



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS

: FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE

: Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR

: DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO

: AV. EL TRIUNFO

CARRIL

: DERECHO

FECHA

: 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

1

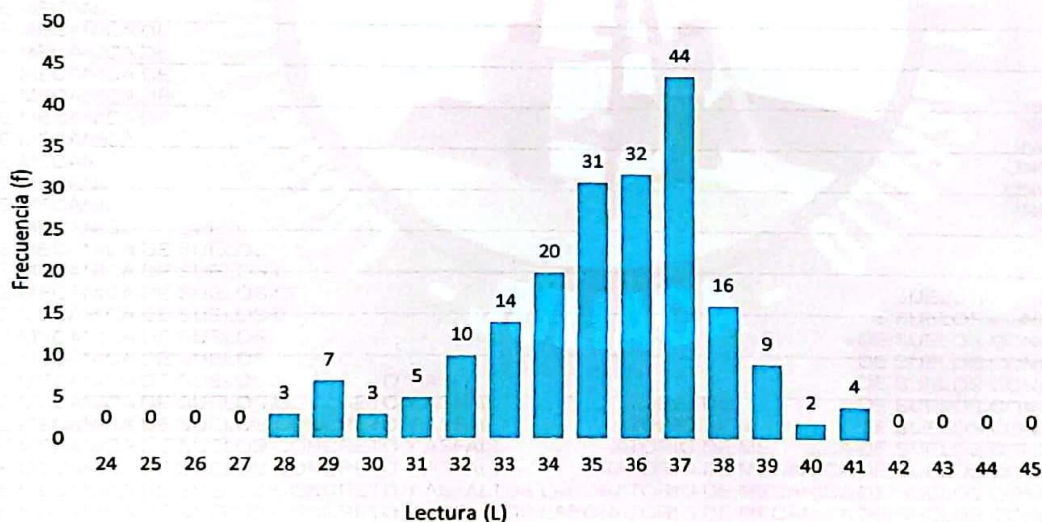
HORA 09:15

COLA IZQUIERDA 0.00

COLA DERECHA: 0.67

CENTRO: 9

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	3
29	7
30	3
31	5
32	10
33	14
34	20
35	31
36	32
37	44
38	16
39	9
40	2
41	4
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVILMgr. José Antonio Paredes Jara
CIP 627



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

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

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. EL TRIUNFO					
Carril Derecho	3.55	2.62	2.68	2.57	2.62

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. EL TRIUNFO			
Carril Derecho	2.62	52.4	REGULAR

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **2**

HORA **10:35**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	36	38	35	33	33	32	29	29	33
2	32	31	37	39	35	34	32	36	34	31
3	34	32	31	36	31	32	30	33	31	39
4	33	34	32	37	36	37	32	35	30	33
5	33	37	34	37	33	32	33	30	40	35
6	33	32	33	35	33	27	34	31	34	31
7	36	35	33	32	33	35	35	35	30	31
8	34	32	33	33	30	35	31	29	34	32
9	34	32	30	35	31	30	29	32	33	30
10	35	32	34	33	32	32	34	36	35	31
11	34	30	35	33	30	31	30	27	30	29
12	36	28	34	31	29	27	32	37	32	34
13	31	34	32	37	36	37	32	35	30	33
14	31	37	34	37	33	32	33	27	28	35
15	31	32	33	28	33	28	34	31	34	31
16	34	35	33	32	33	35	35	35	30	31
17	31	32	33	33	30	35	31	29	34	32
18	31	32	28	35	31	30	29	32	33	30
19	33	32	34	33	32	32	28	36	35	31
20	31	30	35	33	30	31	30	34	30	29

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☐

RECAPEO ASFALTICO ☒

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° **2** HORA **10:35**

ABSCISA INICIAL: 0 + 200
ABSCISA FINAL: 0 + 400
LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 26
FACTOR DE CORRECCION: 1.444

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00
COLA DERECHA: 0.40
CENTRO: 8
D: 8.4 und.
D: 42.00 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 60.65 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 3.45 m/km



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Jara
CIP 627



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

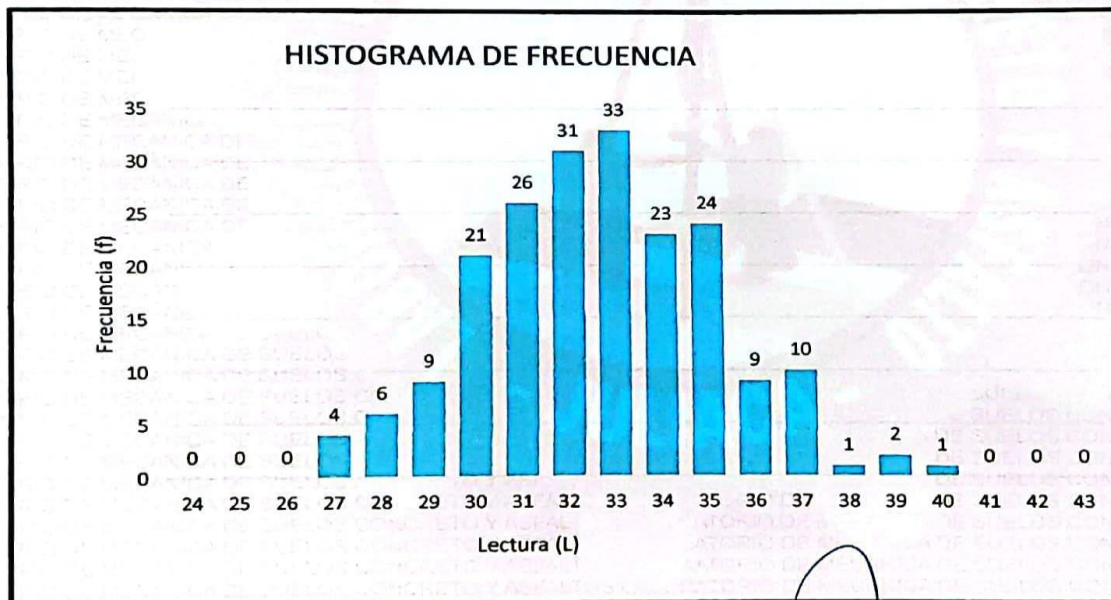
CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N° **2** HORA **10:35**

COLA IZQUIERDA 0.00
COLA DERECHA: 0.40
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	4
28	6
29	9
30	21
31	26
32	31
33	33
34	23
35	24
36	9
37	10
38	1
39	2
40	1
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. EL TRIUNFO

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{IRI^{0.55}}$$

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. EL TRIUNFO					
Carril Izquierdo	3.45	2.67	2.73	2.61	2.67

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. EL TRIUNFO			
Carril Izquierdo	2.67	53.4	REGULAR

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **1**HORA **11:00**

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

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☒

RECAPEO ASFALTICO ☐

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° 1 HORA **11:00**ABSCISA INICIAL: 0 + 000
ABSCISA FINAL: 0 + 200
LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 25
FACTOR DE CORRECCION: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.50
COLA DERECHA: 0.00
CENTRO: 13
D: 13.5 und.
D: 67.50 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 87.75 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 4.73 m/km

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVILMgr. José Antonio Paredes Jara
CIP 62754



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

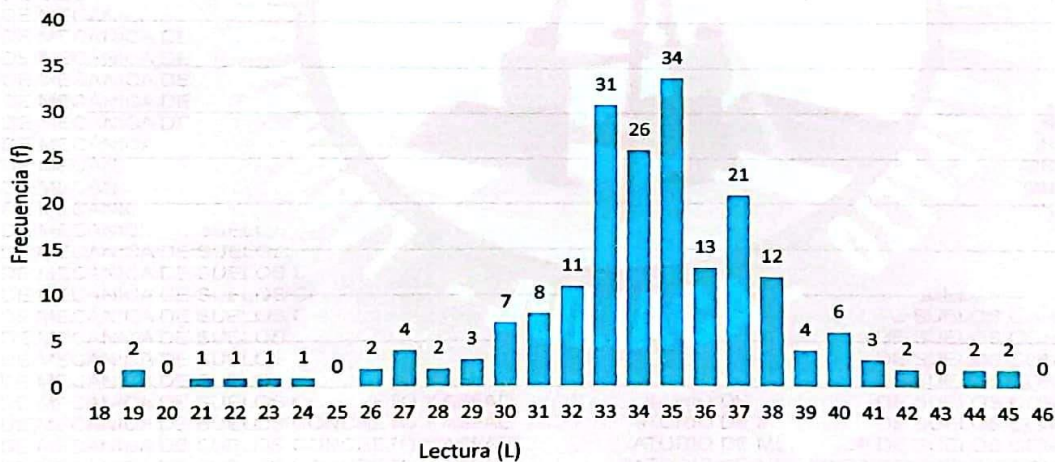
1

HORA

11:00

COLA IZQUIERDA 0.50
COLA DERECHA: 0.83
CENTRO: 13

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



N° IRI	CONTEO
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	2
20	0
21	1
22	1
23	1
24	1
25	0
26	2
27	4
28	2
29	3
30	7
31	8
32	11
33	31
34	26
35	34
36	13
37	21
38	12
39	4
40	6
41	3
42	2
43	0
44	2
45	2
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

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

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. INFANCIA					
Carril Izquierdo	4.73	2.12	2.20	2.03	2.12

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. INFANCIA			
Carril Izquierdo	2.12	42.4	REGULAR

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **2**

HORA **11:45**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	33	30	33	38	31	33	30	34	33
2	31	31	34	33	34	32	33	29	31	30
3	34	32	30	32	31	28	33	27	31	34
4	33	36	38	39	32	34	32	34	33	30
5	30	34	31	36	34	27	30	32	30	38
6	34	33	32	34	30	29	40	33	33	31
7	33	40	32	33	30	38	36	34	33	32
8	40	36	38	31	33	26	26	31	29	33
9	31	32	34	32	33	29	31	33	29	29
10	31	37	31	26	33	27	31	32	32	30
11	34	32	26	34	32	34	33	39	30	32
12	33	40	34	27	37	40	30	36	39	37
13	31	32	34	40	26	33	33	34	31	32
14	34	30	31	32	32	33	26	33	30	38
15	30	36	32	31	31	37	34	33	29	29
16	35	35	34	30	34	32	30	32	40	30
17	33	34	29	32	40	36	38	39	30	32
18	32	33	34	34	30	34	31	36	39	37
19	35	28	32	36	34	33	32	34	31	32
20	33	35	31	30	33	34	32	33	30	38

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☒

RECAPEO ASFALTICO ☐

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62704



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° **2** HORA **11:45**

ABSCISA INICIAL: 0 + 400
ABSCISA FINAL: 0 + 600
LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 25
FACTOR DE CORRECCION: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00
COLA DERECHA: 0.60
CENTRO: 11
D: 11.6 und.
D: 58.00 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 75.40 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 4.14 m/km



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Jara
CIP 6273



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS

: FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE

: Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR

: DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO

: AV. INFANCIA

CARRIL

: IZQUIERDO

FECHA

: 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

2

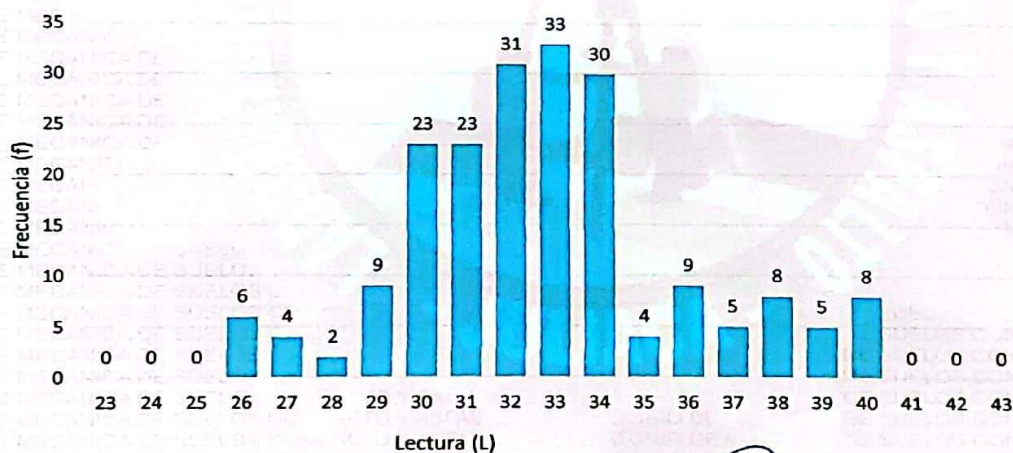
HORA

11:45

COLA IZQUIERDA 0.00

COLA DERECHA: 0.60

CENTRO: 11

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	6
27	4
28	2
29	9
30	23
31	23
32	31
33	33
34	30
35	4
36	9
37	5
38	8
39	5
40	8
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVILMgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. INFANCIA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

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

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. INFANCIA					
Carril Izquierdo	4.14	2.35	2.43	2.3	2.36

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. INFANCIA			
Carril Izquierdo	2.36	47.2	REGULAR

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes, ara
CIP 6273



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023
SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA
SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL
TRAMO : AV. MANCO CAPAC
CARRIL : DERECHO
FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **1**

HORA **14:00**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	33	32	38	35	32	36	36	36	34
2	33	34	32	33	31	35	31	36	35	35
3	35	33	34	35	37	38	36	34	40	41
4	33	37	32	29	36	36	33	37	40	29
5	33	39	30	31	36	37	38	38	36	36
6	34	35	37	33	34	35	38	32	36	38
7	38	38	39	38	35	33	36	36	35	38
8	33	37	34	35	31	36	30	37	36	34
9	35	38	28	36	38	36	37	35	35	36
10	30	32	29	37	36	33	38	35	36	35
11	33	35	35	36	38	34	41	36	36	36
12	37	35	37	30	37	34	38	36	41	37
13	34	38	32	30	37	34	31	37	39	33
14	36	34	29	35	35	37	32	35	36	37
15	34	31	37	38	29	37	36	29	37	41
16	29	36	39	30	34	37	32	33	35	37
17	33	37	32	34	35	36	37	38	39	33
18	36	35	35	37	38	33	34	37	35	37
19	35	39	37	40	32	36	28	38	31	36
20	37	37	38	35	30	37	36	37	39	39

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☒

RECAPEO ASFALTICO ☐

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023
SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA
SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL
TRAMO : AV. MANCO CAPAC
CARRIL : DERECHO
FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N°

1

HORA 14:00

ABSCISA INICIAL: 0 + 000

ABSCISA FINAL: 0 + 200

LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

LECT. INICIAL: 35

LECT. FINAL: 25

FACTOR DE CORRECCION: 1.30

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.14

COLA DERECHA: 0.38

CENTRO: 8

D: 8.52 und.

D: 42.60 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 55.38 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 3.20 m/km



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. MANCO CAPAC

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

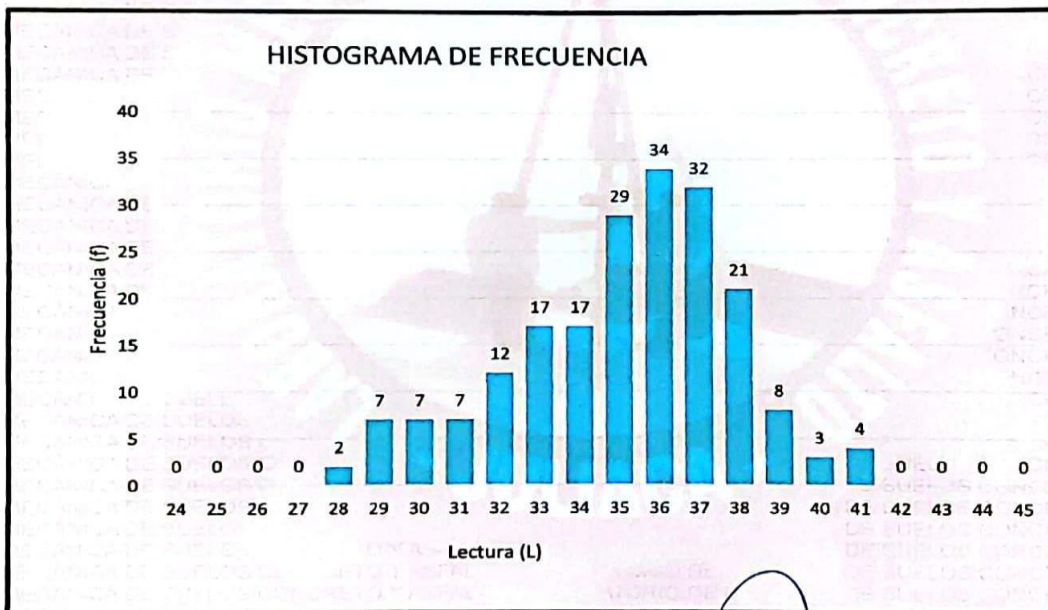
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

1

HORA 14:00

COLA IZQUIERDA 0.14
COLA DERECHA: 0.38
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	7
30	7
31	7
32	12
33	17
34	17
35	29
36	34
37	32
38	21
39	8
40	3
41	4
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. MANCO CAPAC

CARRIL : DERECHO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{IRI^{0.55}}$$

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
Carril Derecho	3.20	2.79	2.84	2.73	2.79

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MANCO CAPAC			
Carril Derecho	2.79	55.8	BUENO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. MANCO CAPAC

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **2**

HORA **14:30**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	36	38	35	33	33	32	29	29	33
2	31	31	37	39	35	34	32	36	34	31
3	31	32	31	36	31	32	30	33	31	39
4	30	32	29	32	32	33	33	32	32	35
5	37	34	33	33	34	34	31	32	38	35
6	30	37	36	32	31	35	38	34	36	33
7	36	34	33	34	35	32	31	31	33	28
8	34	31	36	32	32	33	34	36	33	29
9	34	37	35	37	38	35	32	36	37	33
10	35	34	33	33	38	32	35	35	33	35
11	34	32	36	32	32	37	31	31	30	30
12	36	28	34	31	29	36	32	37	32	34
13	31	34	32	37	36	37	32	35	30	33
14	31	37	34	37	33	32	33	30	40	35
15	31	32	33	35	33	33	34	31	34	31
16	34	35	33	32	33	35	35	35	30	31
17	31	32	33	33	30	35	31	29	34	32
18	31	32	30	35	31	30	29	32	33	30
19	33	32	34	33	32	32	34	36	35	31
20	31	30	35	33	30	31	30	34	30	29

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO ☐
- BASE GRANULAR ☐
- BASE IMPRIMIDA ☐
- TRAT, BICAPA ☐
- CARPETA EN FRIO ☐
- CARP. EN CALIENTE ☒
- RECAPEO ASFALTICO ☐
- SELLLO ☐
- OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. MANCO CAPAC

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° **2** HORA **14:30**

ABSCISA INICIAL: 0 + 400

ABSCISA FINAL: 0 + 600

LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm

LECT. INICIAL: 35

LECT. FINAL: 25

FACTOR DE CORRECCION: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00

COLA DERECHA: 0.67

CENTRO: 7

D: 7.67 und.

D: 38.35 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 49.86 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 2.94 m/km

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVILMgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS

: FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE

: Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR

: DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO

: AV. MANCO CAPAC

CARRIL

: IZQUIERDO

FECHA

: 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

2

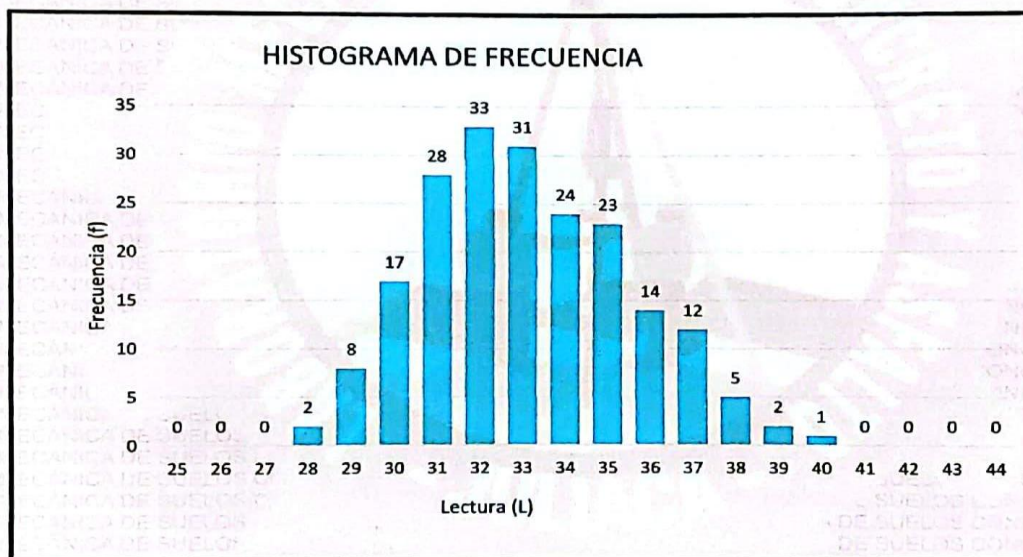
HORA

14:30

COLA IZQUIERDA 0.00

COLA DERECHA: 0.67

CENTRO: 7



N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	8
30	17
31	28
32	33
33	31
34	24
35	23
36	14
37	12
38	5
39	2
40	1
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. MANCO CAPAC

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{IRI^{2.5}}$$

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
Carril Izquierdo	2.94	2.93	2.97	2.84	2.91

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MANCO CAPAC			
Carril Izquierdo	2.91	58.2	BUENO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 6279



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. 3 DE OCTUBRE

CARRIL : DERECHO/IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **1**

HORA **15:00**

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

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO ☐

BASE GRANULAR ☐

BASE IMPRIMIDA ☐

TRAT, BICAPA ☐

CARPETA EN FRIO ☐

CARP. EN CALIENTE ☐

RECAPEO ASFALTICO ☒

SELLLO ☐

OTROS ☐

OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE : Bach, RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAIÑA

SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO : AV. 3 DE OCTUBRE

CARRIL : DERECHO/IZQUIERDO

FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

HOJA DE CALCULO - IRI

ENSAYO N° 1 HORA **15:00**

ABSCISA INICIAL: 0 + 000
ABSCISA FINAL: 0 + 200
LONGITUD: 200.00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6.5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 25
FACTOR DE CORRECCION: 1.3

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.93
COLA DERECHA: 0.60
CENTRO: 7
D: 8.53 und.
D: 42.65 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 55.45 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 3.20 m/km



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS

: FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023

SOLICITANTE

: Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA

SECTOR

: DISTRITO DE SAN MIGUEL

TRAMO

: AV. 3 DE OCTUBRE

CARRIL

: DERECHO/IZQUIERDO

FECHA

: 18 DE AGOSTO DEL 2023

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

1

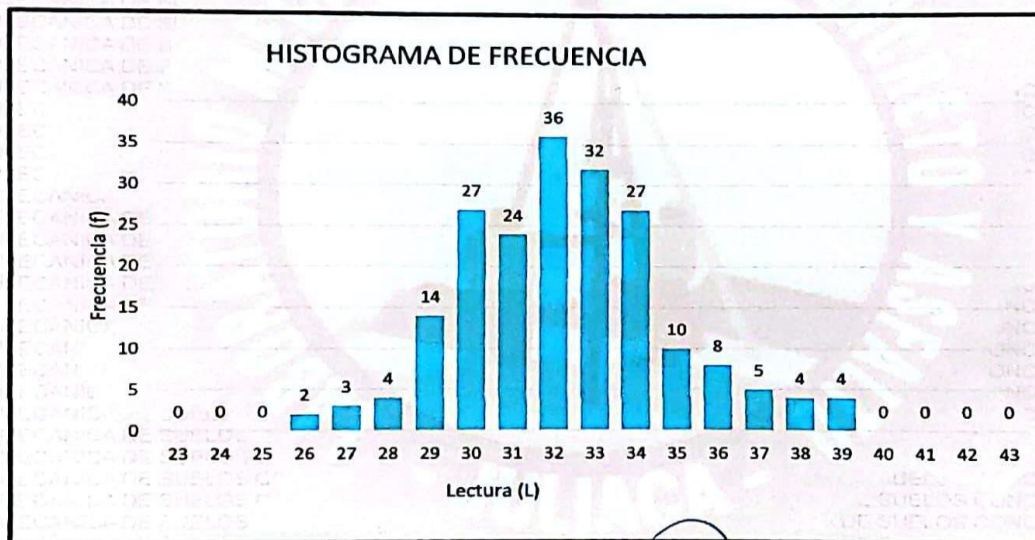
HORA

15:00

COLA IZQUIERDA 0.93

COLA DERECHA: 0.60

CENTRO: 7



N° IRI	CONTEO
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	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	2
27	3
28	4
29	14
30	27
31	24
32	36
33	32
34	27
35	10
36	8
37	5
38	4
39	4
40	0
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVILMgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

TESIS : FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMÁN 2023
SOLICITANTE : Bach. RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÍÑA
SECTOR : DISTRITO DE SAN MIGUEL
TRAMO : AV. 3 DE OCTUBRE
CARRIL : DERECHO/IZQUIERDO
FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2023

CÁLCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{IRI^{0.55}}$$

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI TOTAL
AV. 3 DE OCTUBRE					
Carril Izq/der	3.20	2.79	2.84	2.72	2.78

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. 3 DE OCTUBRE			
Carril Izq/der	2.78	55.6	BUENO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACIÓN
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

Anexo E: Fotos de Desarrollo de Ensayos en Campo

Foto N° 01	Foto N° 02
 25 ago 2023 11:32:10 a. m.	 18 ago 2023 8:53:18 a. m.
Nota: Medición de ancho de vías	Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio
Foto N° 03	Foto N° 04
 18 ago 2023 9:23:45 a. m.	 18 ago 2023 10:06:09 a. m.
Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio	Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio

Foto N° 05



Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio

Foto N° 06



Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio

Foto N° 07



Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio

Foto N° 08



Nota: Inspección de fallas en la vía de estudio

Foto N° 09



Nota: Inspección y calibración de bicicleta Merlín
para método IRI

Foto N° 10



Nota: Calibración de pastilla de bicicleta Merlín

Foto N° 11



Nota: Medición de IRI con bicicleta Merlín

Foto N° 12



Nota: Medición de IRI con bicicleta Merlín



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 11/09/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	<u>RICARDO CÉSAR PARICAHUA CHAÑA</u>
Dirección:	<u>Jr. Emancipación # 193</u>
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	<u>70928848</u>
Teléfono:	<u>991134372</u>
email:	<u>ricardoparicahuach@gmail.com</u>
Nombres y Apellidos:	
Dirección:	
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	
Teléfono:	
email:	
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	<u>MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL</u>
Escuela Profesional o Mención:	<u>GEOTECNIA Y TRANSPORTES</u>
Título o Grado Académico a optar:	<u>MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL</u>
Asesor:	<u>Dr. ARNALDO YANA TORRES</u>
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:	
Trabajo de Investigación ☐	Tesis ☒
Trabajo de Suficiencia Profesional ☐	Trabajo Académico ☐
Título: <u>FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL-SAN ROMÁN 2023</u>	
Palabras claves, (3 a 5 términos): <u>Pavimento flexible, Índice de Condición del Pavimento, Índice de Rugosidad Internacional, fallas</u>	
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV? ^{1 2}	
<u>2</u>	

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Título ☐ 2da Especialidad ☒ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐

Internacional

☒

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

Firma de Autor



huella digital

11 de Setiembre del 2025

Fecha