

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE
MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO
MERLÍN, TACNA, 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. MARLON MIJAHUEL ALVARADO QUISPE

Bach. ABRAHÁN ISMAEL LAURA SANTOS

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

“EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022”

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

PRESIDENTE: Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

SECRETARIO: Mag. YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

VOCAL: Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR: Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Marlon Mijahel Alvarado Quispe, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70545007.

Yo, Abrahán Ismael Laura Santos, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 76454609.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“Evaluación superficial para la mejora de la transitabilidad vehicular en la calle Antúnez de Mayolo mediante el método PCI y rugosímetro merlín, Tacna, 2022”

La misma que presentamos para optar el:

Título profesional de Ingeniero Civil

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello

en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de junio del 2022



Bach. Marlon Mijahel Alvarado Quispe

DNI: 70545007



Bach. Abrahán Ismael Laura Santos

DNI: 76454609

DEDICATORIA

El presente va dedicado a mis padres Ramiro y Triana, que, quienes siempre velaron por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en momentos fundamentales.

A mi hermana Maricielo, y mi sobrino Matheo, por enseñarme cosas básicas como disfrutar el día a día con pequeños detalles.

Marlon Mijahel Alvarado Quispe

DEDICATORIA

Ante todo, agradecer a mis padres, Lizandro Laura Puma y Elsa Santos Valeriano por demostrarme siempre su apoyo y sacrificio todos estos años.

A mis hermanos, Alberto, Lucero, Daniel y Milagros, por ser la inspiración de superación en mí.

Abrahán Ismael Laura Santos

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil, por los consejos y calidad de enseñanza.

A nuestros compañeros por los momentos vividos, por haber compartido los mejores años de nuestras vidas como estudiantes y por motivarnos a seguir avanzando con esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. <i>Problema General</i>	5
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	5
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. <i>Hipótesis General</i>	7
1.5.2. <i>Hipótesis Específicos</i>	7
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del estudio	8
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	8
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	8
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i>	9
2.2. Bases teóricas	11
2.3. Definición de términos	54
CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO	56

3.1. Tipo y diseño de la investigación	56
3.1.1. <i>Tipo de investigación</i>	56
3.1.2. <i>Diseño de la investigación</i>	56
3.2. Población y/o muestra de estudio	57
3.2.1. <i>Población</i>	57
3.2.2. <i>Muestra de estudio</i>	57
3.3. Operacionalización de variables	57
3.3.1. <i>Variable Independiente</i>	57
3.3.2. <i>Variable Dependiente</i>	57
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	58
3.5. Procedimiento y análisis de datos.....	60
CAPÍTULO IV : RESULTADOS	71
4.1. Resultados aplicando el método del PCI	71
4.2. Resultados aplicando el Rugosímetro de MERLIN.	100
CAPÍTULO V : DISCUSIÓN.....	121
5.1. Análisis de la evaluación por rugosidad utilizando el rugosímetro MERLIN 121	
5.2. Análisis del índice de condición utilizando la metodología PCI.	124
5.3. Análisis de la transitabilidad vehicular utilizando la rugosidad (IRI).....	127
CONCLUSIONES	130
RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de calificación del PCI.....	16
Tabla 2. Falla estructural, piel de cocodrilo.....	17
Tabla 3. Falla superficial, exudación.....	18
Tabla 4. Falla estructural, fisuras en bloque.....	19
Tabla 5. Falla estructural, abultamientos y hundimientos.....	20
Tabla 6. Falla estructural, corrugación.....	21
Tabla 7. Falla estructural, depresión.....	22
Tabla 8. Falla superficial, fisura de borde.....	23
Tabla 9. Falla superficial, fisura de reflexión de junta.....	24
Tabla 10. Falla superficial, desnivel carril - berma.....	25
Tabla 11. Falla estructural, fisuras longitudinales y transversales.....	26
Tabla 12. Falla superficial, parches y parches de cortes utilitarios.....	27
Tabla 13. Falla superficial, agregado pulido.....	28
Tabla 14. Falla estructural, baches.....	29
Tabla 15. Falla estructural, ahuellamiento.....	30
Tabla 16. Falla estructural, desplazamiento.....	31
Tabla 17. Falla superficial, fisura parabólica o por deslizamiento.....	32
Tabla 18. Falla estructural, hinchamiento.....	33
Tabla 19. Falla superficial, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	34
Tabla 20. Falla superficial, cruce de vía férrea.....	35
Tabla 21. Longitudes de unidades de muestras en pavimento flexible.....	36
Tabla 22. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.....	39
Tabla 23. Índice de Condición del pavimento (PCI) vs Categoría de Intervención. 41	
Tabla 24. Estado vial según valores de rugosidad para el país de Perú.....	44
Tabla 25. Escala de serviciabilidad en relación con la transitabilidad.....	54
Tabla 26. Calculo de la longitud de unidad de muestreo (Lm).....	61
Tabla 27. Relación de las Unidades de Muestreo a intervenir según Método PCI ..	71
Tabla 28. Resumen de Resultados en la Tramo 01 por el Método PCI.....	98
Tabla 29. Resumen de Resultados en la Tramo 02 por el Método PCI.....	99
Tabla 30. Resumen de los Resultados del Índice de Rugosidad del Carril de Subid.a.....	120

Tabla 31. Resumen de los Resultados del Índice de Rugosidad del Carril de Bajada	120
Tabla 32. Cuadro resumen de la rugosidad en la calle Antúnez de Mayolo.	121
Tabla 33. Cuadro resumen del índice de condición en la calle Antúnez de Mayolo.	124
Tabla 34. Índice de condición del pavimento vs Tipo de mantenimiento.	124
Tabla 35. Transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio, vista en planta Calle Antúnez de Mayolo	3
Figura 2. Zona de estudio, vista en perfil Calle Antúnez de Mayolo	3
Figura 3. Presencia de rugosidad en la Calle Antúnez de Mayolo	4
Figura 4. Presencia de patologías en la Calle Antúnez de Mayolo.....	4
Figura 5. Estructura de un pavimento flexible	12
Figura 6. Estructura de un pavimento semirrígido.....	12
Figura 7. Estructura de un pavimento rígido	13
Figura 8. Distribución de cargas en pavimento rígido y flexible.....	14
Figura 9. Formato de exploración de condición	37
Figura 10. Ajuste del número del valor deducido	39
Figura 11. Valor deducido corregido para pavimentos asfálticos	40
Figura 12. Representación gráfica del modelo matemático de "un cuarto de carro".....	43
Figura 13. Las características de los pavimentos y Escala de valores del IRI.....	44
Figura 14. Rugosímetro Merlín	47
Figura 15. Escala para calcular las desviaciones del pavimento.....	48
Figura 16. Desviaciones respecto a la cuerda promedio.....	49
Figura 17. Histograma de la distribución de frecuencias	50
Figura 18. Esquema del diseño de investigación	56
Figura 19. Formato para la recolección de datos por el Método del PCI.....	58
Figura 20. Formato para la recolección de datos por el Rugosímetro de MERLIN ..	59
Figura 21. Gráfico de la selección de las unidades de muestreo a evaluar	63
Figura 22. Falla: Desprendimiento de agregados de severidad Media.....	64
Figura 23. Falla: Parcheo con una severidad alta	65
Figura 24. Falla: Bacheo con severidad Media	65
Figura 25. Falla: Ahuellamiento de severidad Media.....	66
Figura 26. Calibración del equipo MERLIN	67
Figura 27. Evaluación del equipo MERLIN en el área de estudio.....	67
Figura 28. Manejo del Equipo de MERLIN en campo de estudio	68
Figura 29. Evaluación con el Rugosímetro de MERLIN	69
Figura 30. Evaluación con el Rugosímetro de MERLIN	69
Figura 31. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 04.....	72
Figura 32. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 08.....	73
Figura 33. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 12.....	74

Figura 34. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 16.....	75
Figura 35. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 20.....	76
Figura 36. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 24.....	77
Figura 37. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 28.....	78
Figura 38. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 32.....	79
Figura 39. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 36.....	80
Figura 40. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 40.....	81
Figura 41. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 44.....	82
Figura 42. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 48.....	83
Figura 43. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 52.....	84
Figura 44. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 04.....	85
Figura 45. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 08.....	86
Figura 46. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 12.....	87
Figura 47. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 16.....	88
Figura 48. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 20.....	89
Figura 49. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 24.....	90
Figura 50. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 28.....	91
Figura 51. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 32.....	92
Figura 52. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 36.....	93
Figura 53. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 40.....	94
Figura 54. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 44.....	95
Figura 55. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 48.....	96
Figura 56. Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 52.....	97
Figura 57. Diagrama Lineal de los Resultados del Método PCI en el Tramo 01.....	98
Figura 58. Diagrama Lineal de los Resultados del Método PCI en el Tramo 02.....	99
Figura 59. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 01	100
Figura 60. Resultados del IRI, carril de subida - tramo 01.....	101
Figura 61. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 02	102
Figura 62. Resultados del IRI, carril de subida - tramo 02.....	103
Figura 63. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 03	104
Figura 64. Resultados del IRI, carril de subida - tramo 03.....	105

Figura 65. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 04	106
Figura 66. Resultados del IRI, carril de subida - tramo 04.....	107
Figura 67. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 05	108
Figura 68. Resultados del IRI, carril de subida - tramo 05.....	109
Figura 69. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 01	110
Figura 70. Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 01	111
Figura 71. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 02	112
Figura 72. Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 02	113
Figura 73. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 03	114
Figura 74. Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 03	115
Figura 75. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 04	116
Figura 76. Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 04	117
Figura 77. Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 05	118
Figura 78. Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 05	119
Figura 79. Panel Fotográfico del carril de Subida - Rugosímetro de MERLIN	122
Figura 80. Panel Fotográfico del Carril de Bajada - Rugosímetro de MERLIN	123
Figura 81. Patologías encontradas en el Carril de Subida - Método PCI.....	125
Figura 82. Patologías encontradas en el Carril de Subida - Método PCI.....	126
Figura 83. Patologías encontradas en el Carril de Bajada - Método PCI.....	126
Figura 84. Patologías encontradas en el Carril de Bajada - Método PCI.....	127
Figura 85. Informe N°001-2021-OCI/5323-SCC.....	128
Figura 86. Panel fotográfico desgaste de la carpeta asfáltica	129.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo realizar una evaluación superficial del pavimento flexible de la calle Antúnez de Mayolo; mediante el rugosímetro de MERLIN y el método PCI para la mejora de la transitabilidad de dicha calle evaluada. La elaboración de este estudio tuvo como inicio con una inspección de campo el día 16 de Febrero, donde se identificó: el diseño geométrico de la vía (método Rugosímetro de MERLIN) y las unidades de muestreo a inspeccionar (método PCI) y, posteriormente para el 18 de Febrero se evaluó la rugosidad en campo utilizando el equipo rugosímetro de MERLIN y se anotó las lecturas de las desviaciones del tablero del equipo por ambos sentidos del carril de la vía en las fichas de campo elaborados, luego el día 20 de Febrero se inspeccionó el reconocimiento de fallas en campo y se registró en las fichas de campo para el método PCI. Para el trabajo de gabinete se realizó hojas de cálculo y software para un procesamiento de datos adecuado. Acorde a los resultados en gabinete por el método de rugosímetro de MERLIN se determinó que la rugosidad en el carril de subida es igual a 6,801 m/km, y en el carril de bajada es igual a 4,376 m/km, por lo que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) promedio de la vía evaluada es igual a 5,588 m/km, considerando el estado del pavimento como Muy Malo. Así mismo para los resultados obtenidos por el Método PCI, se obtuvo para el carril de subida un valor de PCI de 46,10 y para el carril de bajada un valor de PCI de 55,36, por lo que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) promedio es igual a 50,73, clasificando como condición Malo. Finalmente mediante los resultados del IRI y PCI de la vía investigada, se determinó la transitabilidad, utilizando el valor ponderado del rugosímetro de MERLIN, donde se obtuvo un valor PSI = 1.81, con una clasificación de transitabilidad mala, asimismo con los resultados de la metodología PCI = 50,73, con una clasificación de pavimento regular, donde podemos indicar la recomendación de tipo de intervención, para la mejora de la transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo, considerando una Rehabilitación – Refuerzo Estructural.

Palabras claves: Índice de Condición de Pavimento (PCI), Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Índice de Serviciabilidad (PSI), Transitabilidad, Rugosímetro de MERLIN, Fallas del Pavimento, Falla Estructural, Falla Funcional.

ABSTRACT

The objective of this research is to perform a surface evaluation of the flexible pavement of Antúnez de Mayolo Street; using the MERLIN roughness meter and the PCI method to improve the trafficability of the evaluated street. The elaboration of this study started with a field inspection on February 16, where the following was identified: The geometric design of the road (MERLIN Roughness Meter method) and the sampling units to be inspected (PCI method), and then on February 18 the roughness was evaluated in the field using the MERLIN Roughness Meter equipment and the readings of the deviations of the equipment board for both directions of the lane of the road were recorded in the field cards prepared, then on February 20 the recognition of faults in the field was inspected and recorded in the field cards for the PCI method. Spreadsheets and software for proper data processing were used for the office work. According to the cabinet results for the MERLIN Roughness Meter method, it was determined that the roughness in the uphill lane is equal to 6.801 m/km, and in the downhill lane is equal to 4.376 m/km, so the average International Roughness Index (IRI) of the evaluated road is equal to 5.588 m/km, considering the pavement condition as Very Poor. Likewise, for the results obtained by the PCI Method, a PCI value of 46.10 was obtained for the uphill lane and a PCI value of 55.36 for the downhill lane, so the average Pavement Condition Index (PCI) is equal to 50.73, classifying the pavement condition as Poor. Finally, by means of the results of the IRI and PCI of the investigated road, the trafficability was determined, using the weighted value of the MERLIN roughness meter, where a PSI value = 1.81 was obtained, with a classification of bad trafficability, also with the results of the methodology PCI = 50.73, with a classification of regular pavement, where we can indicate the recommendation of type of intervention, for the improvement of the trafficability of Antúnez de Mayolo Street, considering a Rehabilitation - Structural Reinforcement.

Key words: Pavement Condition Index (PCI), International Roughness Index (IRI), Serviceability Index (PSI), Trafficability, MERLIN Roughness Meter, Pavement Failures, Structural Failure, Functional Failure.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial se considera como un componente de gran relevancia, puesto que, permite el crecimiento social y económico de localidades que interconecta, asimismo también coopera en el intercambio de servicios y patrimonios. Dicho esto, la estructura de un pavimento, necesita de un diseño adecuado, para lograr satisfacer con su tiempo de vida útil, a su vez debe obedecer con algunas exigencias mínimas, como ser infatigable a la solicitud de cargas de tránsito, brindar una adecuada serviciabilidad, ser económica y eficiente de tal modo que la transitabilidad sea permanente, segura y confortable al usuario.

No obstante, el tipo de pavimento que sea, es muy recurrente visualizar en ellos piel de cocodrilo, ahuellamientos y baches, es decir patologías, que entorpecen el tránsito. Esta realidad es inquietante, puesto que no permite obtener un tránsito cómodo y seguro, por las diferentes fallas funcionales y/o estructurales, presentes en el pavimento, que aminoran su tiempo de vida útil.

Por tal razón, para la presente investigación, apoyándonos en la teoría de evaluación superficial de pavimentos, utilizando las metodologías PCI (Índice de condición de pavimento) e IRI (Índice de rugosidad internacional), obtendremos como resultado el estado actual del pavimento que permita determinar el tipo de intervención necesario con el objetivo de la mejora para transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo en el mes de febrero del presente año 2022.

Esta investigación ésta dividida en cinco capítulos; es decir, en el capítulo I se hará el planeamiento del problema como la descripción y formulación del problema, justificación e importancia de la investigación, los objetivos e hipótesis del problema. Para el capítulo II desarrollaremos los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos. En el capítulo III se hará mención del tipo y diseño de la investigación, población y/o muestra de estudio, Operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y el procesamiento y análisis de datos. En el capítulo IV se muestran los resultados utilizando la metodología PCI y rugosímetro de MERLIN. En el capítulo V discusión, que incluye el análisis de los resultados de la rugosidad, estado de condición, y determinación de la transitabilidad para su mejora. Finalmente se brindará las conclusiones y recomendaciones acorde a los objetivos establecidos.

CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la ciudad de Tacna, los pavimentos flexibles tienen un diseño de pavimento establecido dependiente de la demanda de vehículos que transitan sobre ellas. A consecuencia de distintos factores como un diseño estructural inapropiado, material de mala calidad, de mal proceso constructivo generan presencia de patologías y fallas superficiales durante su tiempo de vida útil.

La calle Antúnez de Mayolo tiene una longitud de 2,00 Km de dos calzadas, conformados de dos carriles en cada sentido, como se visualiza en la Figura 1 y Figura 2, así mismo esta vía contiene un mayor flujo de transporte público y privado, dado que es una vía que integra a la población del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa comprendida las vías principales Av. Municipal, Ca. Puya Raimondi y Av. Humboldt.

En la actualidad, los años de servicio del pavimento y el aumento de vehículos privados y públicos en la calle Antúnez de Mayolo, ha ocasionado fallas, patologías y alta rugosidad superficial significativamente en su pavimento, como se verifica en la Figura 3 y Figura 4, provocando molestia en el tránsito vehicular e incomodidad en la sociedad.

En una inspección visual a detalle a la calle Antúnez de Mayolo, se identificó una alta rugosidad y una gran cantidad de patologías en la superficie de rodadura en ciertos tramos, por esta razón se busca, con la investigación evaluar el índice de rugosidad y el estado de conservación de la superficie de rodadura para mejorar la transitabilidad de la Calle Antúnez de Mayolo, utilizando la metodología Índice de condición del Pavimento (PCI) y el método del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 1

Zona de estudio, vista en planta Calle Antúnez de Mayolo



Nota. Se observa en la figura 1, el tramo de la Calle Antúnez de Mayolo de vista en planta que tiene una longitud de 2,00 km.

Figura 2

Zona de estudio, vista en perfil Calle Antúnez de Mayolo



Nota. Se observa en la figura 2, el tramo de la Calle Antúnez de Mayolo de vista en perfil que tiene dos calzadas conformados por dos carriles en cada sentido.

Figura 3

Presencia de rugosidad en la Calle Antúnez de Mayolo



Nota. Se observa en la figura 3, presencia de irregularidades en el perfil longitudinal de la Calle Antúnez de Mayolo.

Figura 4

Presencia de patologías en la Calle Antúnez de Mayolo



Nota. Se observa en la figura 4, presencia de patologías en el pavimento flexible de la Calle Antúnez de Mayolo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

La interrogante general que motiva la presente investigación es:

¿De qué manera la evaluación superficial utilizando el método PCI y el Rugosímetro Merlín permitirá determinar la mejora de la transitabilidad en la Calle Antúnez de Mayolo?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuál es el valor de rugosidad al realizar la evaluación superficial en el pavimento obtenido mediante el Rugosímetro de Merlín en la Calle Antúnez de Mayolo?
- b. ¿Cuál es el estado de condición del pavimento al realizar la evaluación superficial obtenida mediante el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo?
- c. ¿De qué manera la evaluación superficial mediante el Rugosímetro de Merlín y el método PCI determina la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo?

1.3. Justificación e importancia

Desde el punto de vista ambiental, la investigación realizada generará una mejora en la transitabilidad de la vía en la Calle Antúnez de Mayolo, así mismo esto dada como resultado un tránsito más fluido e eficaz con un mejor ahorro de combustible y un desgaste del vehículo menor.

Desde el punto de vista científico, es relevante determinar y evaluar las patologías e rugosidad que se presencian en la superficie del pavimento flexible de la Calle Antúnez de Mayolo, por este motivo es necesario realizar una investigación descriptiva exploratoria que permita identificar y evaluar las referidas patologías, cuyos resultados serán analizados e interpretados para establecer el tipo de falla, nivel de severidad e rugosidad obteniendo así resultados coherentes a fin de dar mantenimiento, rehabilitación, reparación a dichas estructuras dañadas devolviéndole así su función constructiva y operacional.

Desde el punto de vista social, el desarrollo de esta investigación se justifica socialmente debido a que la transitabilidad de vía se encuentra en mal estado; se evidencian índices patológicos, tales como la Piel de Cocodrilo, Baches, Fisuras, Desprendimientos de Agregados e otros factores, siendo afectados directos los conductores y peatones que transitan por la Calle Antúnez de Mayolo. Producto a esta problemática, los resultados de la investigación en esta vía pretenden dar a conocer una alternativa de solución para mejorar la transitabilidad de la Calle Antúnez de Mayolo.

Desde el punto de vista económico, al determinar y evaluar la superficie de rodadura de la Calle Antúnez de Mayolo, permitirá el mejoramiento de la vía, estas deben servir para que la superficie de la infraestructura vial dañada siga cumpliendo su función constructiva y operacional; y no siga dañándose, ya que a consecuencia se realizará en su remplazo otra estructura nueva, que tendría un mayor costo. Es importante, que a partir de los resultados que obtengamos de esta investigación, se deba presentar propuestas de mantenimiento económicas, o de bajo costo, y sus procedimientos sean viables.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación superficial, utilizando el método PCI y el Rugosímetro de Merlín para la mejora de la transitabilidad de la Calle Antúnez de Mayolo.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el valor de la rugosidad superficial utilizando el Rugosímetro de Merlín para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo.
- b. Determinar el índice de condición superficial utilizando el método PCI para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo.
- c. Determinar la transitabilidad vehicular mediante el Rugosímetro de Merlín y el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La evaluación de la superficie de rodadura, utilizando el método PCI y el Rugosímetro de Merlín, permite determinar la mejora de la transitabilidad de la Av. Antúnez de Mayolo - Tacna, 2022.

1.5.2. Hipótesis Específicos

- a. El valor de rugosidad superficial utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Calle Antúnez de Mayolo, es deficiente.
- b. La determinación de índice de condición superficial utilizando el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo, es pobre.
- c. La determinación de la transitabilidad en la Calle Antúnez de Mayolo, mediante el método del Rugosímetro de Merlín y el método PCI, permitirá de manera adecuada calificar el tipo de mantenimiento necesario.

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En Ecuador Niola (2015), en su investigación, tiene como objetivo emplear el Método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) para inspeccionar y evaluar las patologías del pavimento flexible de la avenida estudiada, con el propósito de obtener un diagnóstico de las fallas observadas y proponer un plan de intervención vial a ejecutar según las deficiencias encontradas. Asimismo, el investigador concluyó que la vía en estudio presentó una condición buena del pavimento y las fallas más frecuentes fueron fisuras longitudinales y transversales, parcheo, huecos, peladuras por intemperismo.

Reyes (2020), en su estudio tiene como propósito principal evaluar el índice de regularidad superficial del pavimento, utilizando aplicativos móviles, software para análisis de pavimento como el TotalPave y el ProVAL; y el Rugosímetro de MERLÍN. Como conclusión, como resultado se determinó el IRI del pavimento, son para el Software TotalPave es de 3,30 m/km, ProVAL es de 3,83 m/km y el Rugosímetro de Merlín es de 2,00 m/km, donde el investigador determina que el valor obtenido del Rugosímetro de Merlín fue el valor más preciso y clasificado el valor del IRI como muy bueno.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

El estudio de Huaccha (2019) tiene por objetivo, determinar el estado de condición del pavimento flexible, utilizando para tal fin el Rugosímetro de Merlín y el método PCI, para la evaluación del Rugosímetro del Merlín consideraron 8 tramos es decir, (por 4 tramos en cada calzada), obteniendo el tramo 1 con un IRI promedio 4,15 m/km, el tramo 2 de IRI promedio 3,35 m/km encontrándose en límites permisibles para su estado; el tramo 3 un IRI promedio 7,07 m/km y el tramo 4 un IRI promedio 6,64 m/km esto indica que los tramos 3 y 4 no se ubica dentro de sus rangos aceptables para su estado de condición del pavimento. En la aplicación del método del PCI realizaron la evaluación en dos tramos (Tramo A con una

Longitud de 516,82 m y el Tramo B con una longitud de 463,62 m), donde el Tramo A obtuvieron un PCI de 71,63 clasificando según el ASTM un pavimento Muy Bueno mientras el Tramo B obtuvieron un PCI de 28,48 al cual se clasifica a un pavimento Pobre según el ASTM.

En tanto la investigación de Aranibar y Saavedra (2019) tiene como finalidad, evaluar la condición actual del pavimento flexible, haciendo uso de los métodos de Índice de Condición de Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Realizaron la inspección visual a las patologías a intervenir en 26 unidades de muestra haciendo uso de la metodología del PCI, donde se determinó un Índice de Condición de Pavimento de 19,5, por lo que se califica como "Muy Malo". Respecto al índice de rugosidad Internacional obtuvieron un valor de IRI promedio de 4,90 m/km carril derecho y 4,48 m/km para el carril izquierdo, lo que da entender a los carriles del pavimento se clasifican en el rango de condición "Malo", donde los tesisistas concluyeron que la acción de intervenir en esta vía objeto de estudio, es de reconstrucción, asimismo se calculó, el índice de serviciabilidad presente (PSI) a raíz de los cálculos del IRI en el pavimento estudiado.

En la investigación de Garay y Jacinto (2021) el objetivo principal fue evaluar el pavimento flexible superficialmente haciendo uso de las metodologías PCI e Índice de Rugosidad, el sección típica de la zona de estudio está conformado por una calzada de doble sentido, teniendo un perfil longitudinal de 3,00 km y un ancho de plataforma de 12,40 m. Como conclusión, obtuvieron que la evaluación superficial del pavimento, en su escala numérica de categorización, es regular por encontrarse entre los intervalos 40-55 el manual del PCI, lo que significa, que las patologías encontradas no dañan en alto grado a la superficie como a la estructura del pavimento. Con respecto a la metodología del Rugosímetro de MERLIN se consiguieron los siguientes valores de IRI, para el carril izquierdo resultó el valor de 3,07 m/km y carril derecho un valor de 3,45 m/km. Resultando un IRI promedio de 2,75 m/km, calificando según el Índice de serviciabilidad presente (PSI) como un pavimento regular, puesto que se ubica en el rango de 2 a 4.

2.1.3. Antecedentes Locales

El estudio de investigación de Lozano y Mamani (2021), tiene como objetivo la evaluación de la regularidad superficial en el pavimento haciendo uso del aplicativo ROADROD y ABAKAL para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía

de estudio. Como conclusión, con el aplicativo ROADROID obtuvieron resultados del IRI promedio el carril de bajada un valor de 4,66 m/km y para el carril de subida el valor de 4,49 m/km, respecto a los resultados usando la aplicación ABAKAL obtuvieron un IRI promedio para el carril de bajada un valor de 5,15 m/km y para el carril de subida un valor de 4,97 m/km, concluyeron determinar el IRI promedio de la avenida en condiciones generales para clasificar la condición del pavimento, teniendo así valores de 4,58 m/km usando la aplicación ROADROID y de 5,06 m/km para la aplicación ABAKAL, calificando como un pavimento malo.

Aguirre y Chambilla (2021) en su investigación tiene como propósito principal desarrollar la evaluación superficial del Pavimento Flexible para determinar el estado actual de la vía, apoyándose de los métodos del PCI e IRI, aplicando el método PCI calcularon un índice de condición del total de unidades de muestra igual a 45,60, por tal motivo se clasifica como regular, por otro parte, utilizando el rugosímetro de MERLIN calcularon que el índice de rugosidad del carril izquierdo da un valor de 6,37 m/km, y para el carril derecho un valor de 7,04 m/km, donde según su metodología se califica como pavimento malo, a consecuencia del valor de IRI promedio de la vía estudiada igual a 6,70 m/Km.

Mamani y Vallejos (2020) en su investigación se analizó las patologías existentes y la regularidad en el pavimento, haciendo uso de los métodos del Índice de Condición del Pavimento (PSI) y el Rugosímetro de MERLIN respectivamente. En conclusión, determinaron los resultados del Rugosímetro de MERLIN donde el valor IRI para el carril derecho les resultó a 7,986 m/km y para el valor IRI del carril izquierdo a 7,154 m/km, por lo que el IRI promedio de la vía objeto de estudio tiene un valor de 7,57 m/km, en consecuencia se considera un pavimento en estado Malo. Por otra parte, el valor de índice de condición del pavimento (PSI) que obtuvieron habiendo evaluado las 12 unidades de muestra adicionando 4 unidades de muestras selectivas con un valor de 26,60, clasificando en una condición de pavimento malo y en relación de la transitabilidad obtuvieron como resultado una transitabilidad mala, de acuerdo al cálculo de la serviciabilidad teniendo un valor PSI de 1,26.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pavimentos

Es una estructura, que está conformado por una estructura estratificada, relativamente horizontal, a la que se elabora técnicamente usando capas de materiales adecuados y compactados apropiadamente. Estas capas estratificadas se colocan sobre el terreno de fundación de la calzada y tienen como función soportar adecuadamente los esfuerzos transmitidos por la carga constante del tránsito, durante el tiempo de vida útil planificado para la estructura del pavimento. (Montejo, 2006)

Para el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013), la estructura del pavimento está constituido por las siguientes capas:

Capa de rodadura: Es la capa superior de una infraestructura vial, elaborado de concreto (pavimento rígido), de tipo bituminoso (pavimento flexible) o de adoquines (pavimento semirrígido), cuyo propósito es soportar directamente la carga del tránsito.

Base: Es una capa ubicada bajo la capa de rodadura, la cual su propósito principal es resistir, repartir y traspasar cargas generadas por la transitabilidad vial. Dicha capa estará conformada por material granular drenante (CBR > 80%) o también puede ser estabilizada con asfalto, cemento o cal.

Subbase: Es una capa de material clasificado y con un espesor de diseño establecido, debido al cual soporta la base y a la carpeta. Asimismo funciona como una capa drenante y regulador de la capilaridad del agua. Dicha capa estará compuesta de material granular (CBR > 40%) o también puede ser estabilizada con asfalto, cemento o cal.

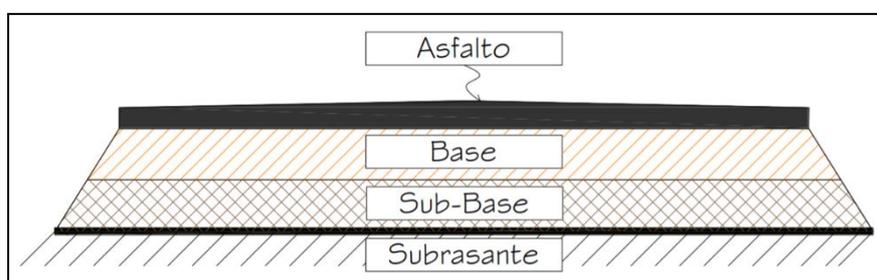
2.2.1.1. Clasificación del Tipo de Pavimentos

Los tipos de pavimentos considerados en el manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones son:

Pavimentos Flexibles: Se considera como una estructura que se flexionan o deflectan en función de las cargas del tránsito que circular en él, por lo que está conformado por capas granulares (base y subbase) y una capa de rodadura elaborada con material bituminoso como aglomerantes, agregados o aditivos. Se aplica este tipo de pavimento en lugares de mayor flujo vehicular (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

Figura 5

Estructura de un pavimento flexible

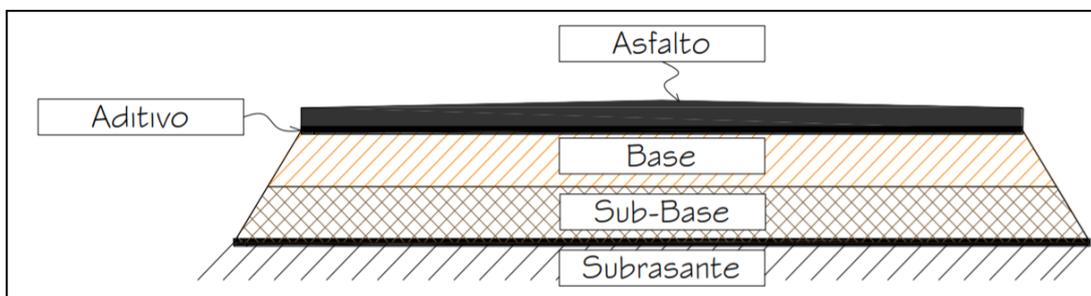


Nota. En la figura muestra la estructura de un pavimento flexible adaptado de Armijos , 2009, pág. 21.

Pavimentos Semirrígidos: Es una estructura de pavimento conformadas por un espesor asfáltico en su totalidad (capa de rodadura en caliente colocada sobre una base estabilizada con cal, asfalto o cemento). Los pavimentos de adoquín también son considerados pavimentos semirrígidos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

Figura 6

Estructura de un pavimento semirrígido



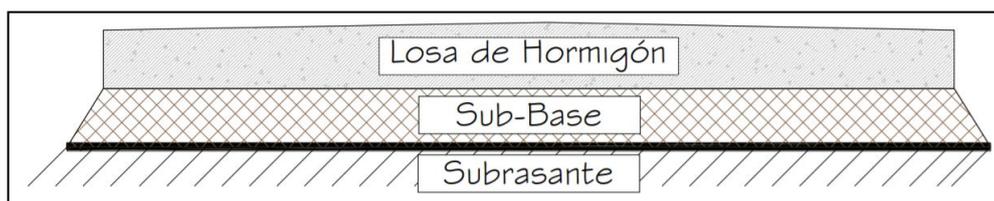
Nota. En la figura muestra la estructura de un pavimento semirrígido adaptado de Armijos , 2009, pág. 21.

Pavimentos Rígidos: Está conformada por una capa de rodadura de concreto de cemento hidráulico (Losa de concreto) con aglomerante, agregados o aditivo; colocada sobre una capa de material de subbase granular o de base granular, estabilizado con asfalto, cemento o cal. Dentro de los pavimentos rígidos se consideran tres categorías:

- ✓ Pavimento rígido simple con juntas.
- ✓ Pavimento rígido armado es decir con refuerzo de acero en forma de mallas o fibras.
- ✓ Pavimento rígido con refuerzo continuo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

Figura 7

Estructura de un pavimento rígido



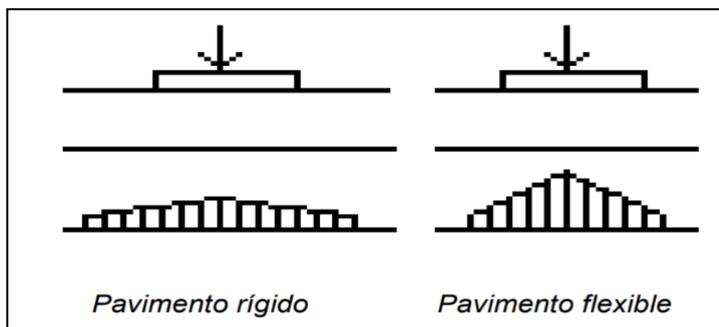
Nota. En la figura muestra la estructura de un pavimento rígido adaptado de Armijos , 2009, pág. 22.

2.2.1.2. Comportamiento estructural de un pavimento

La diferencia principal entre el pavimento flexible y los rígidos se debe al comportamiento debido a la sollicitación de cargas. A partir del enfoque de su diseño, los pavimentos flexibles se elaboran por un conjunto de capas, donde su distribución de cargas está definido de las propiedades de la estructura misma (Llosa, 2013).

Figura 8

Distribución de cargas en pavimento rígido y flexible



Nota. Se puede observar en la figura la distribución de cargas en los diferentes tipos de pavimentos adaptado de Llosa, 2013.

Las principales fallas que perjudican a la vía están relacionados con distintos agentes, como el tránsito, el clima, mal procedimiento constructivo y empleo de insumos inapropiados. Dichos agentes pueden ser fallas estructurales o fallas superficiales, estas se determinarán por la severidad del daño que presenta el pavimento (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

a) Fallas estructurales:

Estos deterioros se caracterizan, por dañar a la capa de rodadura o al conjunto de las diferentes capas conformadas del pavimento, las cargas circulantes surgen por lo común en deformaciones elásticas tanto verticales como horizontales, por parte del material granular y del suelo de la subrasante (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

b) Fallas superficiales:

Estos deterioros surgen generalmente, por una deficiencia de calidad del material empleado, por un mal proceso constructivo en ejecución o por una situación local peculiar por la que el tráfico aumenta, lo que generan por lo común las fallas como desprendimientos, huecos, exudación (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

2.2.2. Evaluación Superficial de Pavimentos

Es un estudio, donde se demuestra el estado actual en el que se detecta la superficie y la estructura del pavimento, y así poder emplear las acciones de intervención adecuadas de mantenimiento y/o conservación, por lo que desea subsanar y prolongar su tiempo de diseño, dicho esto se sugiere seleccionar y ejecutar una evaluación que cumpla con el objetivo y la situación en que se encuentre (Cantunarias y Watanabe, 2017).

La intervención de evaluación no solo se deben realizar en el tiempo de diseño del pavimento, sino también en el proceso de construcción, antes de su funcionalidad, para verificar la calidad del material que se ofrece al cliente, considerando los estándares de comodidad y seguridad, así también como la capacidad portante del pavimento, con el objetivo de cumplir con las funciones básicas del diseño (Aguirre y Zarate, 1999).

2.2.3. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Mide de falla de la estructura del pavimento según el tipo de patología, nivel de severidad y su cantidad o densidad del mismo. El planteamiento para generar un índice que tomara en cuenta los tres factores antedichos, considerada en “valores deducidos”, en forma de prototipo de factor de ponderación, con el propósito de señalar el rango de afectación que tiene en cada combinación del tipo de patología, nivel de severidad y densidad de la unidad de muestra.

Esta es una metodología que se relaciona con una escala numérica gráfica con valores del cero (0), para un estado fallado del pavimento, hasta cien (100), para un estado excelente del pavimento (Vásquez, 2002).

Tabla 1*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

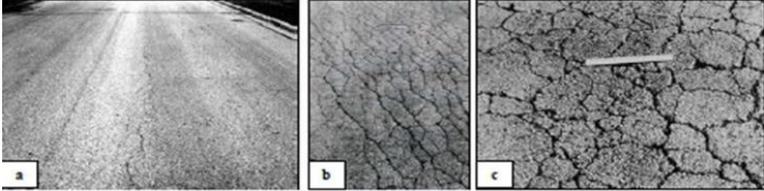
Nota. En la siguiente tabla se muestran la clasificación del PCI de acuerdo con el valor obtenido adaptado de Vásquez, 2002, pág. 2.

2.2.3.1. Tipo de fallas

Para la presente metodología, considera 19 patologías del pavimento dentro de las cuales, 10 son consideradas estructurales y 9 superficiales:

Tabla 2

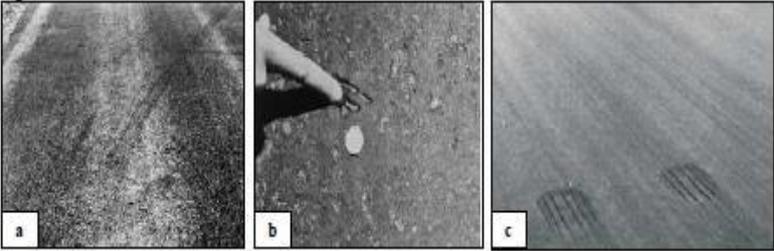
Falla estructural, piel de cocodrilo

Tipo de falla	Estructural - Piel de cocodrilo	
Descripción	Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo hacen referencia a una serie de fisuras y/o grietas, conectadas causadas en su mayoría de veces por acción de repetidas cargas de tránsito, superiores al diseñado, esto ocasiona que el agrietamiento empiece desde lo profundo de la carpeta asfáltica o capa de rodadura, en cuyo comportamiento soportan grandes deformaciones y esfuerzos, mayores a los considerados en su diseño y construcción.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).	
Evaluación	<p>Bajo: Fisuras muy delgadas longitudinales y capilares que empiezan de forma paralela con algunas, pocas o ningunas interconexiones. Las aberturas no se encuentran desintegradas, en otras palabras, no tienen presencia alguna de rajaduras en su contorno.</p> <p>Medio: Avance a un nivel superior de las fisuras presentadas en el nivel bajo, con presencia de rajaduras en su contorno sutilmente desgranadas.</p> <p>Alto: Enmallado o modelo de fisuras que han progresado drásticamente, de tal manera que los elementos "pedazos" están muy bien marcados y con presencia de bordes pelados. Algunos elementos "pedazos" pueden vibrar bajo la circulación de vehículos automotores.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Ninguna intervención, Sellado superficial.
	Medio	Parchado parcial o en toda la estructura. Recapeo.
	Alto	Recapeo. Reconstrucción.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 3

Falla superficial, exudación

Tipo de falla	Superficial - Exudación	
Descripción	<p>Es una laminilla de material bituminoso en la cara de la capa de rodadura del pavimento, esta forma una cara refulgente, cristalino y brillante que casi siempre llega a adherirse a superficies en contacto con la vía. La causa de la exudación se debe por mucho contenido de asfalto a la mezcla colocada, o que el contenido de vacíos es muy baja. Otra razón se desarrolla cuando el asfalto, completa los vacíos a temperaturas ambientales altas y entonces está ocupado en la cara de la capa de rodadura. Puesto que el desarrollo de exudación es irreversible en clima frío, el asfalto se brotará en la superficie de rodadura.</p>	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	<p>Metros cuadrados (m²), si esta patología es tomada en cuenta, no se deberá considerar el pulimento de agregados.</p>	
Evaluación	<p>Bajo: Se encuentra todavía en un nivel de severidad muy pobre y solamente es notable desde pocos días del año. No se pega al calzado o a los vehículos.</p> <p>Medio: Ha pasado a un estado en el cual el asfalto se adhiere al calzado y al transporte únicamente durante unas pocas semanas del año.</p> <p>Alto: Afecta la superficie de manera muy extensa y gran muestra de asfalto se fija al calzado y transporte durante varios meses al año.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Ninguna intervención.
	Medio	Se aplica arenado.
	Alto	Se aplica arenado (precalentando si la patología lo amerita).

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 4*Falla estructural, fisuras en bloque*

Tipo de falla:	Estructural - Fisuras en bloque	
Descripción	Las rajaduras en bloque son aberturas enlazadas que subdividen la capa de rodadura en lotes rectangulares. Los bloques oscilan en volumen de (0.30x0.30) m a (3.0x3.0) m. Las aberturas en bloque son causadas por la contracción del pavimento asfáltico y los cambios de temperatura de todos los días. Cuando el asfalto se ha endurecido relevantemente, se asocia a las fisuras de bloque y no necesariamente a sollicitación de cargas.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).	
Evaluación	<p>Bajo: Las fisuras se encuentran en un estado de baja severidad.</p> <p>Medio: Se encuentran definidos por fisuras de severidad media.</p> <p>Alto: Las fisuras en bloque se encuentran definidos por fisuras de alta severidad.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Sellado de fisuras con ancho > a 3.0 mm. Sello asfáltico.
	Medio	Sellado de fisuras, escarificado y reciclado superficial. Recarpeteo
	Alto	Sellado de grietas, escarificado y reciclado superficial. y Recarpeteo.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 5*Falla estructural, abultamientos y hundimientos*

Tipo de falla	Estructural - Abultamientos y hundimientos	
Descripción	<p>Son ligeros desplazamientos dirigidos a lo alto situados en el área de la capa de rodadura. Se caracterizan de los desplazamientos, dado que estos últimos son consecuencia por asfaltos removibles.</p> <p>Los hundimientos son depresiones hacia abajo, pequeñas y sinuosas, de la superficie de rodadura.</p> <p>El desplazamiento y distorsiones que aparecen sobre extensas áreas de la capa de rodadura, ocasionando grandes o largas depresiones en el mismo, reciben la denominación de “ondulaciones”.</p>	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metro lineal (ml).	
Evaluación	<p>Son ocasionados debido a baja sollicitación de cargas de tránsito.</p> <p>Son ocasionados debido a media sollicitación de cargas de tránsito.</p> <p>Son ocasionados debido a alta sollicitación de cargas de tránsito.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No necesita intervención.
	Medio	Mantenimiento rutinario.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 6*Falla estructural, corrugación*

Tipo de falla:	Estructural - Corrugación	
Descripción	Es una función de depresiones y hundimientos bastante cercanas que aparecen a tramos altamente ordenados, casi siempre a menos de 3.0 m. Las alturas forman 90° grados con respecto a la circulación del tránsito. Esta forma de patología es normalmente producida por la actividad del tránsito combinado con una estructura de pavimento inestable. Si los abultamientos suscitan en un patrón menor a 3.0 m de distanciamiento entre sí, cualquier sea el motivo, el menoscabo se define como corrugación.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).	
Evaluación	Bajo: Producto de baja sollicitación de cargas de tránsito.	
	Medio: Producto de media sollicitación de cargas de tránsito.	
	Alto: Producto de alta sollicitación de cargas de tránsito.	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Ninguna intervención.
	Medio	Reparación por carpeta asfáltica.
	Alto	Reconstrucción parcial o total.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 7

Falla estructural, depresión.

Tipo de falla	Estructural - Depresión
Descripción	<p>Son áreas ubicadas en la capa de rodadura del pavimento con severidades tenuemente más bajas que el pavimento a su entorno. En diferentes eventos, las depresiones pequeñas únicamente son evidentes posterior a un día lluvioso, cuando se forman películas de agua, “baño de pájaros”. La vía en estado completamente seco las depresiones se logran visualizar fácilmente debido a los charcos y/o manchas ocasionadas por los pozos de agua. Las depresiones resultan por el asentamiento del terreno de fundación “subrasante”. Producen corrugaciones y por último esta patología puede ocasionar el fenómeno llamado “hidroplaneo”, debido a la severidad alta de sus desniveles en presencia de agua.</p>
Imagen o aspecto superficial	
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).
Evaluación	Bajo: (13.0 - 25.0) mm.
	Medio: (25.0 - 51.0) mm.
	Alto: > 51.0 mm.
Frontera y tipo de intervención	Bajo No se realiza nada.
	Medio Parcheo superficial, parcial o profundo.
	Alto Parcheo superficial, parcial o profundo

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 8*Falla superficial, fisura de borde*

Tipo de falla	Superficial - Fisura de borde
Descripción	Se encuentran paralelas y, casi siempre, se encuentran espaciadas entre (0.30-0.60) m del borde externo del pavimento. Esta patología se produce debido a sollicitación de cargas y originado por empeoramiento, debido a acciones propias geotécnicas, de la subrasante o sub base cerca al borde del pavimento. El área que se encuentra entre la fisura y el borde del pavimento se categoriza con respecto a la manera como se agrieta.
Imagen o aspecto superficial	
Unidad de medida	Metros lineales (ml).
Evaluación	<p>Bajo: Aparición de fisuras de nivel bajo o medio sin desintegración o desprendimiento.</p> <p>Medio: Presenta algunas fragmentación y desprendimiento debido a fisuras medias.</p> <p>Alto: Agrietamiento con alta disgregamiento a lo extenso del contorno.</p>
Frontera y tipo de intervención	<p>Bajo Sellado de fisuras con ancho > 3 mm.</p> <p>Medio Parcheo parcial.</p> <p>Alto Parcheo profundo.</p>

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 9*Falla superficial, fisura de reflexión de junta*

Tipo de falla	Superficial - Fisura de reflexión de junta	
Descripción	Esta patología solamente suscita en pavimentos con superficie asfáltica extendidos y colocados sobre un pavimento rígido. Estas fisuras son a consecuencia característico del desplazamiento de la losa de concreto, movido por humedad o temperatura, bajo la superficie de capa de rodadura.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros lineales (ml).	
Evaluación	Bajo:	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fisura sin relleno de ancho menor a 10.0 mm. 2. Fisura que se encuentra rellena y de cualquier ancho. 	
	Medio:	
		1. Fisura con espacios vacíos y un ancho entre (10.0 - 76.0) mm.
		2. Fisura con espacios vacíos de cualquier ancho hasta 76.0 mm enmarcada de un sutil agrietamiento al azar.
		3. Fisura rellena con un ancho cualquiera, enmarcada de un ligero fisuramiento al azar.
		Alto:
		Cualquier fisura rellena o no, enmarcada de un agrietamiento al azar de alta severidad.
		Grietas con espacios vacíos de más de 76.0 mm.
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Sellado de fisuras, para espesores mayores a 3.00 mm.
	Medio	Sellado de fisuras. Parcheo parcial.
	Alto	Parcheo profundo. Rehabilitación de la junta.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 10*Falla superficial, desnivel carril - berma*

Tipo de falla	Superficial - Desnivel carril - berma	
Descripción	A la diferencia de niveles entre la rasante de los bordes de los carriles y la berma, se le llama "El desnivel carril / berma". Esta patología es consecuencia de la erosión de la berma, o en muchos casos el colocado de sobrecarpeta y la no corrección de la berma.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros lineales (ml).	
Evaluación	<p>Bajo: La diferencia de nivel del carril – berma se encuentra comprendido entre (25.0 - 51.0) mm.</p> <hr/> <p>Medio: La diferencia de nivel del carril – berma se encuentra comprendido entre (51.0 - 102.0) mm.</p> <hr/> <p>Alto: La diferencia de nivel del carril – berma es mayor a (102.0) mm.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada.
	Medio	Renivelación con un mortero asfáltico.
	Alto	Conseguir la Renivelación con un recapeo.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 11

Falla estructural, fisuras longitudinales y transversales

Tipo de falla	Estructural - Fisuras longitudinales y transversales						
Descripción	Las fisuras transversales son perpendiculares, es decir forman un ángulo de 90° al eje del carril del pavimento, por otro lado las fisuras longitudinales van paralelas al eje.						
Imagen o aspecto superficial							
Unidad de medida	Metro lineal (ml).						
Evaluación	<p>Bajo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fisura con espacios vacíos de ancho menor que 10.0 mm. 2. Fisura rellena con material llenante. <hr/> <p>Medio:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fisura con espacios vacíos de ancho entre (10.0-76.0) mm. 2. Fisura con espacios vacíos con ancho hasta 76.0 mm, rodeada fisuras aleatorias pequeñas. 3. Fisura rellena rodeada de fisuras aleatorias pequeñas. <hr/> <p>Alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Fisura con espacios vacíos de más de 76.0 mm de ancho. . Una fisura donde el pavimento de alrededor se encuentra severamente dañado. 						
Frontera y tipo de intervención	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Bajo:</td> <td>Sellado de fisuras de ancho mayor e igual a 3.0 mm.</td> </tr> <tr> <td>Medio:</td> <td>Sellado de fisuras</td> </tr> <tr> <td>Alto:</td> <td>Sellado de fisuras. Parcheo parcial</td> </tr> </table>	Bajo:	Sellado de fisuras de ancho mayor e igual a 3.0 mm.	Medio:	Sellado de fisuras	Alto:	Sellado de fisuras. Parcheo parcial
Bajo:	Sellado de fisuras de ancho mayor e igual a 3.0 mm.						
Medio:	Sellado de fisuras						
Alto:	Sellado de fisuras. Parcheo parcial						

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 12

Falla superficial, parches y parches de cortes utilitarios

Tipo de falla	Superficial - Parches y parches de cortes utilitarios
Descripción	Se define como un área de pavimento que ha sido reemplazado con asfalto nuevo, con el objetivo de poder restaurar el pavimento existente. Esto ocasiona que se encuentren rugosidades en la rasante final, ya que esta sección no se comportará de ninguna manera como el pavimento original
Imagen o aspecto superficial	
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).
Evaluación	<p>Bajo: El parche se encuentra en un estado de condición satisfactorio, por lo tanto el transitabilidad se califica como de baja severidad.</p> <p>Medio: El parche se encuentra en un estado de condición moderadamente deteriorado, por lo tanto la transitabilidad se califica como severidad media.</p> <p>Alto: El parche se encuentra en un estado de condición muy deteriorado, por lo tanto la transitabilidad se califica como de severidad alta.</p>
Frontera y tipo de intervención	<p>Bajo: No se realiza nada.</p> <p>Medio: No se realiza nada. Reconstrucción del parche.</p> <p>Alto: Reconstrucción del parche.</p>

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 13

Falla superficial, agregado pulido

Tipo de falla	Superficial - Agregado pulido
Descripción	Esta patología es causada debido a la sollicitación de cargas de tránsito. Suscita en torno a la superficie de la capa de rodadura el agregado se vuelve suave al contacto, la textura del pavimento no atribuye de forma significativa a mermar la fluidez del tráfico, cuando la cantidad de agregado es pequeña. Se interpreta que la vía se encuentra con presencia de esta patología, cuando el ensayo de resistencia al deslizamiento sale por debajo del estándar.
Imagen o aspecto superficial	
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²), si se considera la exudación, no se deberá tomar en cuenta el pulimento de agregados.
Evaluación	El nivel de severidad no se define.
Frontera y tipo de intervención	Bajo: Medio: Ninguna intervención. Recapeo. Alto:

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 14

Falla estructural, baches

Tipo de falla	Estructural - Baches																					
Descripción	Los baches son depresiones menores en la superficie de rodadura de la estructura del pavimento, casi siempre con radios no mayores a 0.45 m y con forma de taza. A menudo se visualizan con contornos agudos y lados rectos en proximidad a la zona elevada. Los baches se generan cuando pequeñas áreas de la superficie son retiradas por acción del tránsito. El desintegramiento del pavimento avanza a causa de presencia de mezclas de concreto asfáltico pobres, o puntos endebles de las otras capas del pavimento es decir: del material granular.																					
Imagen o aspecto superficial																						
Unidad de medida	Unidad (und).																					
Evaluación	Se evalúan de acuerdo a la imagen siguiente:																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="679 1350 855 1413" rowspan="2">Profundidad máxima del hueco.</th> <th colspan="3" data-bbox="1050 1350 1198 1379">Diámetro medio (mm)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="895 1384 999 1413">102 a 203 mm</th> <th data-bbox="1070 1384 1174 1413">203 a 457 mm</th> <th data-bbox="1251 1384 1355 1413">457 a 762 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="711 1417 823 1447">12.7 a 25.4 mm</td> <td data-bbox="943 1417 963 1447">L</td> <td data-bbox="1123 1417 1144 1447">L</td> <td data-bbox="1303 1417 1324 1447">M</td> </tr> <tr> <td data-bbox="703 1451 831 1480">> 25.4 a 50.8 mm</td> <td data-bbox="943 1451 963 1480">L</td> <td data-bbox="1123 1451 1144 1480">M</td> <td data-bbox="1303 1451 1324 1480">H</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1485 815 1514">> 50.8 mm</td> <td data-bbox="943 1485 963 1514">M</td> <td data-bbox="1123 1485 1144 1514">M</td> <td data-bbox="1303 1485 1324 1514">H</td> </tr> </tbody> </table>			Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)			102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm	12.7 a 25.4 mm	L	L	M	> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H	> 50.8 mm	M	M	H
Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)																					
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm																			
12.7 a 25.4 mm	L	L	M																			
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H																			
> 50.8 mm	M	M	H																			
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada. Parcheo parcial o profundo.																				
	Medio	Parcheo parcial o profundo.																				
	Alto	Parcheo profundo.																				

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 15

Falla estructural, ahuellamiento

Tipo de falla	Estructural - Ahuellamiento	
Descripción	Es definido como un badén en la capa de rodadura. Solamente son visibles después de un clima lluvioso, y se le puede apreciar el levantamiento del asfalto a lo largo del ahuellamiento. La deformación de las capas inferiores de la como pueden ser la subrasante, sub base o base, conllevan como consecuencia la presencia de ahuellamiento, El empeoramiento de esta patología sin acción de intervención puede conllevar a una falla que comprometa la estructura y sea significativa.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²), la profundidad media se determina apoyándose de una regla a la dirección del mismo.	
Evaluación	Bajo: Profundidad (6.0 - 13.0) mm. <hr/> Medio: Profundidad (13.0 < x < 25.0) mm. <hr/> Alto: Profundidad > 25.0 mm.	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada. Fresado.
	Medio	Parchado superficial.
	Alto	Fresado de acuerdo a la profundidad del ahuellamiento y sobrecarpeta.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 16

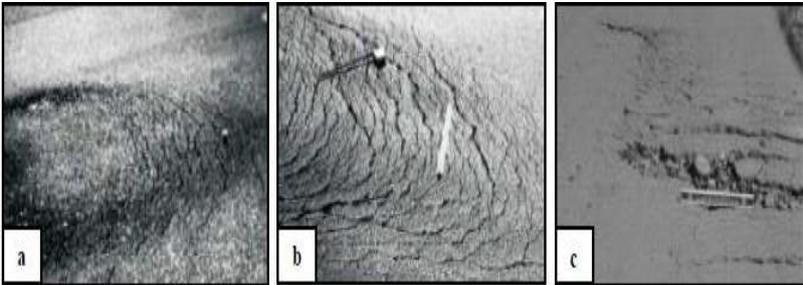
Falla estructural, desplazamiento

Tipo de falla	Estructural - Desplazamiento	
Descripción	<p>Cuando el tráfico debido a la sollicitación de cargas es mayor al ofrecido por la estructura del pavimento, trae como consecuencia ondas que cortan y abruptan la superficie, ha esta condición se le llama desplazamiento.</p> <p>Como también los desplazamientos suscitan cuando los pavimentos flexibles confinan los pavimentos rígidos. La longitud de los pavimentos rígidos se incrementa debido a la dilatación de este y causa el desplazamiento.</p>	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metro cuadrado (m ²).	
Evaluación	Bajo: Ocasiona transitabilidad de condición regular.	
	Medio: Ocasiona transitabilidad de condición mala.	
	Alto: Ocasiona transitabilidad de condición muy mala.	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada. Fresado.
	Medio	Fresado. Parchado superficial.
	Alto	Fresado. Parchado profundo.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 17

Falla superficial, fisura parabólica o por deslizamiento

Tipo de falla	Superficial - Fisura parabólica o por deslizamiento	
Descripción	Las grietas en forma parabólica “media luna”, se definen como fisura parabólica. Son ocasionadas cuando los neumáticos de los vehículos automotores frenan y/o giran y generan el deslizamiento y la deformación de la superficie de la vía. Muy a menudo, esta patología suscita cuando se coloca una mezcla asfáltica de baja resistencia. Esta patología no guarda relación con algún proceso de falta de estabilidad geotécnica del terreno de fundación del pavimento.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²).	
Evaluación	Bajo: Ancho promedio de la fisura menor que 10.0 mm.	
	Medio: 1. Ancho promedio de la fisura entre (10.0 - 38.0) mm. 2. El área que se encuentra bordeando la fisura está desintegrada en condición moderada.	
	Alto: 1. Ancho promedio de la fisura entre los valores de (10.0 - 38.0) mm. 2. El área que rodea la fisura está totalmente fracturada y dividida en pequeños trozos.	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada. Parchado parcial.
	Medio	Parchado parcial.
	Alto	Parcheo profundo.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 18

Falla estructural, hinchamiento

Tipo de falla	Estructural - Hinchamiento	
Descripción	El pandeo hacia arriba del pavimento es característica principal del hinchamiento, una cuerda extensa y gradual con una longitud no menor que 3.0 m. Casi siempre esta patología es ocasionada por el humedecimiento de la subrasante o por suelos con contenido de arcillas expansibles. También puede estar acompañado de fisuras superficiales.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metro cuadrado (m ²).	
Evaluación	<p>Bajo: El hinchamiento ocasiona transitabilidad de condición buena.</p> <p>Medio: El hinchamiento ocasiona transitabilidad de condición mala.</p> <p>Alto: El hinchamiento ocasiona transitabilidad de condición muy mala.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada.
	Medio	No se realiza nada.
	Alto	Rehabilitación.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 19

Falla superficial, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Tipo de falla	Superficial - Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	
Descripción	Es producto de la acción del intemperismo la cual produce la desintegración superficial de la capa de rodadura por pérdida del liga y de las partículas de agregado sueltas. Esta patología hace referencia a dos afirmaciones, uno el ligante asfáltico se ha curado de manera que se puede apreciar, dos que la mezcla antes del colocado es de mala calidad. El desprendimiento es un indicativo que las partículas de agregado se encuentran alteradas y/o removidas.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metro cuadrado (m ²).	
Evaluación	<p>Bajo: Se aprecia la pérdida leve de agregados o ligante, en algunas áreas de la superficie comienza a deprimirse.</p> <p>Medio: Se aprecia la pérdida moderada de agregados o ligante, de tal forma que la superficie de la capa de rodadura se encuentra moderadamente rugosa y ahuecada.</p> <p>Alto: Se denota que, la superficie de la capa de rodadura ha perdido considerablemente los agregados o ligante, esto ocasiona que adicional a la severa rugosidad presente área ahuecadas con diámetro menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm.</p>	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	Ninguna intervención
	Medio	Sellado superficial. Tratamiento superficial. Recapeo.
	Alto	Tratamiento superficial, Recapeo. Rehabilitación.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

Tabla 20

Falla superficial, cruce de vía férrea

Tipo de falla	Superficial - Cruce de vía férrea	
Descripción	Las depresiones o abultamientos al contorno o entre los rieles, define la patología cruce de vía férrea.	
Imagen o aspecto superficial		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²), solamente debe registrarse, si la presencia de esta patología afecta la calidad del tránsito.	
Evaluación	Bajo: El cruce de vía férrea ocasiona transitabilidad de condición buena.	
	Medio: El cruce de vía férrea ocasiona transitabilidad de condición mala.	
	Alto: El cruce de vía férrea ocasiona transitabilidad de condición muy mala.	
Frontera y tipo de intervención	Bajo	No se realiza nada.
	Medio	Parcheo parcial.
	Alto	Reconstrucción del cruce.

Nota. Elaboración propia del investigador, a partir de los datos obtenidos en (Vásquez, 2002).

2.2.3.2. Pasos para la determinación del PCI

Paso 1. Empieza realizando una distribución de secciones de la vía en áreas uniformes, por lo que deben conservar sus propiedades uniformes de historial, condiciones, construcción y mantenimiento.

Paso 2. Se determina la cantidad de unidades de muestreo producto a una distribución del seccionamiento del pavimento del cual el tamaño varía según con el tipo de pavimento, dichas muestras se deben tener como rango $230,0 \pm 93,0 m^2$, se presenta la tabla 21 donde se determina la longitud de unidad de muestreo en relación del ancho de calzada en pavimentos flexibles.

Tabla 21

Longitudes de unidades de muestras en pavimento flexible

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Nota. Longitud de la unidad de muestro que se emplea en el método PCI acorde al ancho de calzada, adaptado de (Vásquez, 2002, pág. 3).

Paso 3. En una evaluación superficial de la vía, es necesario intervenir todas las unidades de muestreo resultantes del seccionamiento (N), aunque, de ser imposible, el número mínimo de unidades a muestrear a evaluarse se obtendrá mediante la Ecuación N°1, por lo que estaríamos trabajando con el 95% de confiabilidad que la metodología indica.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreos 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

Mediante el reconocimiento de origen se acepta una desviación estándar (s) del PCI de s=10 para pavimento flexibles o asfálticos (rango PCI de 25) y de s=15 para pavimentos rígidos (rango PCI de 35). Por otro lado cuando el número mínimo de unidad de muestreo a inspeccionar es cinco o menor ($n < 5$), es necesario que todas las unidades de muestreo sean evaluados.

Paso 4. Para la elección de las unidades de muestreos a levantar deben ser escogidas uniformemente distanciadas en toda la sección del pavimento y se escoja sistemáticamente la primera unidad de muestreo utilizando la ecuación 2 de la siguiente forma:

$$i = \frac{N}{m} \quad (2)$$

Donde:

N: Número total de unidad de muestreo disponible.

m: Número mínimo de unidades para inspeccionar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

La primera unidad de muestreo a ser evaluado es escogida al azar entre la unidad de muestreo 01 y el intervalo de muestreo “i” calculado.

Paso 5. Se lleva a cabo el reconocimiento del pavimento de la unidad de muestreo a inspeccionar donde se registraran manualmente en la ficha de evaluación los siguientes factores: el tipo de patología encontrada, la severidad de esta y la cantidad de por tipo de patología que se encuentra, para cada unidad de muestreo de acorde al Manual del PCI.

Paso 6. Luego de realizada la visita y/o inspección de campo y llenado de formatos, la recolección de datos sobre los fallas se emplea para el cálculo del PCI, este evaluación puede ser manualmente o uso de un software y se basa en los “Valores deducidos” de cada falla, severidad y acorde con la cantidad.

Figura 9

Formato de exploración de condición

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO				ESQUEMA		
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
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. Se aprecia en la figura el formato aplicado para el reconocimiento de patologías del método PCI adaptado de (Vásquez, 2002, pág. 3).

Paso 7. Se determinará el Valor Deducido (VD) por cada patología medida en base a la información de nivel de severidad y densidad, y se debe realizar:

- ✓ Contar cada tipo de falla y su nivel de severidad de deterioro.
- ✓ Calcular la densidad

$$Densidad \% = \frac{\text{cantidad de cada tipo de falla}}{\text{área total de unidad de muestra}} \times 100 \quad (3)$$

✓ Luego se establecerá el valor deducido empleando los ábacos administrados por la metodología, que se encuentra en el anexo B, por cada tipo de patología y su nivel de severidad.

Paso 8. En caso que ninguno o únicamente un valor deducido individual sea superior a dos (02), el valor total es utilizado en lugar de calcular el máximo CDV para determinar el PCI; de otra manera, el máximo CDV debe ser calculado usando los siguientes pasos.

- ✓ Los valores deducidos deberán ordenarse de manera descendente formando una lista.
- ✓ Calcular el número de deducciones permisibles, "m", utilizando la siguiente expresión.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \times 100 - HDV < 10 \quad (4)$$

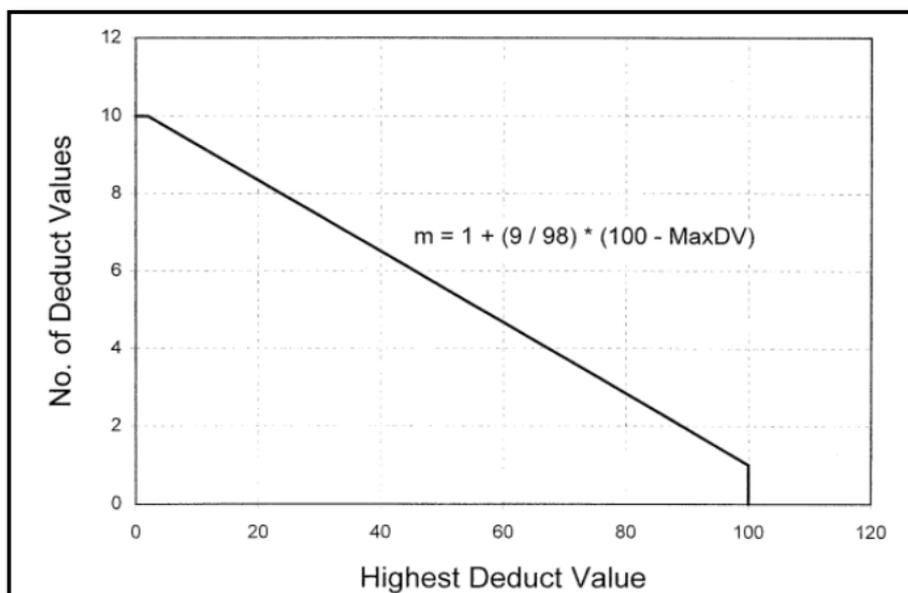
Donde:

m: Número máximo admisible de valores deducidos.

HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

Figura 10

Ajuste del número del valor deducido



Nota. Formato aplicado para el cálculo del Valor Deducido para la metodología del PCI, extraído de la norma (ASTM, 2003).

✓ Hallar el máximo valor deducido corregido CDV, de manera iterativa apoyándonos en la ficha siguiente.

Tabla 22

Formato para las iteraciones del cálculo del CDV

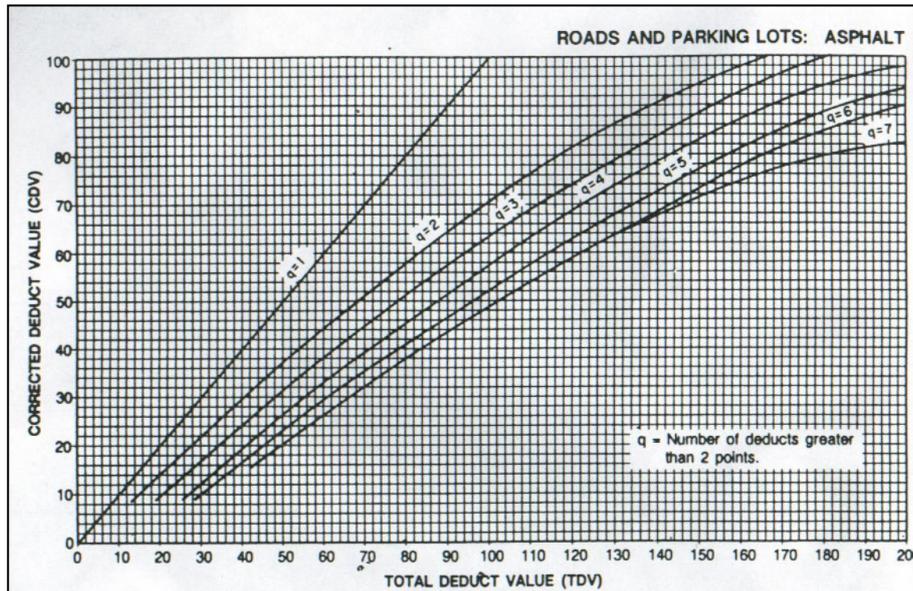
N°	Valor Deducido	Total	q	CDV
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Nota. Formato aplicado para el cálculo del máximo valor deducido corregido CDV.

✓ Determinar la cantidad de valores deducidos, "q", superiores a 2.
 ✓ Obtener el valor de CDV a partir del valor deducido total (CDT) y del valor de "q" apoyándonos del gráfico de curvas de valor deducido corregido para pavimentos flexibles

Figura 11

Valor deducido corregido para pavimentos asfálticos



Nota. Abaco aplicado para el cálculo del Valor Deducido Total para la metodología del PCI, extraído de la norma (ASTM, 2003)

- ✓ Determinar el “Valor Deducido Total” (CDT) realizando una sumatoria a la totalidad de los valores deducidos individuales.
- ✓ Mermar a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 e iterar el proceso antes mencionado con el fin de que “q” nos dé un valor igual a 1.
- ✓ El mayor valor CDVs, es el máximo CDV calculado.

Paso 9. Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV.

$$PCI = 100 - Max\ CDV \quad (5)$$

2.2.3.3. Tipo de mantenimiento según categorización del PCI

De acuerdo al cálculo del PCI obtenido se asume una acción de intervención para la sección de la vía estudiada. Así mismo con el valor del PCI resultante podemos determinar el estado de condición del pavimento, siguiendo diversos manuales disponibles del MTC, y la literatura general, mediante la intervención de mantenimientos correctivos, periódicos, preventivos y/o rutinarios. (Sotil Chávez, 2017, pág. 44)

Tabla 23

Índice de Condición del pavimento (PCI) vs Categoría de Intervención.

Rango de PCI	Intervención	Descripción
100 a 85	Excelente Mantenimiento Preventivo o Mínima.	Pavimento Flexible en estado Muy Bueno: No necesita la intervención de un mantenimiento correctivo inmediatas: eventualmente pueda que intervengan haciendo un mantenimiento mínimo preventiva.
85 a 70	Muy Buena Mantenimiento Correctivo Menor.	Pavimento Flexible en estado Bueno, con inicios de patologías iniciales por ellos se recomienda intervenir con un mantenimiento correctivo inmediato y/o en la corta duración.
70 a 55	Buena Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensiva.	Pavimento Flexible en estado regular o dudoso, con patologías visibles que solicitan ser intervenidas haciendo mantenimientos correctivos constantes y posiblemente una rehabilitación a mediano plazo. Se recomienda aplicar las siguientes intervenciones: sello superficial y/o recapeo.
55 a 25	Pobre Rehabilitación - Refuerzo Estructural.	Pavimento Flexible en estado defectuoso con patologías recientes, que necesitan ser intervenidas con una rehabilitación en el corto periodo para eludir el aumento de severidad de las patologías en crecimiento.
< 25	Muy Pobre y Colapsado Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento Flexible en estado muy deficiente, estas presentan daños severos en la estructura del pavimento, es necesario aplicar una Rehabilitación / Reconstrucción total del pavimento.

Nota. Se puede apreciar el tipo de intervención de al pavimento de acuerdo al rango del índice de Condición del Pavimento extraído de (Sotil Chávez, 2017).

2.2.4. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

2.2.4.1. Regularidad

La seguridad y el confort son las sensaciones generadas por la regularidad en vías ya que con peculiaridad el conductor del vehículo las percibe al transitar en una carretera. Es importante mencionar que el conductor tiene mayor consideración a la regularidad superficial que la capacidad de resistir cargas de la vía en sí; ya que la capacidad portante es tomada en cuenta cuando aparecen depresiones y otros desplazamientos estructurales deteriorando la vía.

La regularidad superficial es la aparición principal en la superficie de la carretera (capa de rodadura) que depende de su perfil longitudinal, así como también de las propiedades mecánicas de medio móvil terrestre y su velocidad de éstos con la que transitan sobre el pavimento (Sánchez y de Solminihac, 1989).

En algunas bibliografías consideran que la rugosidad y la regularidad son definiciones distintas, a pesar de ello se utilizara el término Regularidad, para mencionar a las irregularidades que se generan en la superficie de rodadura del pavimento y que influye de una forma desfavorable en el confort y seguridad en el tránsito, congestión vehicular, costos de operación, etc.

Es importante tener en cuenta la regularidad superficial del pavimento al inicio o a lo largo de su periodo de funcionalidad ya que se facilitará definir e asignar las acciones de intervención de mantenimiento o rehabilitación requeridos y correctivos con el objeto de brindar una serviciabilidad adecuada (Badilla, 2009).

2.2.4.2. Definición del IRI

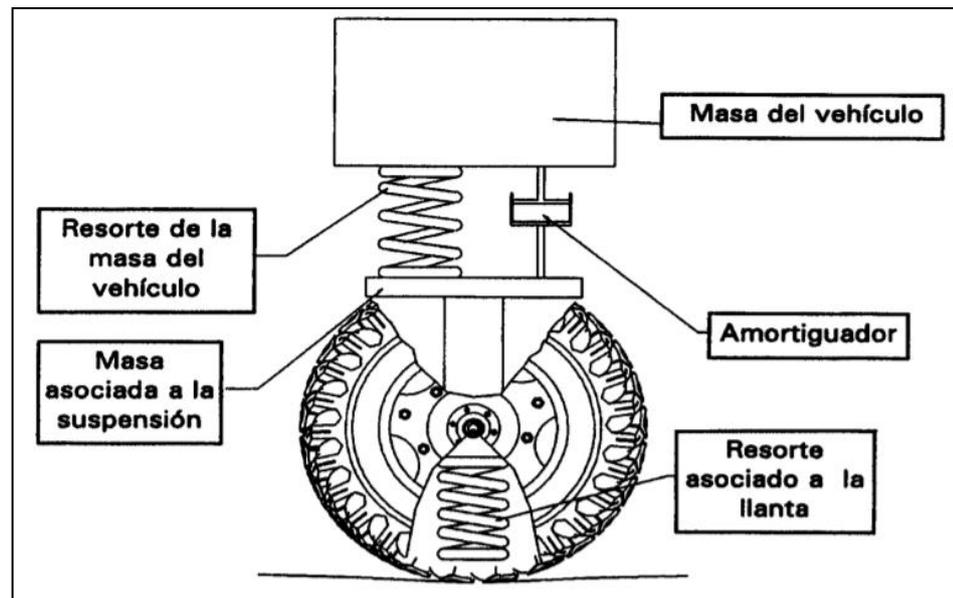
El concepto teórico del IRI se planteó de la siguiente forma: “El IRI sintetiza matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de medio vial en una huella, interpretando las ondulaciones provocadas por la rugosidad de la vía en un vehículo, está interpretado por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, para una velocidad de viaje de 80 km/h”. A este respecto, se puede indicar que el valor de IRI se concretó a consecuencia de definiciones relacionadas a la mecánica de vibración de los sistemas variables dinámicos, por ello, basándose en un modelo que aparentó al movimiento de la suspensión acumulado por un medio móvil al

transitar por una establecida tramo de la vía, a 80 km/h. de velocidad promedio; esta hipótesis mencionada es conocido como el “Modelo de cuarto de carro” (Montoya, 2006).

Entonces con esto podemos determinar que, la rugosidad es la variación de una superficie definida en relación a una superficie idealmente plana.

Figura 12

Representación gráfica del modelo matemático de "un cuarto de carro"



Nota. En la figura se puede observar la representación gráfica la metodología aplicada para el cálculo de la rugosidad, adaptado de (Romero y Lozano, 1995).

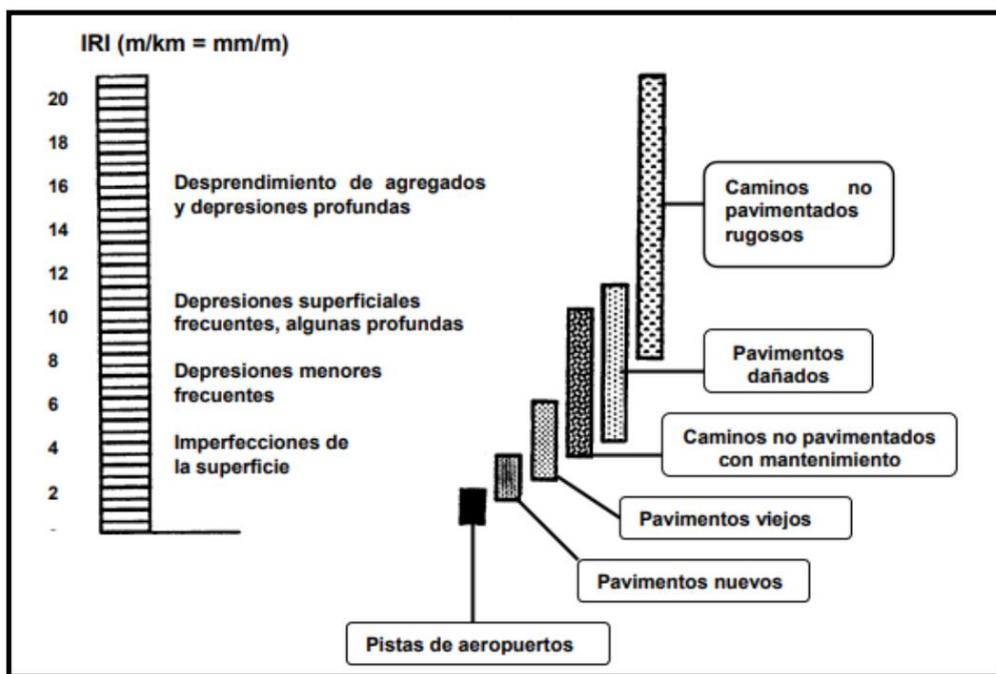
- ✓ Las unidades de medición deben ser en in/mi, mm/m o m/km.
- ✓ Se emplea una escala numérica gráfica con valores que van desde 0, superficie perfectamente plana y sin irregularidades y 12 una vía intransitable
- ✓ Cuando el IRI tiene un valor igual a 0, significa que la superficie tiene una pendiente continua sin anomalías, por lo que la pendiente no afecta en el valor del IRI.

La estructura de un pavimento de la carretera tiene una serie de propiedades funcionales y técnicas, que surgen de especificaciones y criterios de construcción según su planificación. Su condición está sujeto al desgaste o deterioro producto al tránsito, los factores climáticos, entre otros.

A nivel de red, en base a la toma de mediciones de las irregularidades de una vía, podemos determinar la condición del pavimento a través del índice de rugosidad; y mediante un control de inspección anual en la misma vía se puede deducir el comportamiento del daño a lo largo de su periodo de vida útil. (Arriaga, Garnica, & Rico, 1996).

Figura 13

Las características de los pavimentos y Escala de valores del IRI



Nota. En la figura se puede observar la representación gráfica del estado de rugosidad del pavimento, adaptado de (Corros, Urbáez, y Corredor, 2009)

Tabla 24

Estado vial según valores de rugosidad para el país de Perú

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

Nota. En la tabla se aprecia el estado de Rugosidad del pavimento acorde a los valores de IRI obtenidos (Sotil Chávez, 2017).

2.2.4.4. Métodos para medir la rugosidad superficial del pavimento.

a) Métodos clase 1: Métodos exactos

Se les considera como Métodos clase 1 al perfilómetro TRRL (Transport and Road Research Laboratory) Beam, como también, el método con mira y nivel de ingeniero ya que se clasifican como un equipo que brinda valores más exactos para el cálculo del IRI. Que logran determinar la regularidad de la rasante de un camino, con medidas distanciadas cada 25 cm y cotas con una precisión de 0.5 mm (del Águila, 1999).

b) Métodos clase 2: Perfilómetros estáticos y dinámicos

En esta categoría aplican el uso de evaluaciones estáticas utilizando equipos casi iguales a los de Clase 1 o perfilómetros de alta velocidad, sin embargo brinda resultados con grados inferiores de exactitud. Los perfilómetros de alta velocidad son, el APL Trailer y GMRtype Inertial Profilometer. Así como los métodos Clase 1, también los métodos Clase 2, determinan la rugosidad en unidades IRI aplicando programas de software, en función en patrones matemáticos que demuestran la resultante dinámica que proyecta el sistema de amortiguamiento de un vehículo automotor, al “transitar” por la rasante proyectada. De esta respuesta se concluye finalizando la magnitud de desplazamiento acumulado vertical por unidad de medida, en m/km y esto se le otorga la denominación de IRI (del Águila, 1999).

c) Métodos clase 3: Estimaciones del IRI mediante correlaciones

El método Clase 3 tiene el RTRRMS (Response-Type Road Roughness Measuring System), también son llamados “tipo respuesta”, ya que establece la rugosidad en base a la captación del desplazamiento relativo que explora el sistema de amortiguamiento de un vehículo ligero o pesado, al transitar sobre la estructura vial. Las mediciones realizadas aplicando los métodos Clase 3 están en relación de las propiedades no mecánicas sino dinámicas de un vehículo automotor, para brindar los caracteres de regularidad que se pueda relacionarse con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Aunque, con el tiempo, las características dinámicas

por cada vehículo cambian, por consiguiente, la medición directa debe ser correlacionada con el IRI en función de una ecuación de graduación.

Por otra parte, la clase 3 también considera métodos que utilizan otros tipos de equipos con el fin de obtener el valor de la rugosidad, que sean aptos para establecer parámetros relativamente correlacionados con la escala del IRI. Los métodos Clase 3 tienen diferentes tipos de equipos, tales como el NAASRA Meter (Australiano), Bump Integrator (Inglés), Mays Meter (Norteamericano), entre otros, estos métodos acuden a la utilización de una ecuación de relación para el cálculo del IRI (del Águila, 1999).

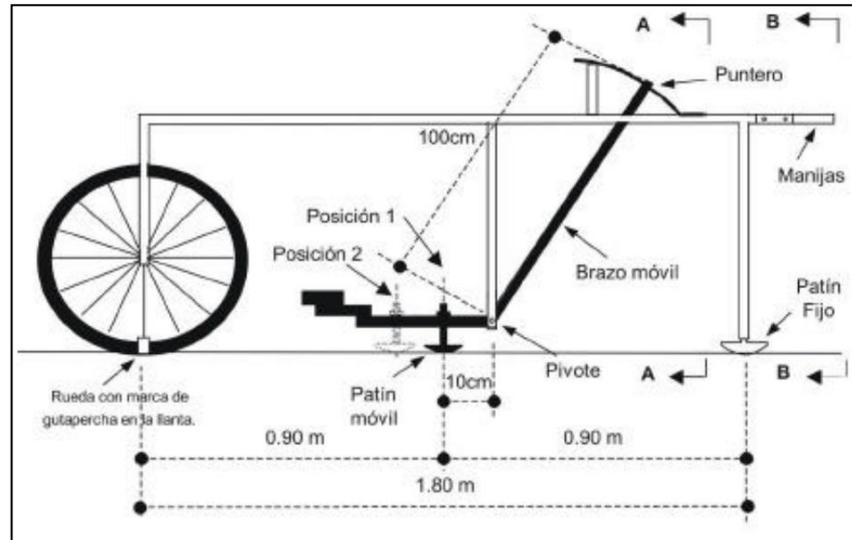
d) Métodos clase 4: Valoraciones subjetivas y medidas sin calibrar

En algunos casos se recurren a información de rugosidad sin importar la precisión o simplemente es imposible conseguir valores precisos; aun así, se requiere correlacionar las cantidades a la escala del IRI. En esta situación se puede aplicar a una evaluación intrínseca, como una inspección visual o un análisis previo recorriendo el camino. Otra alternativa es usar las medidas resultantes de un método y/o equipo sin calibrarse, tal como un RTRRMS (del Águila, 1999).

2.2.5. Rugosímetro Merlín

El Rugosímetro MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation) fue creado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), en función del principio del perfilómetro estático, con el propósito de brindar un equipo de fácil manejo, costo bajo y un método de cálculo sencillo con datos de salida confiables.

El MERLÍN cumple un diseño no muy compleja, como se muestra en la figura 14; donde se puede observar las partes del instrumento MERLIN. Está elaborado por un marco formado por un elemento horizontal y dos verticales. Tiene un elemento vertical delantero que otorga la operación y desplazamiento a través de una rueda, por el lado posterior cuenta con dos soportes que sirven de apoyo, uno por el lado izquierdo, para que el equipo pueda descansar y la del lado derecho tiene como función permanecer fijo el equipo sobre la superficie durante las evaluaciones. Así mismo se tiene un elemento horizontal que se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que facilitan la movilización del equipo, generando movimiento en la rueda de manera similar a una carretilla (del Águila, 1999).

Figura 14*Rugosímetro Merlín*

Nota. Se aprecia las partes del equipo del rugosímetro de MERLIN extraído de (del Águila, 1999).

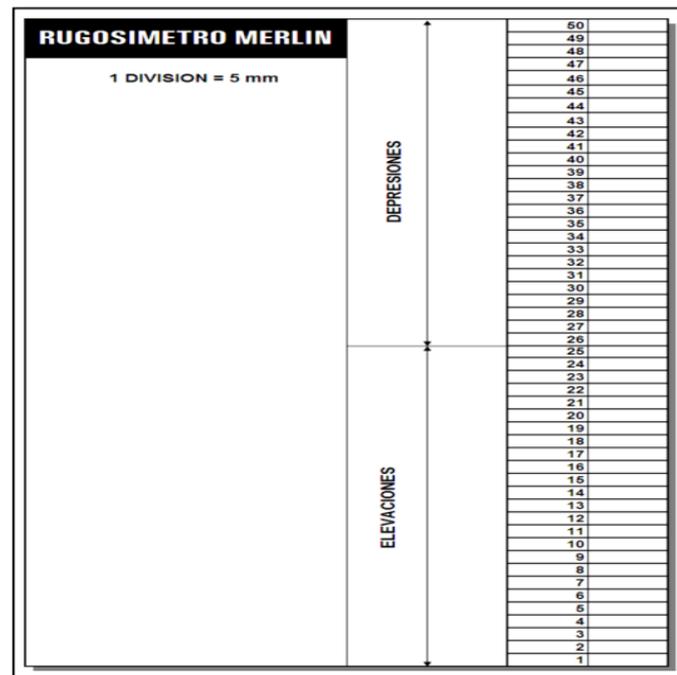
En el centro del elemento horizontal, se traza y proyecta una barra vertical la cual no tiene contacto con la superficie, del cual en la punta inferior rota un brazo móvil con movimientos ascendentes y descendentes.

Mediante un patín empernado y ajustable, el extremo inferior del brazo móvil se encuentra en contacto directo con la superficie del suelo, este patín se adapta a las irregularidades e desviaciones que presenta el suelo a evaluar, en tanto en el extremo superior se encuentra un indicador o puntero que se mueve sobre el contorno de una escala (tablero), acorde a la ubicación que adecua la punta inferior del patín móvil al tener contacto con la superficie de rodadura (del Águila, 1999).

Para tomar lectura del valor que marca el puntero, se hace uso de una escala gráfica y numérica presentada en el tablero del rugosímetro de MERLIN, la cual está conformada por 50 partes, con una altura de 5 mm, como se aprecia en la Figura 15.

Figura 15

Escala para calcular las desviaciones del pavimento



Nota. Formato de tablero con representación de la escala gráfica numérica para la interpretación del nivel de referencia con la cuerda promedio, adaptado de (del Águila, 1999).

2.2.5.1. Fundamentos teóricos

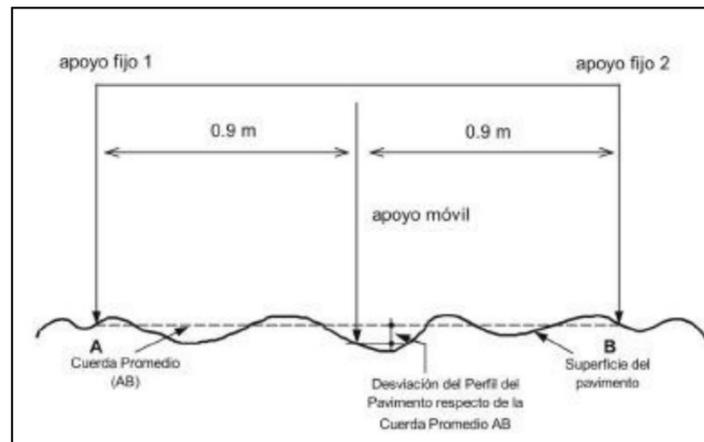
Para el cálculo de la rugosidad de un pavimento está en función de la medición y evaluación de las desviaciones de la superficie de rodadura de algún pavimento haciendo uso de sus distribuciones, en relación de una cuerda o superficie promedio. La figura N°16 se aprecia como el Rugosímetro MERLIN realiza las mediciones al desplazamiento que existe verticalmente entre la

superficie de rodadura del pavimento y una longitud constante imaginaria situada en punto medio.

El desplazamiento es también llamado como “la desviación respecto a la cuerda promedio” (del Águila, 1999).

Figura 16

Desviaciones respecto a la cuerda promedio.



Nota. En la figura se muestra la demostración del cálculo de la rugosidad en el punto a evaluar adaptado de (del Águila, 1999)

El largo de la cuerda promedio es 1.80m, ya que se considera la distancia que generan los resultados más óptimos en sus correlaciones. De igual modo, se ha establecido el requerimiento de medir 200 desviaciones, es decir lecturas, en relación de la cuerda imaginaria promedio, de forma secuencial en toda la vía considerando para su medición un intervalo firme y constante.

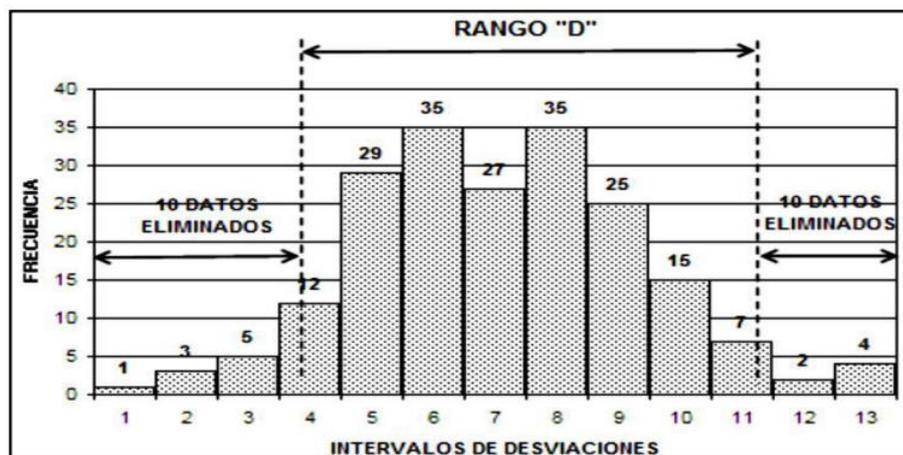
De acuerdo a las premisas antes mencionadas, se necesita para el desarrollo y cálculo de la rugosidad (IRI), tener completo entendimiento del comportamiento de la variabilidad de la superficie de acuerdo a desplazamientos verticales, para este fin se requiere la toma de 200 lecturas con el fin de generar un histograma de distribución, de tal modo que nos permita realizar la medición de la dispersión de la desviación y correlacionarla con la una escala estándar de la regularidad, tal y como se observa en la figura 17.

El intervalo de desviaciones que determinan la dimensión de la dispersión se considera como el rango de la muestra (D), analizando luego de realizar la

eliminación del 10% de datos, tanto de la cola superior e inferior del histograma. El valor D es la rugosidad del pavimento en “Unidades MERLIN” (del Águila, 1999).

Figura 17

Histograma de la distribución de frecuencias



Nota. En la figura se aprecia el Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva (del Águila, 1999)

2.2.5.2. Correlaciones D versus IRI

Para correlacionar la rugosidad obtenida (D) establecido con el rugosímetro Merlín, en función al Índice de rugosidad internacional (IRI), se hará uso las condiciones siguientes:

- Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D \dots (1)$
- Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D \dots (2)$

La condición (1) es la ecuación general creada por el TRRL realizando simulaciones sistematizadas, de acuerdo a la investigación que tuvo desarrollo en el país de Brasil en 1982, donde se evaluó las vías con el Ensayo Internacional de la rugosidad, brindó una ecuación de correlación para evaluar la serviciabilidad de los caminos puestos en servicio, sean del tipo que sean, siempre y cuando su rugosidad este dentro del intervalo indicado.

La condición 2 es la ecuación creada conforme a la experiencia realizada en Perú y luego de ponerla a prueba, al ser evaluada en superficie de rodadura de una longitud de 3 000 metros, donde se identificó que la ecuación del TRRL no

representa confiabilidad al realizarse en caminos asfálticos nuevos o que presenta muy pocas patologías, por consiguiente se procedió a elaborar una ecuación que permita realizar una evaluación superficial en pavimento nuevos y/o recién construidos (Jaime , 2016).

2.2.5.3. Pasos para calcular el IRI

Paso 1. Primero se debe calibrar el equipo sobre una superficie lisa y horizontal, el puntero debe marcar la posición en el intervalo número 25 del tablero y se le considerada como lectura inicial (LI) a ese valor, de no dar ese valor, y para nivelar y/o calibrar el equipo se ajustará el patín móvil.

Paso 2. Luego se procederá a medir el espesor de la pastilla de calibración (EP), obteniendo un promedio los cuatro valores diametralmente posibles de la pastilla.

Paso 3. Por consiguiente el patín móvil del equipo se colocará sobre la pastilla y se anotara la posición numérica que marca en el tablero, este valor se denominada como lectura final (LF).

Paso 4. Con los valores obtenidos, se determinara del factor de corrección (F.C) aplicando la siguiente operación.

$$F.C. = (EP \times 10) / ((LI - LF) \times 5) \quad (6)$$

Paso 5. Cumpliendo los anteriores pasos, se tomara registro de 200 lecturas consecutivamente a lo largo de la sección evaluada. Estas lecturas debe ser tomadas a cada 2m de distancia al momento de estacionar el equipo MERLIN, o sea que cada evaluación concluye al cumplir una vuelta completa a la rueda, y esta secuencia se itera hasta finalizar toda la sección de la vía estudiada.

Paso 6. Obtenidas las 200 lecturas de desviaciones, se procede a elaborar el histograma de frecuencia de la zona de muestreo.

Paso 7. Se determina el rango D, según el ancho del histograma luego que se realice un descarte del 5% de los valores de cada extremo superior e inferior, por lo que se eliminaran 20 lecturas teniendo en cuenta las fracciones producto de los valores eliminados o no tomados en cuenta.

Paso 8. El rugosímetro de MERLIN toma dos posiciones para el brazo móvil que tiene el patín que pivotea:

- a) Ubicación del patín móvil a una distancia de 0.1 m del punto que pivotea, la relación de brazos usada será de 1 a 10.
- b) Ubicación del patín móvil a una distancia de 0.2 m del punto que pivotea, la relación de brazos usada será de 1 a 5. Al usar dicha ubicación, el valor calculado debe ser multiplicado por un factor de 2.

Paso 9. Teniendo en consideración el Paso 08, se hará la corrección del rango D denominado "D corregido" el cual deberá modificarse teniendo en cuenta la relación de brazos (R.B.) y el factor de corrección (F.C.). El valor que se obtenga de dicha ecuación será la rugosidad en "Unidades Merlín".

$$D_{\text{corregido}} = RB \times FC \times D \quad (7)$$

Paso 10. Determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Para convertir el valor de rugosidad calculado que se encuentra en unidades MERLIN a la escala nominal del IRI, se empleará las siguientes ecuaciones:

- a) Cuando $2,4 < IRI < 15,9$ o $D \geq 40$ mm, entonces:

$$IRI = 0,593 + 0,0471 \times D \quad (8)$$

- b) Cuando $IRI < 2,4$ o $D < 40$ mm, entonces:

$$IRI = 0,0485 \times D \quad (9)$$

Donde:

IRI: Índice de rugosidad internacional (m/km)

D: Rugosidad en unidades Merlín (mm)

Paso 11. Para el caso de pavimentos flexibles en mantenimiento o nuevos, la rugosidad o regularidad superficial se realizará determinando el IRI característico aplicando la ecuación siguiente:

$$IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 \sigma \quad (10)$$

Donde:

IRI_c: IRI característico.

IRI_{prom}: IRI promedio.

σ : Desviación estándar.

2.2.5.4. Relación entre IRI y PSI

Para el cálculo del rango de serviciabilidad del pavimento se aplica el parámetro llamado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), por lo que determina la condición tomando en cuenta la funcionalidad y/o capacidad de servicio actual de la vía estudiada, definiciones que fueron establecidos por el equipo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. La escala considerada para el PSI va de valores de 0 a 5, por lo que su estado óptimo es el valor máximo que se puede adoptar.

En el Perú, el cálculo analítico del PSI se emplea usando la ecuación establecido por William Patterson en 1987, la cual relaciona el Índice de Serviciabilidad con la Rugosidad. Esta ecuación, es una relación elaborada haciendo uso de la base de información de datos del ensayo internacional sobre rugosidad de caminos, ejecutado en el país de Brasil en 1982.

$$IRI = 5,5 \ln \left(\frac{5,0}{PSI} \right) \quad (11)$$

$$PSI = \frac{5,0}{e^{\left(\frac{IRI}{5,5}\right)}} \quad (12)$$

Donde:

IRI: Índice de rugosidad internacional

PSI: Índice de serviciabilidad del pavimento

Según del Águila (1999), “La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos:” (p. 02).

2.2.6. Transitabilidad

La definición de "transitabilidad" en el país de Perú se conceptualiza como una condición de "disponibilidad de uso". En óptimas condiciones que reúna condiciones de confort y proporcione un recorrido seguro para el usuario, en otras palabras, que se encuentre siempre a libre tránsito público, por encima de causas de "emergencias viales" que pudieran cortarlo (Atarama , 2015).

Tabla 25

Escala de serviciabilidad en relación con la transitabilidad

PSI	Estado de transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Nota. En la siguiente tabla se muestra el estado de transitabilidad de acuerdo con el valor obtenido del PSI adaptado de (del Águila, 1999, pág. 2).

2.3. Definición de términos

Índice de Condición de Pavimento (PCI): Se conceptualiza como un grado numérico de la condición de pavimento de 0 a 100, definiéndose 0 la condición más inferior posible y 100 la condición más perfecta posible (ASTM, 2003).

Índice de Rugosidad Internacional (IRI): Es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino (Arriaga, Garnica, y Rico, 1996).

Índice de Serviciabilidad (PSI): Se define como el indicador que representa el nivel de confort y seguridad que brinde a los usuarios, y a su vez permite calificar la transitabilidad (AASHTO, 1993).

Transitabilidad: Se caracteriza por permitir la libre circulación de tránsito y bajo la percepción directa de los usuarios se determina su calidad funcional (Zeballos y Vizcarra, 2020).

Rugosímetro de Merlín: Instrumento de bajo costo diseñado específicamente para medir el desplazamiento vertical entre la rasante del camino y una línea imaginaria de longitud constante con respecto a su punto medio (del Águila, 1999).

Fallas del Pavimento: Son daños externos de alguna capa de la estructura del pavimento ocasionado por las cargas, agentes ambientales, malas prácticas constructivas, o alguna combinación de las razones mencionadas (ASTM, 2003).

Falla Estructural: Los daños estructurales afectan un estado estructural de la estructura del pavimento, las cuales puede ser cualquiera de las diferentes capas del mismo o la capa de superficie. Provocadas por deformaciones verticales y horizontales (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Falla Funcional: Los daños superficiales son ocasionados casi siempre por una deficiencia constructiva, mala calidad de algún insumo o por una condición local particular que el tránsito aqueja. Adicionalmente, pueden derivar de la evolución de deterioros o fallas estructurales (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Mantenimiento Vial: Se define como el conjunto de actividades que se realizan para mantener en buen estado de condición su calidad física en los distintos elementos que conforman el camino y, por consiguiente, asegurar que el tránsito sea cómodo, seguro y económico (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Rehabilitación: Realización de las obras imprescindibles para regresar a la infraestructura vial sus propiedades y características originales, a su vez prepararla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están constituidas característicamente a la reparación, refuerzo y/o recuperación de pavimentos, y otros (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada con enfoque cuantitativa, porque tiene como objetivo determinar el problema.

3.1.2. Diseño de la investigación

No experimental, debido que describe la realidad sin alterar al pavimento flexible ni a su entorno. Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014):

“En un diseño no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.” (p. 152)

Como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 18

Esquema del diseño de investigación



Donde:

M = Es la zona de investigación, Calle Antúnez de Mayolo.

X = Evaluación superficial del pavimento flexible.

R = Resultados de la evaluación superficial.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

Para la presente investigación la población son todas las calles y avenidas con pavimento flexible del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.2.2. Muestra de estudio

La muestra de estudio es la calle Antúnez de Mayolo debido a que es un pavimento flexible urbano, de mucha relevancia en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Variable Independiente

Evaluación superficial utilizando método PCI y el rugosímetro de MERLIN.

Indicadores:

- a) Rugosidad de los pavimentos (IRI).
- b) Patología del pavimento flexible (Clase: Piel de cocodrilo, Bacheos, fisuras longitudinales, etc.; Severidad: Alta, media y baja; Cantidad: ml, m² y Und).

3.3.2. Variable Dependiente

Mejora de la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo.

Indicadores:

- a) Cálculo de la transitabilidad (IRI).
- b) Serviciabilidad (Escala: Muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno).
- c) Mantenimiento de pavimento (Tipo de patología).

Para la evaluación superficial se utilizará el instrumento del rugosímetro de Merlín para recolectar datos de la lectura que nos brindará el equipo y anotarlas en fichas establecidas del manual

Figura 20

Formato para la recolección de datos por el Rugosímetro de MERLIN

HOJA DE CAMPO PARA EL ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN											
Proyecto: Evaluación superficial para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Ca. Antunez de Mayolo mediante el metodo PCI y rugosímetro de MERLIN, Tacna, 2022 Tramo: Calle Antunez de Mayolo Longitud: 400 m Fecha: 18/02/2022 Hora: 12:20:00 p.m. Carril: De Bajada Ensayo N°: 06											
TRAMO 01 KM 0+000 al KM 0+400.00											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
											TIPO DE PAVIMENTO
											AFIRMADO
											BASE GRANULAR
											BASE IMPRIMADA
											TRATAMIENTO BI CAPA
											CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
											CARPETA EN CALIENTE
											RECAPEO ASFALTICO
											SELLO
											OTROS _____

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

En el proceso de levantamiento de información se utilizarán los siguientes insumos:

- Cámara fotográfica, para tomar capturas de las fallas y patologías encontradas.
- Rugosímetro de Merlín, equipo para la evaluación de la regularidad superficial.
- Wincha métrica, de 50 metros para medir las longitudes de la unidad de muestreos según cálculos previos para el método del PCI.

- Cinta métrica, de 5 metros para medir las fallas y patologías registradas en el área de estudio del pavimento.
- Regla metálica, para medir las profundidades de las fallas encontradas en el pavimento.
- Cascos de seguridad, equipo de Protección Personal para en la evaluación del pavimento.
- Zapatos de seguridad, calzado que protege de cualquier tipo de accidentes en campo.
- Mascarilla descartable, accesorio personal para evitar el contagio del Covid-19.
- Cono de Seguridad, elemento de seguridad, que se utilizara para aislar el área de estudio del tráfico de los vehículos.
- Tizas o Yeso, para marcar y delimitar las unidades de muestra a evaluar según la metodología PCI.
- Laptop, instrumento de trabajo para la recolección y procedimiento de datos.

3.5. Procedimiento y análisis de datos

Para el tratamiento y análisis de los datos recolectados en la inspección visual como parte del trabajo de campo efectuado, hemos usado tablas, figuras y gráficos con datos numéricos y porcentuales, establecidas bajo esta metodología que permitan evidenciar la verdadera situación que atraviesa el pavimento flexible en la Calle Antúnez de Mayolo.

3.5.1. Procedimiento de recolección de datos con el Método del PCI

a) Equipo

- Los equipos empleados para ejecutar la inspección fueron:
- Wincha Métrica de 50 metros para acotar distancias de la vía.
- Cinta métrica de 5 metros para medir las fallas y patologías existentes.
- Regla metálica para referenciar y medir profundidades de las fallas.
- Tiza o Yeso para marcar y delimitar las distancias de la vía.
- Conos de seguridad reflectivos, Equipo de Protección Personal (Casco de Seguridad, Zapatos de Seguridad y mascarilla descartable

b) Procedimiento

El procedimiento para levantamiento de información:

Paso 1. Se seleccionó el área de estudio, para esto se consideró el tipo de la vía y diseño geométrico de la vía.

Tipo de Vía = Pavimento Asfáltico
 Longitud Total de la Vía = 2 000 m
 Ancho de la Vía = 6,40 m

Paso 2. Para determinar la longitud de unidad de muestreo (L_m), se hará uso de la tabla N° 21 “Longitud de Unidad de Muestreo Asfáltico” el cual se considera los parámetros mencionados del ítem i, el tamaño de muestra será una área de 230,27 m² valor que será empleado en la evaluación, a través de una interpolación de datos la unidad de muestra constará de una longitud de 35,98 m y un ancho de 6,40 m.

Tabla 26

Calculo de la longitud de unidad de muestreo (L_m)

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (L_m)
6,00	38,30
6,40	35,98
6,50	35,40

Paso 3. Por siguiente, se resolvió la cantidad mínima de unidades para muestro “n” mediante la ecuación (1) sustentada en el paso 3 ítem 2.2.3.2, para ello se hallará el número de muestra totales (N).

$$N = \frac{L_t}{L_m}$$

$$N = 2\,000/35,98$$

$$N = 55,59 \equiv 55 \text{ muestras}$$

Al redondear el resultado del número de muestra total (N) se tendrá que corregir la Longitud de Unidad de muestreo (Lm):

$$L_m = \frac{L_t}{N}$$

$$L_m = 2\,000/55$$

$$L_m = 36,36 \text{ m}$$

$$\text{Área de muestreo } A = 36,36 \times 6,40 = 232,70 \text{ m}^2$$

Finalmente se podrá hallar el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar (n), la cual se empleó en la ecuación (1):

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad (13)$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo = 56 muestras

e: Error admisible (e=5%)

σ : Desviación estándar = 10 (Se asumió una desviación estándar del PCI de 10 para pavimento de concreto asfáltico)

$$n = \frac{55 \times (10)^2}{\frac{5^2}{4} \times (55 - 1) + (10)^2}$$

$$n = 13 \text{ unidades de muestreo}$$

Entonces, el número mínimo de unidades de muestreo, será 13 unidades tanto el carril izquierdo como derecho.

Paso 4. Se hallará la unidad de muestra a inspeccionar, para lo cual se empleó la ecuación N° 2 que ayuda a determinar el intervalo de muestreo, dando como resultado:

$$i = N/n$$

$$i = 55 / 13$$

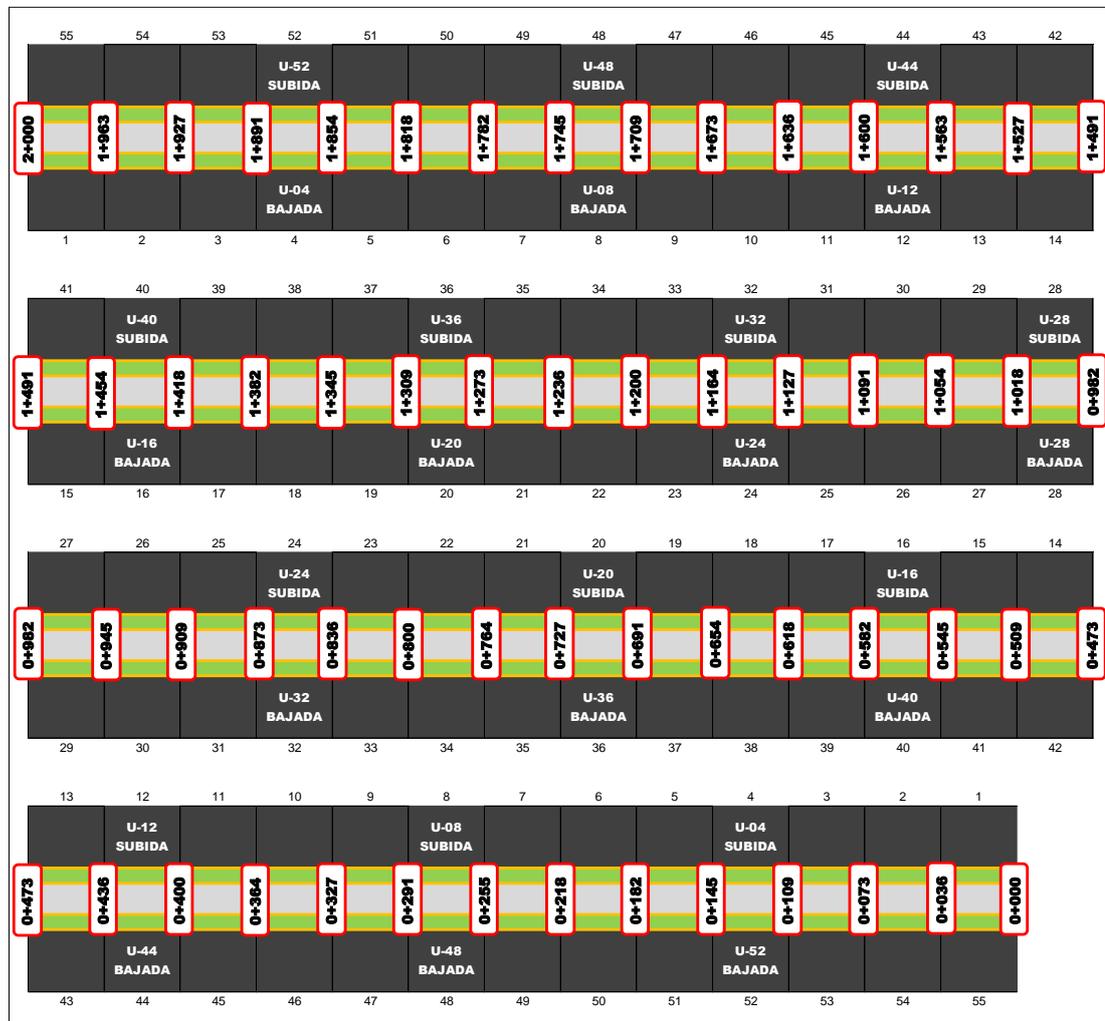
$$i = 4,23 \Rightarrow i = 4 \text{ (se redondea al número entero inferior)}$$

La elección de estas unidades en el área de estudio se evaluará empezando de la cuarta muestra inicial y luego se intervendrá cada cuarto muestreo siguiente, con una longitud de muestreo de 36,36 m hasta llegar a los 2 km.

Gráfico unidades de muestra seleccionadas para inspección (i):

Figura 21

Gráfico de la selección de las unidades de muestreo a evaluar



Paso 5. Como quinto paso se evaluó particularmente cada unidad de muestra escogida de 36,36 m, utilizando los formatos de levantamiento de datos, donde se registró el tipo de patología y la unidad de medida de este, como también se reconoció el nivel de severidad, las patologías pueden estar en unidades de metro cuadrado, metro lineal o unidad según sea el tipo de falla registrada.

Los parámetros en función a la metodología en mención son los siguientes:

- ✓ Tipo de Patología: según la metodología de evaluación del PCI, se considera 19 tipos de patologías.
- ✓ Severidad: Se clasifican en tres niveles de severidad (bajo, medio o alto) dependiendo de las secciones deterioradas que presenta la falla.
- ✓ Densidad: Es el área que ocupa la patología anotada, esta depende del tipo y la unidad de medición.

c) Toma de datos

Se tomaron en consideración un total de 26 unidades de muestra a inspección, 13 para el carril de bajada y 13 para el carril de subida la cual se registró en la ficha técnica del Método del PCI.

Las unidades de muestreo para inspeccionar serán: N°04, N°08, N°12, N°16, N°20, N°24, N°28, N°32, N°36, N°40, N°44, N°48, N°52, tanto para el carril de subida y el carril de bajada.

Las fallas más importantes en la inspección de campo que se desarrolló en la Calle Antúnez de Mayolo, se visualizan en las siguientes fotografías:

Figura 22

Falla: Desprendimiento de agregados de severidad Media



Nota. En la Figura 22. Se observa el reconocimiento de la falla Desprendimiento de Agregados en el Tramo 8 de Subida, con una severidad de nivel Medio ocupando toda el área de muestreo 232,70 m².

Figura 23

Falla: Parcheo con una severidad alta



Nota. En la Figura 23. Se observa la falla Parcheo en el Tramo 48 de Bajada, con una severidad de nivel Alta con un área de muestreo 3,20 m².

Figura 24

Falla: Bacheo con severidad Media



Nota. En la Figura 24. Se observa la falla Bacheo o Huevo en el Tramo 32 de Bajada, con una profundidad de 4,00 cm y un diámetro de 4,50 cm considerándose una severidad de nivel Media.

Figura 25

Falla: Ahuellamiento de severidad Media



Nota. En la Figura 25. Se registró la falla Ahuellamiento en el Tramo 24 de Subida, con una severidad de nivel Media con un área de muestreo 2,90 m².

3.5.2. Procedimiento de recolección de datos con el Rugosímetro de MERLIN

a) Equipo

Los equipos empleados para realizar la evaluación fueron:

- Rugosímetro de MERLIN.
- Conos de seguridad reflectivos, Equipo de Protección Personal (Casco de Seguridad, Zapatos de Seguridad y mascarilla descartable).

b) Procedimiento

El procedimiento para el levantamiento de datos para este método fue:

Paso 1. Se empezó haciendo la nivelación y/o calibración del Rugosímetro de MERLIN, situando el equipo sobre una superficie nivelada, plana y lisa para consiguiente acomodar sus puntos de apoyo con el fin de nivelar el equipo y el puntero señale el intervalo 25.

Figura 26

Calibración del equipo MERLIN



Nota. En la Figura 26. Se observa la calibración del equipo.

Paso 2. Colocamos el equipo de MERLIN en a Prog. 0+000 de la evaluación y registramos la primera lectura (L_i), luego con la pastilla de calibración colocada se registró la lectura final (L_f), este desarrollo ayuda a calcular el factor de corrección. Igualmente se debe establecer el espesor de la pastilla en mm, esto será el promedio de cuatro mediciones diametralmente opuestas.

Figura 27

Evaluación del equipo MERLIN en el área de estudio



Nota. En la Figura 27 se observa el registro de la primera lectura del carril de subida.

Paso 3. Para ejecutar el ensayo, se necesitó una cuadrilla de personal, dos asistentes que colaboren a la vez; un operador que maneje el equipo y dicte las lecturas y el otro asistente que registre las lecturas en la ficha, también se tuvo un asistente encargado de la seguridad colocando los conos reflectivos.

Figura 28

Manejo del Equipo de MERLIN en campo de estudio



Nota. En la Figura 28 se presencia al operador del equipo de MERLIN quien dicta las lecturas que se registra del equipo y también se observa al compañero quien apunta las lecturas en la ficha de campo.

Paso 4. Se comenzó el ensayo por el sentido de subida fijándose así como punto inicial en el empalme con la Av. Municipal y punto final en la Ca. Aurelio García, el método de ejecución inicia con la manipulación de las manijas del equipo para desplazarlo a una longitud constante, para este caso se referenciará la rotación completa de la rueda (2 m aproximadamente), después el equipo descansa en sus 3 apoyos y se levanta la información según la posición que adopta el puntero según señale su indicador en cualquiera de los intervalos entre el 1 al 50 de la escala gráfica del equipo, el dato visualizado será escrito en las fichas de campo. Así consecutivamente hasta concluir las 200 lecturas de las irregularidades que tenga la capa de rodadura de la Calle Antúnez de Mayolo, en una longitud de 400 m en cada ficha de evaluación.

Figura 29*Evaluación con el Rugosímetro de MERLIN*

Nota. En la Figura 29 se observa la evaluación de la rugosidad en el carril de subida de la calle de Antúnez de Mayolo, usando el equipo del rugosímetro de MERLIN.

Paso 5. Volvemos a ejecutar el paso 04. Hasta realizar los 2 km del área de evaluación, así mismo se evaluará para el carril de bajada que se consideró como punto inicial en el empalme del Ca. Aurelio García y como punto final en la Av. Municipal.

Figura 30*Evaluación con el Rugosímetro de MERLIN*

Nota. En la Figura 30 se observa la evaluación de la rugosidad en el carril de bajada de la Calle de Antúnez de Mayolo, usando el equipo del rugosímetro de MERLIN.

c) Toma de datos

El total de fichas de campo registrados para la calle Antúnez de Mayolo con una longitud de 2 km fue de 10 ensayos, 5 para el carril de subida y 5 para el carril de bajada.

CAPÍTULO IV : RESULTADOS

4.1. Resultados aplicando el método del PCI

Para los resultados de la evaluación superficial utilizando la metodología PCI, se hizo uso de la ficha que se observa en la Figura 19, en dicho formato se registraron las fallas encontradas en los tramos previamente seleccionados en el ítem 3.5.1. Procedimiento de recolección de datos con el Método del PCI, añadiendo las dimensiones y el nivel de severidad de la falla, luego se usaron los ábacos proporcionados en el anexo 02 “Curvas del valor deducido de las fallas superficiales, según el PCI” para determinar el valor deducido, dando como resultado el índice de condición del pavimento de la calle Antúnez de Mayolo.

Tabla 27

Relación de las Unidades de Muestreo a intervenir según Método PCI

Carril de Subida	Carril de Bajada
Tramo 01 - Unidad 04	Tramo 02 - Unidad 04
Tramo 01 - Unidad 08	Tramo 02 - Unidad 08
Tramo 01 - Unidad 12	Tramo 02 - Unidad 12
Tramo 01 - Unidad 16	Tramo 02 - Unidad 16
Tramo 01 - Unidad 20	Tramo 02 - Unidad 20
Tramo 01 - Unidad 24	Tramo 02 - Unidad 24
Tramo 01 - Unidad 28	Tramo 02 - Unidad 28
Tramo 01 - Unidad 32	Tramo 02 - Unidad 32
Tramo 01 - Unidad 36	Tramo 02 - Unidad 36
Tramo 01 - Unidad 40	Tramo 02 - Unidad 40
Tramo 01 - Unidad 44	Tramo 02 - Unidad 44
Tramo 01 - Unidad 48	Tramo 02 - Unidad 48
Tramo 01 - Unidad 52	Tramo 02 - Unidad 52

Figura 32

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 08

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE			
PROYECTO:	*EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022*		
TRAMO :	N° 01	ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 8	FECHA :	20/02/2022
SENTIDO :	Subida	EVALUADORES :	
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+254,52	Marlon Mijahel Alvarado Quispe	
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+290,88	Abrahán Ismael Laura Santos	
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m		

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m ²
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Ahuellamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	232,70								232,70	100,00	78,80
Total VD :												78,80	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 2,95
 Valor deducido más alto HDV : 78,80

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78,80										78,80	1	78,80
Máx. VDC													78,80

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): **PCI = 100 - (Máx. VDC)**
21,20

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 08 el valor del PCI = 21,20; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 33

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 12

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	*EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022*
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 12
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+399,96
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+436,32
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
19	DA	H	218,16									218,16	93,75	77,86
Total VD :												77,86		

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **3,03**

Valor deducido más alto HDV : **77,86**

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	77,86										77,90	1	77,90
Máx. VDC												77,90	

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): **PCI = 100 - (Máx. VDC)**
22,14

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 12 el valor del PCI = 22,14; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 34

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 16

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 16
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+545,40
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+581,76
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,10	2,54							4,64	2,00	44,35
11	PA	L	1,44	7,38							8,82	3,79	7,71
19	DA	M	218,16								218,16	93,75	42,55
												Total VD :	94,61

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,11
 Valor deducido más alto HDV : 44,35

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	44,35	42,55	7,71						94,60	3	59,76	
2	44,35	42,55	2,00						88,90	2	63,34	
3	44,35	2,00	2,00						48,40	1	48,40	
											Máx. VDC	63,34

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
36,66

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MALO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 16 el valor del PCI = 36,66; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MALO.

Figura 35

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 20

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 20
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+690,84
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+727,20
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,01							2,01	0,86	31,75
6	DE	M	0,80							0,80	0,34	7,84
19	DA	M	229,07							229,07	98,44	43,11
Total VD :												82,71

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,22
 Valor deducido más alto HDV : 43,11

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,11	31,75	7,84					82,70	3	52,47
2	43,11	31,75	2,00					76,90	2	55,83
3	43,11	2,00	2,00					47,10	1	47,10
Máx. VDC										55,83

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
44,17

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 20 el valor del PCI = 44,17; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 36

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 24

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 24
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+836,28
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+872,64
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,01							2,01	0,86	31,75
15	AH	H	2,90							2,90	1,25	29,72
19	DA	M	225,43							225,43	96,88	42,93
Total VD :												104,40

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,24
 Valor deducido más alto HDV : 42,93

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	42,93	31,75	29,72					104,40	3	65,42
2	42,93	31,75	2,00					76,70	2	55,69
3	42,93	2,00	2,00					46,90	1	46,90
Máx. VDC										65,42

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
34,58

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MALO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 24 el valor del PCI = 34,58; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MALO.

Figura 37

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 28

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 28
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+981,72
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+018,08
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	1,80							1,80	0,77	30,35
19	DA	M	229,07							229,07	98,44	43,11
Total VD :												73,46

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,22
 Valor deducido más alto HDV : 43,11

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,11	30,35						73,50	2	53,45
2	43,11	2,00						45,10	1	45,10
Máx. VDC										53,45

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
46,55

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 28 el valor del PCI = 46,55; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 38

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 32

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 32
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+127,16
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+163,52
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abutamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
2	EX	L	2,04								2,04	0,88	0,00
4	AH	H	2,01								2,01	0,86	31,75
11	PA	H	7,28	5,46							12,74	5,47	39,62
19	DA	M	214,52								214,52	92,19	42,36
Total VD :												113,74	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,29
 Valor deducido más alto HDV : 42,36

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	42,36	39,62	31,75						113,70	3	70,42
2	42,36	39,62	2,00						84,00	2	60,40
3	42,36	2,00	2,00						46,40	1	46,40
Máx. VDC											70,42

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
29,58

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MALO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 32 el valor del PCI = 29,58; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MALO.

Figura 39

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 36

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 36
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+272,60
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+308,96
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abutamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	L	0,28	3,20	1,49					4,97	2,13	5,70
19	DA	M	227,25							227,25	97,66	43,02
Total VD :												48,72

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6,23**
 Valor deducido más alto HDV : **43,02**

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,02	5,70						48,70	2	36,09
2	43,02	2,00						45,00	1	45,00
Máx. VDC										45,00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
55,00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 36 el valor del PCI = 55,00; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 40

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 40

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 40
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+418,04
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+454,40
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abutamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,01	2,54						4,55	1,96	43,94
19	DA	L	145,44							145,44	62,50	13,58
Total VD :												57,51

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,15
 Valor deducido más alto HDV : 43,94

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,94	13,58						57,50	2	42,25
2	43,94	2,00						45,90	1	45,90
Máx. VDC										45,90

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
54,10

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 40 el valor del PCI = 54,10; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 41

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 44

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 44
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+563,48
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+599,84
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
10	GLT	L	15,00	5,00	7,00						27,00	11,60	8,67
13	BA	L	3,00								3,00	1,29	22,88
19	DA	L	232,70								232,70	100,00	15,80
												Total VD :	47,35

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 8,08
 Valor deducido más alto HDV : 22,88

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	22,88	15,80	8,67					47,30	3	29,11	
2	22,88	15,80	2,00					40,70	2	30,49	
3	22,88	2,00	2,00					26,90	1	26,90	
										Máx. VDC	30,49

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
69,51

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 44 el valor del PCI = 69,51; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 42

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 48

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	*EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022*
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 48
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+708,92
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+745,28
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
4	AH	L	5,00	6,00	3,00							14,00	6,02	11,52
11	PA	L	3,84									3,84	1,65	3,67
19	DA	H	10,00									10,00	4,30	29,00
												Total VD :	44,19	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7,52
 Valor deducido más alto HDV : 29,00

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	29,00	11,52	3,67						44,20	3	26,94	
2	29,00	11,52	2,00						42,50	2	31,75	
3	29,00	2,00	2,00						33,00	1	33,00	
											Máx. VDC	33,00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
67,00

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 48 el valor del PCI = 67,00; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 43

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U1 - 52

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 01
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 52
SENTIDO :	Subida
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+854,36
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+890,72
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,00							2,00	0,86	31,69
11	PA	L	2,00							2,00	0,86	2,02
19	DA	L	109,08							109,08	46,88	12,16
Total VD :												45,87

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7,27
 Valor deducido más alto HDV : 31,69

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	31,69	12,16	2,02					45,90	3	28,13
2	31,69	12,16	2,00					45,80	2	34,06
3	31,69	2,00	2,00					35,70	1	35,70
Máx. VDC										35,70

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
64,30

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U1 – 52 el valor del PCI = 64,30; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 44



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
------------------	--

TRAMO :	N° 02	ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m2
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 4	FECHA :	20/02/2022
SENTIDO :	Bajada	EVALUADORES :	
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+854,36	Marlon Mijahel Alvarado Quispe	
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+890,72	Abrahán Ismael Laura Santos	
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m		

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
6	DE	H	5,98								5,98	2,57	22,92
10	GLT	L	10,00								10,00	4,30	3,10
19	DA	L	199,98								199,98	85,94	15,10
												Total VD :	41,12

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **8,08**
 Valor deducido más alto HDV : **22,92**

N°	VALORES DUDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	22,92	15,10	3,10						41,10	3	24,77	
2	22,92	15,10	2,00						40,00	2	30,00	
3	22,92	2,00	2,00						26,90	1	26,90	
											Máx. VDC	30,00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

70,00

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 04 el valor del PCI = 70,00; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 46

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 12

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 12
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+563,48
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+599,84
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	H	2,01							2,01	0,86	31,75
11	PA	L	1,92							1,92	0,83	1,95
19	DA	H	7,00							7,00	3,01	24,93
19	DA	M	105,00							105,00	45,12	34,38
											Total VD :	93,01

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7,03
 Valor deducido más alto HDV : 34,38

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	34,38	31,75	24,93	1,95				93,00	3	58,80	
2	34,38	31,75	2,00	1,95				70,10	2	51,07	
3	34,38	2,00	2,00	1,95				40,30	1	40,30	
										Máx. VDC	58,80

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
41,20

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 -12 el valor del PCI = 41,20; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 47

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 16

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 16
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+418,04
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+454,40
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES										TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
4	AH	M	2,01											2,01	0,86	11,71
10	GLT	H	20,00											20,00	8,59	30,79
13	BA	M	1,00											1,00	0,43	19,03
Total VD :																61,53

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7,36
 Valor deducido más alto HDV : 30,79

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	30,79	19,03	11,71								61,50	3	38,98
2	30,79	19,03	2,00								51,80	2	38,26
3	30,79	2,00	2,00								34,80	1	34,80
Máx. VDC													38,98

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
61,02

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 16 el valor del PCI = 61,02; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 48

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 20

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 20
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+272,60
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+308,96
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	L	2,01							2,01	0,86	2,89
11	PA	M	9,10	12,60						21,70	9,33	30,49
19	DA	L	225,43							225,43	96,87	15,64
Total VD :											49,02	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7,38
 Valor deducido más alto HDV : 30,49

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	30,49	15,64	2,89					49,00	3	30,30
2	30,49	15,64	2,00					48,10	2	35,67
3	30,49	2,00	2,00					34,50	1	34,50
Máx. VDC										35,67

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
64,33

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 20 el valor del PCI = 64,33; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 49

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 24

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 24
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+127,16
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+163,52
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	M	72,72							72,72	31,25	30,30
19	DA	H	72,72							72,72	31,25	62,68
Total VD :												92,98

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 4,43
 Valor deducido más alto HDV : 62,68

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	62,68	30,30						93,00	2	66,04
2	62,68	2,00						64,70	1	64,70
Máx. VDC										66,04

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
33,96

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MALO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 24 el valor del PCI = 33,96; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado MALO.

Figura 50

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 28

PROYECTO:		"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"										
TRAMO :	N° 02	ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m2									
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 28	FECHA :	20/02/2022									
SENTIDO :	Bajada	EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos									
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+981,72											
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+018,08											
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m											

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	M	8,59	2,16						10,75	4,62	21,53
19	DA	M	218,16							218,16	93,75	42,55
Total VD :											64,08	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,28
Valor deducido más alto HDV : 42,55

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	42,55	21,53						64,10	2	46,87
2	42,55	2,00						44,60	1	44,60
Máx. VDC										46,87

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
53,13

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 28 el valor del PCI = 53,13; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 51

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 32

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 32
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+836,28
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+872,64
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	M	3,00							3,00	1,29	36,05
19	DA	M	116,35							116,35	50,00	35,60
Total VD :												71,65

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,87
 Valor deducido más alto HDV : 36,05

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	36,05	35,60						71,60	2	52,12
2	36,05	2,00						38,00	1	38,00
Máx. VDC										52,12

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
47,88

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 32 el valor del PCI = 47,88; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 52

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 36

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 36
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+690,84
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+727,20
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
15	AH	L	2,50							2,50	1,07	8,33
19	DA	M	229,07							229,07	98,44	43,11
Total VD :												51,44

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,22
 Valor deducido más alto HDV : 43,11

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,11	8,33						51,40	2	37,98
2	43,11	2,00						45,10	1	45,10
Máx. VDC										45,10

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
54,90

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 36 el valor del PCI = 54,90; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 53

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 40

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 40
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+545,40
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+581,76
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	M	232,70								232,70	100,00	43,30
Total VD :													43,30

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,21
 Valor deducido más alto HDV : 43,30

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43,30										43,30	1	43,30
Máx. VDC													43,30

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
56,70

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 40 el valor del PCI = 56,70; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 54

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 44



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"		
------------------	--	--	--

TRAMO :	N° 02	ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 44	FECHA :	20/02/2022
SENTIDO :	Bajada	EVALUADORES : Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos	
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+399,96		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+436,32		
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m		

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Ahuellamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
12	PUA	M	12,00	24,00							36,00	15,47	5,14
19	DA	M	196,34								196,34	84,38	41,37
												Total VD :	46,51

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6,38**
 Valor deducido más alto HDV : **41,37**

N°	VALORES DUDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	41,37	5,14									46,50	2	34,55
2	41,37	2,00									43,40	1	43,40
												Máx. VDC	43,40

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
56,60

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 44 el valor del PCI = 56,60; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Figura 55

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 48

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 48
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+254,52
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+290,88
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	M	6,40							6,40	2,75	7,38
11	PA	H	3,20							3,20	1,38	22,25
19	DA	M	127,26							127,26	54,69	36,54
19	DA	L	72,72							72,72	31,25	10,18
											Total VD :	76,34

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,83
 Valor deducido más alto HDV : 36,54

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	36,54	22,25	10,18	7,38				76,30	4	43,08	
2	36,54	22,25	10,18	2,00				71,00	3	45,13	
3	36,54	22,25	2,00	2,00				62,80	2	45,96	
4	36,54	2,00	2,00	2,00				42,50	1	42,50	
										Máx. VDC	45,96

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
54,04

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 48 el valor del PCI = 54,04; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado REGULAR.

Figura 56

Resultados del Método PCI en la Unidad de Muestreo U2 - 52

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CALLE ANTUNEZ DE MAYOLO MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y RUGOSÍMETRO MERLÍN, TACNA, 2022"
TRAMO :	N° 02
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 52
SENTIDO :	Bajada
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+109,08
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+145,44
ANCHO DE LA VÍA :	6,40 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	232,70 m ²
FECHA :	20/02/2022
EVALUADORES :	Marlon Mijahel Alvarado Quispe Abrahán Ismael Laura Santos

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	M	7,28							7,28	3,13	17,75
19	DA	M	140,00							140,00	60,16	37,63
Total VD :												55,37

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6,73
 Valor deducido más alto HDV : 37,63

N°	VALORES DUDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	37,63	17,75						55,40	2	40,78
2	37,63	2,00						39,60	1	39,60
Máx. VDC :										40,78

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
59,22

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Se obtuvo como resultado en la Unidad de Muestreo U2 – 52 el valor del PCI = 59,22; lo cual indica según su clasificación que se encuentra en estado BUENO.

Tabla 28

Resumen de Resultados en la Tramo 01 por el Método PCI

Sentido	Unidad	Progresiva inicial (Km)	Progresiva final (Km)	Longitud (m)	PCI	condición
Subida	U-04	0+109,08	0+145,44	36,36	54,53	Regular
Subida	U-08	0+254,52	0+290,88	36,36	21,20	Muy malo
Subida	U-12	0+399,96	0+436,32	36,36	22,14	Muy malo
Subida	U-16	0+545,40	0+581,76	36,36	36,66	Malo
Subida	U-20	0+690,84	0+727,20	36,36	44,17	Regular
Subida	U-24	0+836,28	0+872,64	36,36	34,58	Malo
Subida	U-28	0+981,72	1+018,08	36,36	46,55	Regular
Subida	U-32	1+127,16	1+163,52	36,36	29,58	Malo
Subida	U-36	1+272,60	1+308,96	36,36	55,00	Regular
Subida	U-40	1+418,04	1+454,40	36,36	54,10	Regular
Subida	U-44	1+563,48	1+599,84	36,36	69,51	Bueno
Subida	U-48	1+708,92	1+745,28	36,36	67,00	Bueno
Subida	U-52	1+854,36	1+890,72	36,36	64,30	Bueno
					46,10	Regular

Nota. Se realizó un cuadro resumen de los tramos inspeccionados en el carril de subida; donde anteriormente se calculó sus valores del PCI, dando un PCI promedio de 46,10; con este valor se pudo clasificar como estado REGULAR al carril de subida de la Calle Antúnez de Mayo.

Figura 57

Diagrama Lineal de los Resultados del Método PCI en el Tramo 01



Nota. Resultados del PCI de los tramos inspeccionados en el carril de subida.

Tabla 29

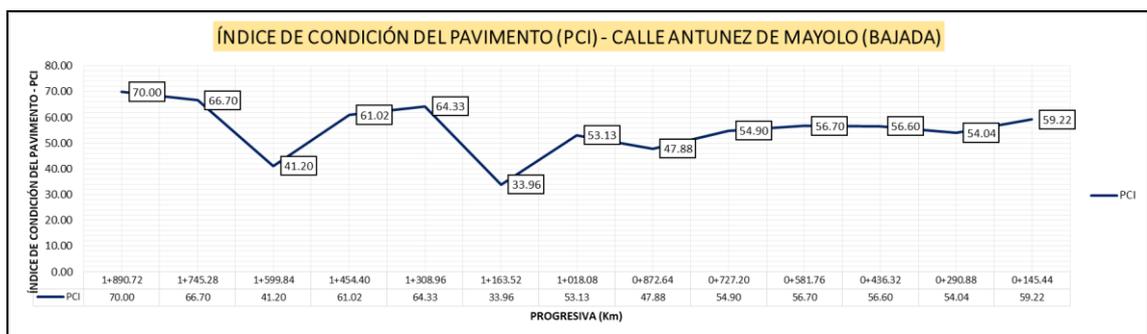
Resumen de Resultados en la Tramo 02 por el Método PCI

Sentido	Unidad	Progresiva inicial (Km)	Progresiva final (Km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Bajada	U-04	1+854,36	1+890,72	36,36	70,00	Bueno
Bajada	U-08	1+708,92	1+745,28	36,36	66,70	Bueno
Bajada	U-12	1+563,48	1+599,84	36,36	41,20	Regular
Bajada	U-16	1+418,04	1+454,40	36,36	61,02	Bueno
Bajada	U-20	1+272,60	1+308,96	36,36	64,33	Bueno
Bajada	U-24	1+127,16	1+163,52	36,36	33,96	Malo
Bajada	U-28	0+981,72	1+018,08	36,36	53,13	Regular
Bajada	U-32	0+836,28	0+872,64	36,36	47,88	Regular
Bajada	U-36	0+690,84	0+727,20	36,36	54,90	Regular
Bajada	U-40	0+545,40	0+581,76	36,36	56,70	Bueno
Bajada	U-44	0+399,96	0+436,32	36,36	56,60	Bueno
Bajada	U-48	0+254,52	0+290,88	36,36	54,04	Regular
Bajada	U-52	0+109,08	0+145,44	36,36	59,22	Bueno
					55,36	Bueno

Nota. El resultado del valor PCI promedio es de 46,10; con este valor se pudo clasificar como estado BUENO al carril de bajada de la Calle Antúnez de Mayolo

Figura 58

Diagrama Lineal de los Resultados del Método PCI en el Tramo 02



Nota. Resultados del PCI de los tramos inspeccionados en el carril de subida.

TOTAL DE LA VIA

50,73

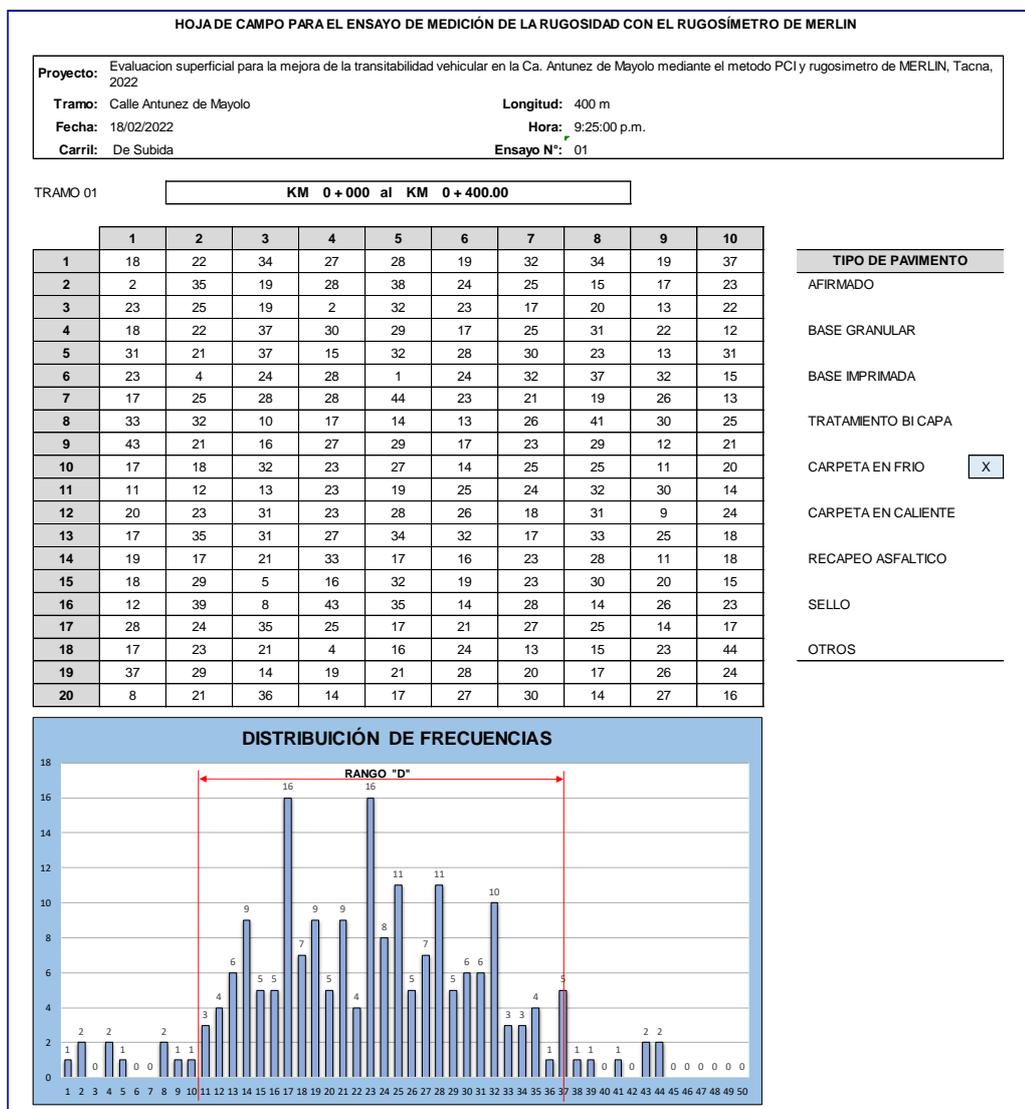
REGULAR

4.2. Resultados aplicando el Rugosímetro de MERLIN.

Los resultados conseguidos utilizando la metodología del rugosímetro de MERLIN, se utilizó la ficha que se aprecia en la figura 20, en dicho formato se registraran los intervalos de desviación obtenidos del puntero del equipo MERLIN así como lo indica en el ítem 3.5.2. Procedimiento de recolección de datos con el Rugosímetro de MERLIN, por lo tanto luego se realizó el histograma de distribución de frecuencia para determinar el Rango D, una vez obtenida se prosigió a calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Figura 59

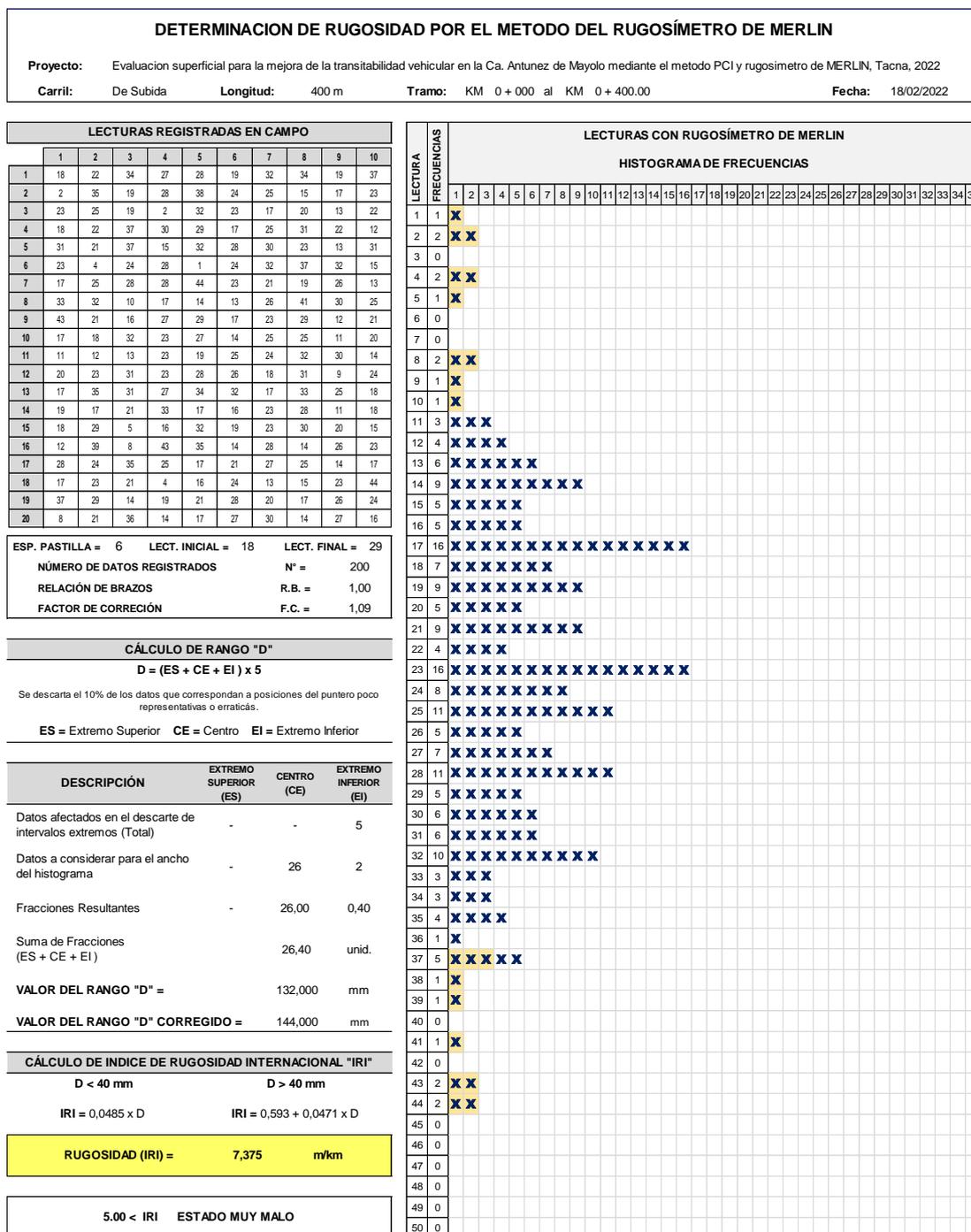
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 01



Nota. Hoja de campo para el KM 0+000 al KM 0+400 en el carril de subida.

Figura 60

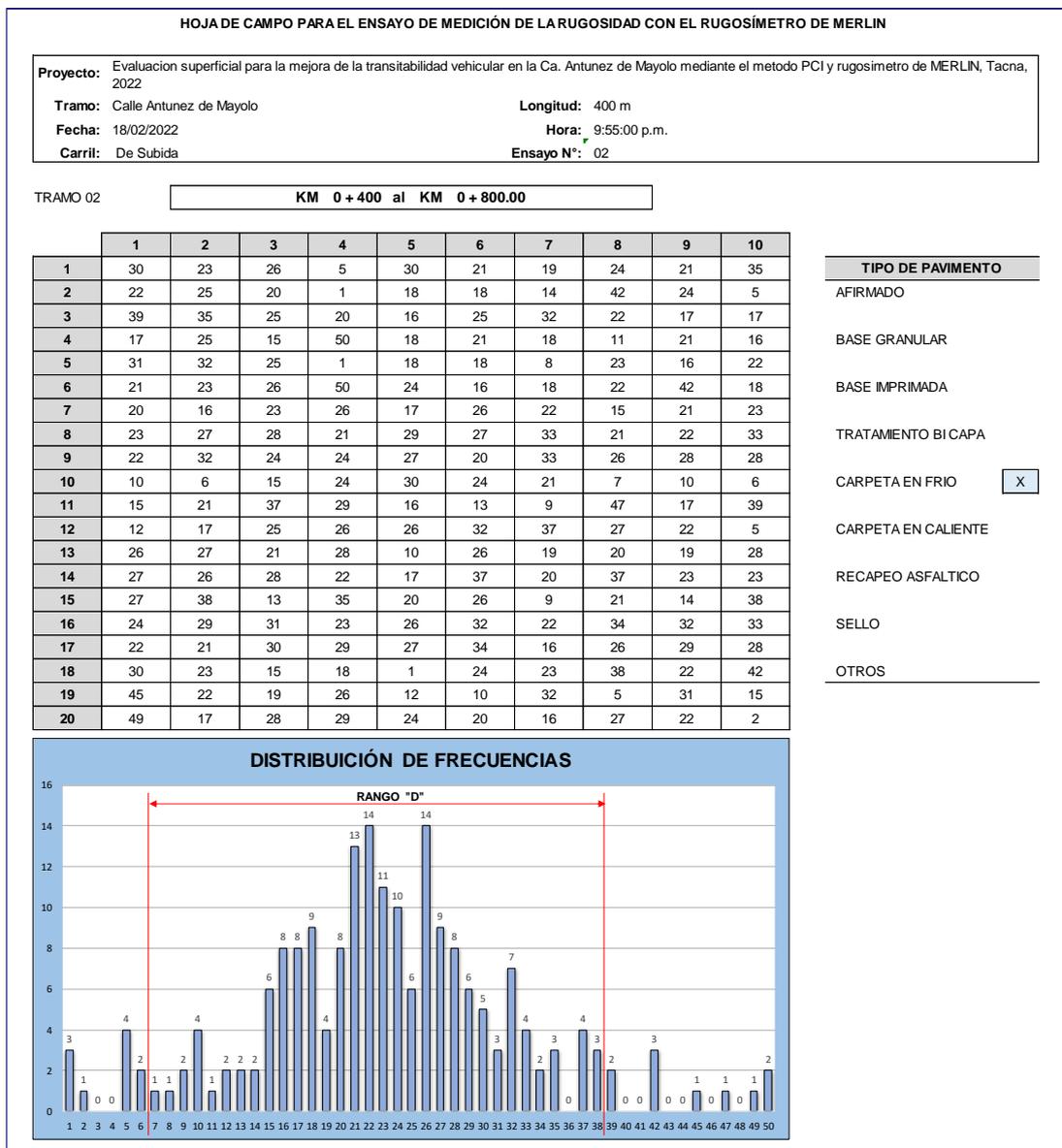
Resultados del IRI, carril de subida - tramo 01



Nota. Hoja de cálculo para el KM 0+000 al KM 0+400 en el carril de subida, donde obtuvimos como resultado IRI = 7,375 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 61

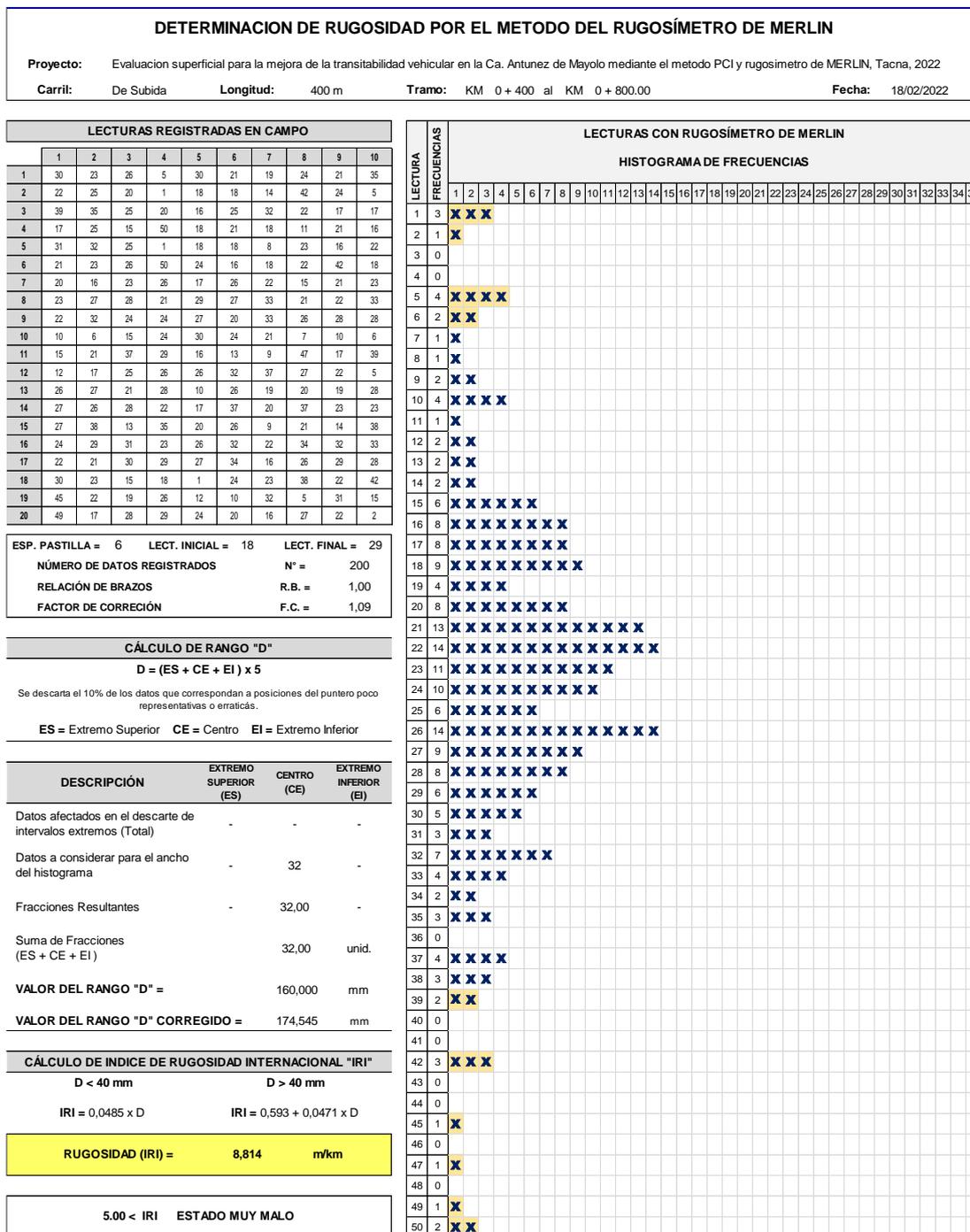
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 02



Nota. Hoja de campo para el KM 0+400 al KM 0+800 en el carril de subida, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 62

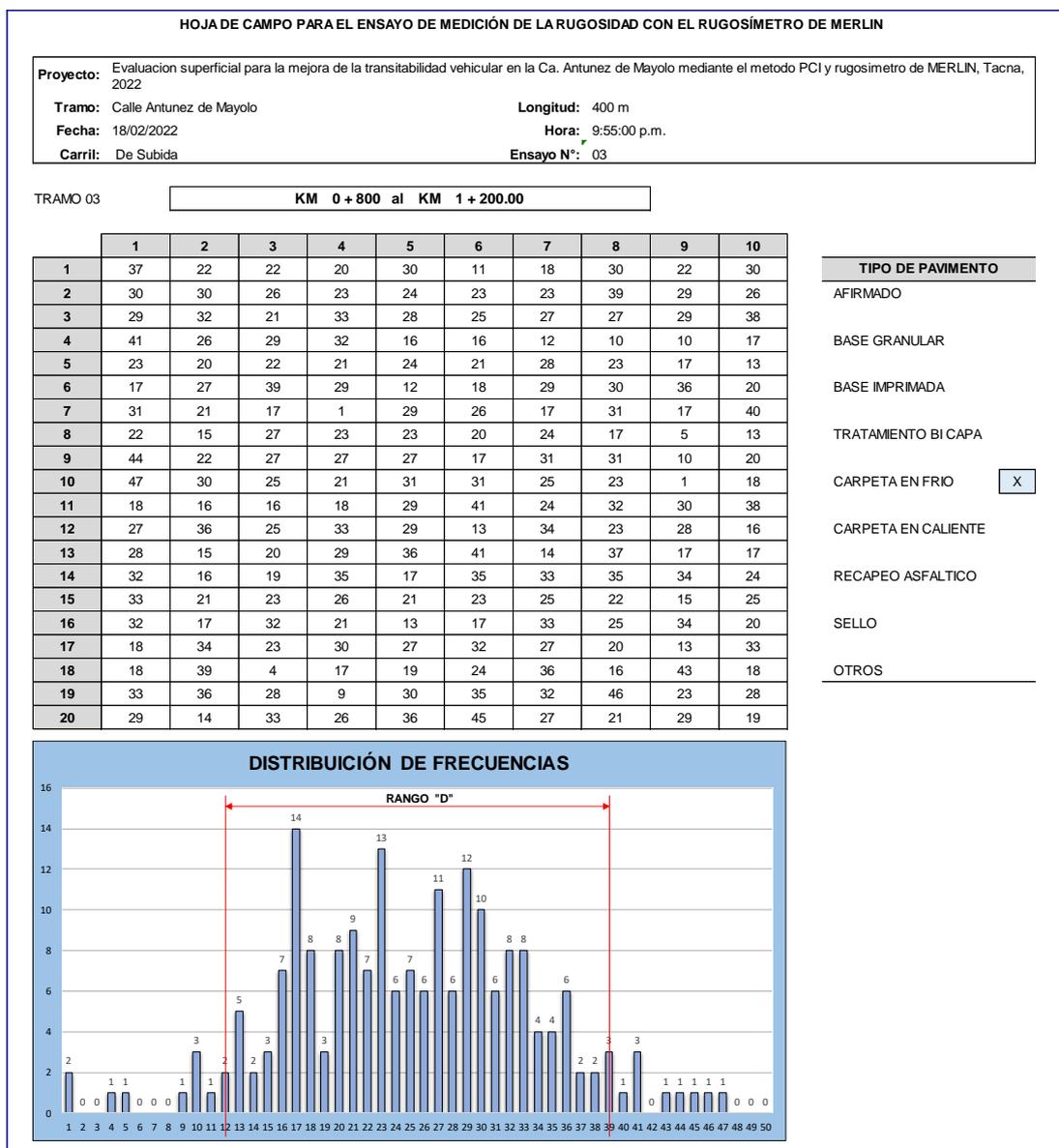
Resultados del IRI, carril de subida - tramo 02



Nota. Hoja de cálculo para el KM 0+400 al KM 0+800 en el carril de subida, donde obtuvimos como resultado IRI = 8,814 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 63

Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 03



Nota. Hoja de campo para el KM 0+800 al KM 1+200 en el carril de subida, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 64

Resultados del IRI, carril de subida - tramo 03

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

ESP. PASTILLA = 6	LECT. INICIAL = 18	LECT. FINAL = 29
NÚMERO DE DATOS REGISTRADOS	N° = 200	
RELACIÓN DE BRAZOS	R.B. = 1,00	
FACTOR DE CORRECIÓN	F.C. = 1,09	

CÁLCULO DE RANGO "D"		
$D = (ES + CE + EI) \times 5$		
<small>Se descarta el 10% de los datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas.</small>		
ES = Extremo Superior	CE = Centro	EI = Extremo Inferior

DESCRIPCIÓN	EXTREMO SUPERIOR (ES)	CENTRO (CE)	EXTREMO INFERIOR (EI)
Datos afectados en el descarte de intervalos extremos (Total)	2	-	3
Datos a considerar para el ancho del histograma	1	26	2
Fraciones Resultantes	0,50	26,00	0,67
Suma de Fracciones (ES + CE + EI)		27,17	unid.
VALOR DEL RANGO "D" =		135,833	mm
VALOR DEL RANGO "D" CORREGIDO =		148,182	mm

CÁLCULO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL "IRI"		
D < 40 mm	D > 40 mm	
IRI = 0,0485 x D	IRI = 0,593 + 0,0471 x D	
RUGOSIDAD (IRI) =	7,572	m/km

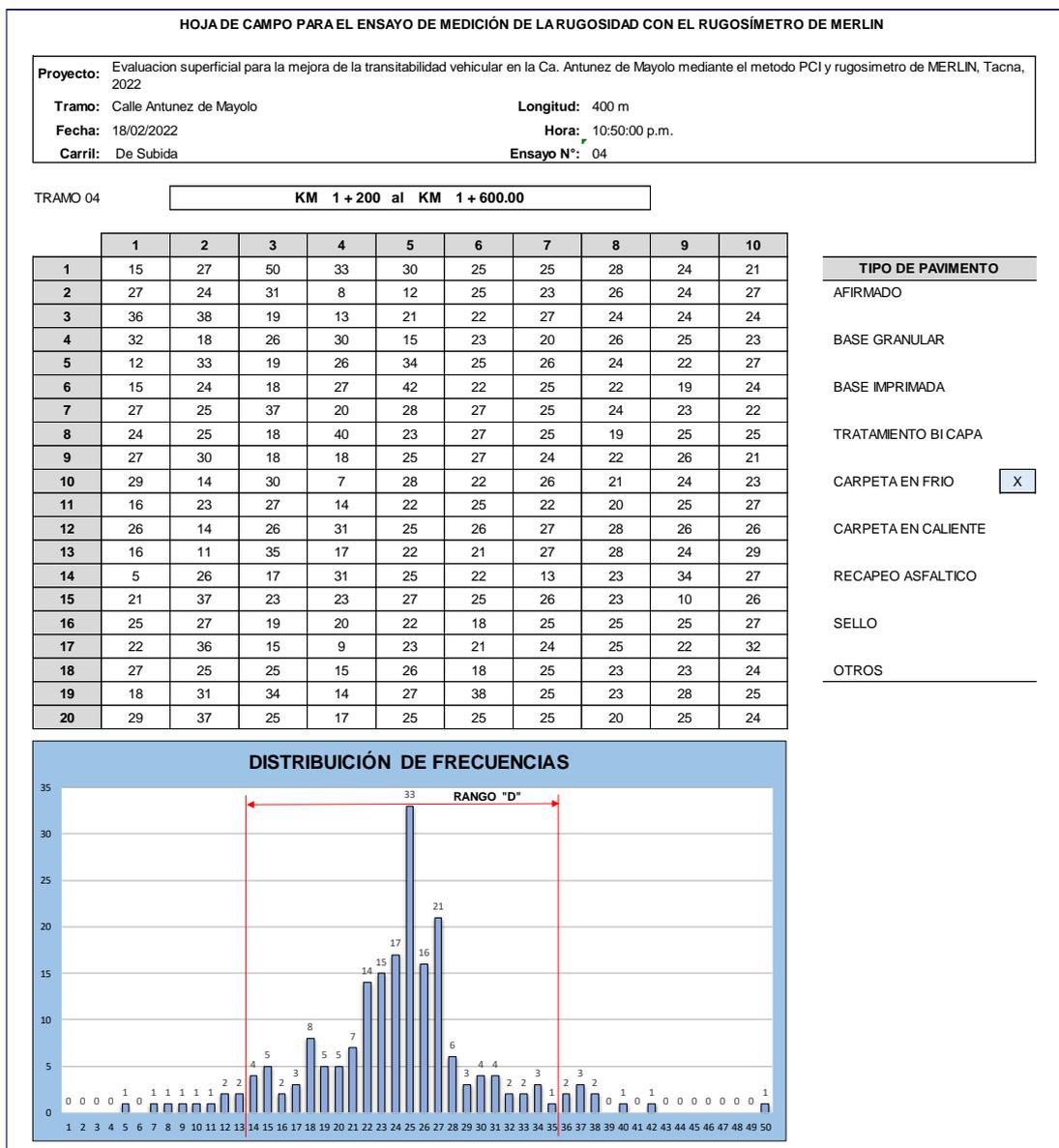
5.00 < IRI ESTADO MUY MALO

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

Nota. Hoja de cálculo para el KM 0+800 al KM 1+200 en el carril de subida, donde obtuvimos como resultado IRI = 7,572 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 65

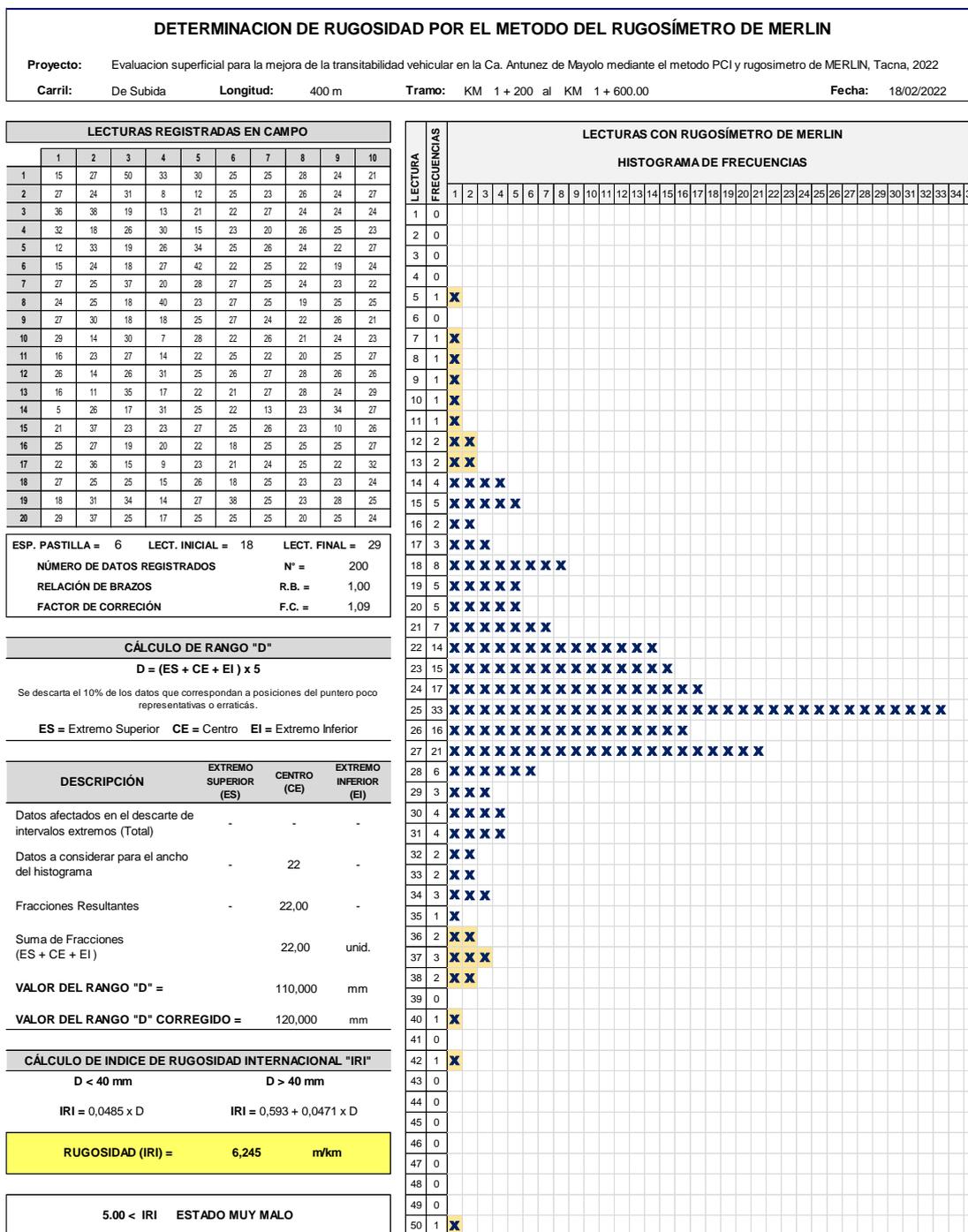
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 04



Nota. Hoja de campo para el KM 1+200 al KM 1+600 en el carril de subida, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 66

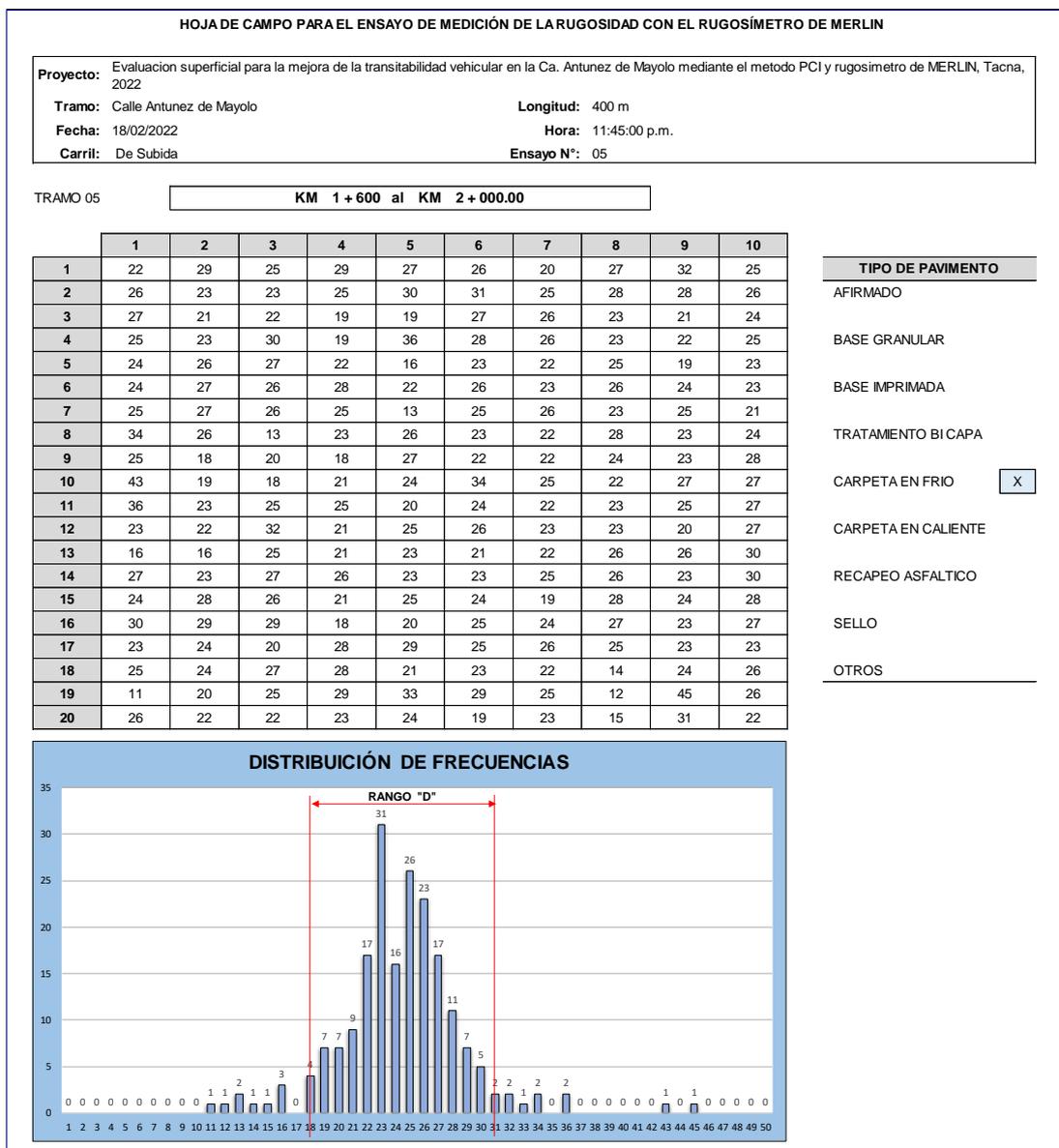
Resultados del IRI, carril de subida - tramo 04



Nota. Hoja de cálculo para el KM 1+200 al KM 1+600 en el carril de subida, donde obtuvimos como resultado IRI = 6,245 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 67

Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de subida - tramo 05



Nota. Hoja de campo para el KM 1+600 al KM 2+000 en el carril de subida, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 68

Resultados del IRI, carril de subida - tramo 05

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

ESP. PASTILLA = 6	LECT. INICIAL = 18	LECT. FINAL = 29
NÚMERO DE DATOS REGISTRADOS	N° = 200	
RELACIÓN DE BRAZOS	R.B. = 1,00	
FACTOR DE CORRECIÓN	F.C. = 1,09	

CÁLCULO DE RANGO "D"			
$D = (ES + CE + EI) \times 5$			
Se descarta el 10% de los datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas.			
ES = Extremo Superior CE = Centro EI = Extremo Inferior			

DESCRIPCIÓN	EXTREMO SUPERIOR (ES)	CENTRO (CE)	EXTREMO INFERIOR (EI)
Datos afectados en el descarte de intervalos extremos (Total)	4	-	2
Datos a considerar para el ancho del histograma	3	12	1
Fraciones Resultantes	0,75	12,00	0,50
Suma de Fracciones (ES + CE + EI)		13,25	unid.
VALOR DEL RANGO "D" =		66,250	mm
VALOR DEL RANGO "D" CORREGIDO =		72,273	mm

CÁLCULO DE ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL "IRI"			
D < 40 mm		D > 40 mm	
IRI = 0,0485 x D		IRI = 0,593 + 0,0471 x D	
RUGOSIDAD (IRI) =	3,997	m/km	

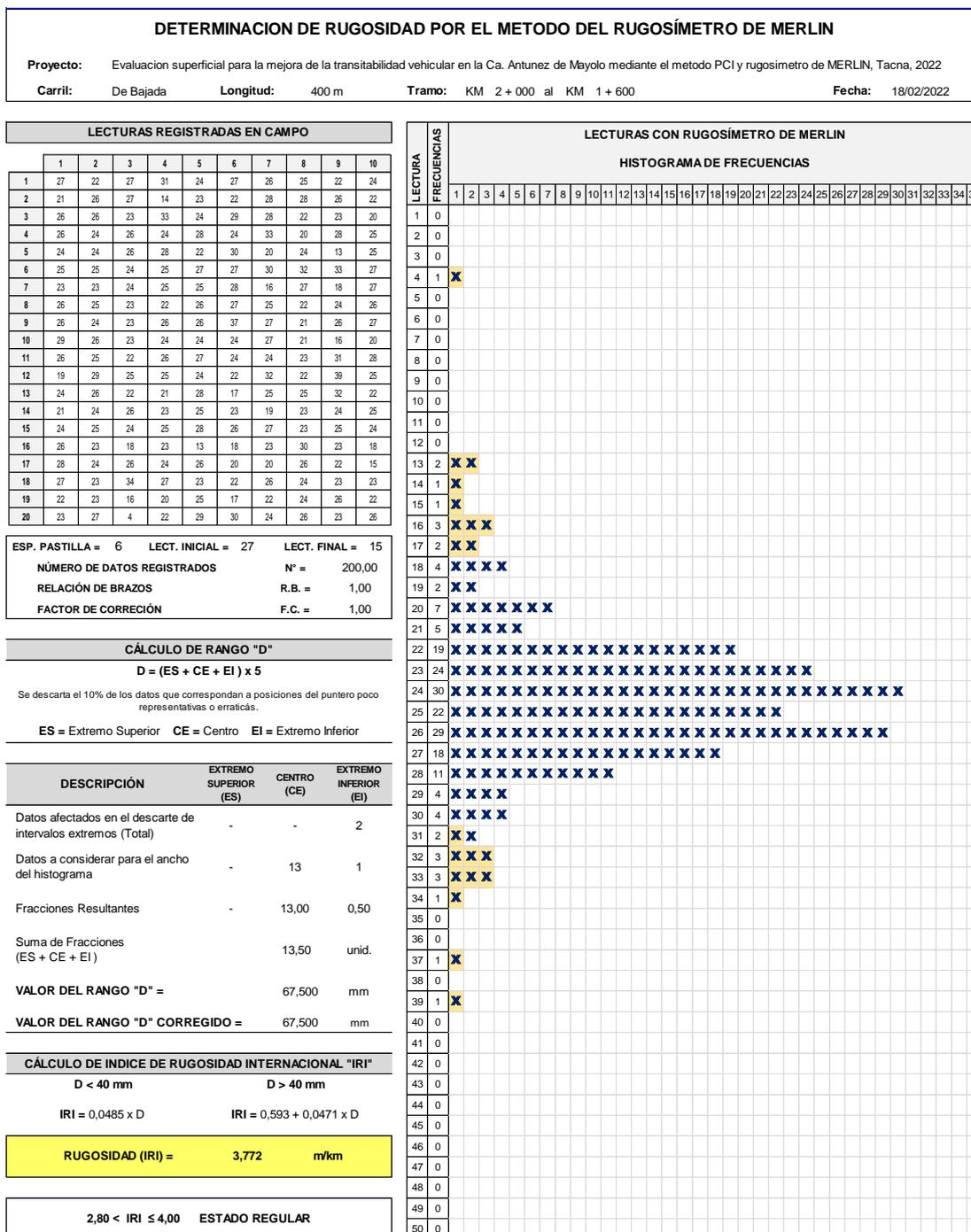
2.80 < IRI ≤ 4.00 ESTADO REGULAR

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

Nota. Hoja de cálculo para el KM 1+600 al KM 2+000 en el carril de subida, donde obtuvimos como resultado IRI = 3,997 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado REGULAR.

Figura 70

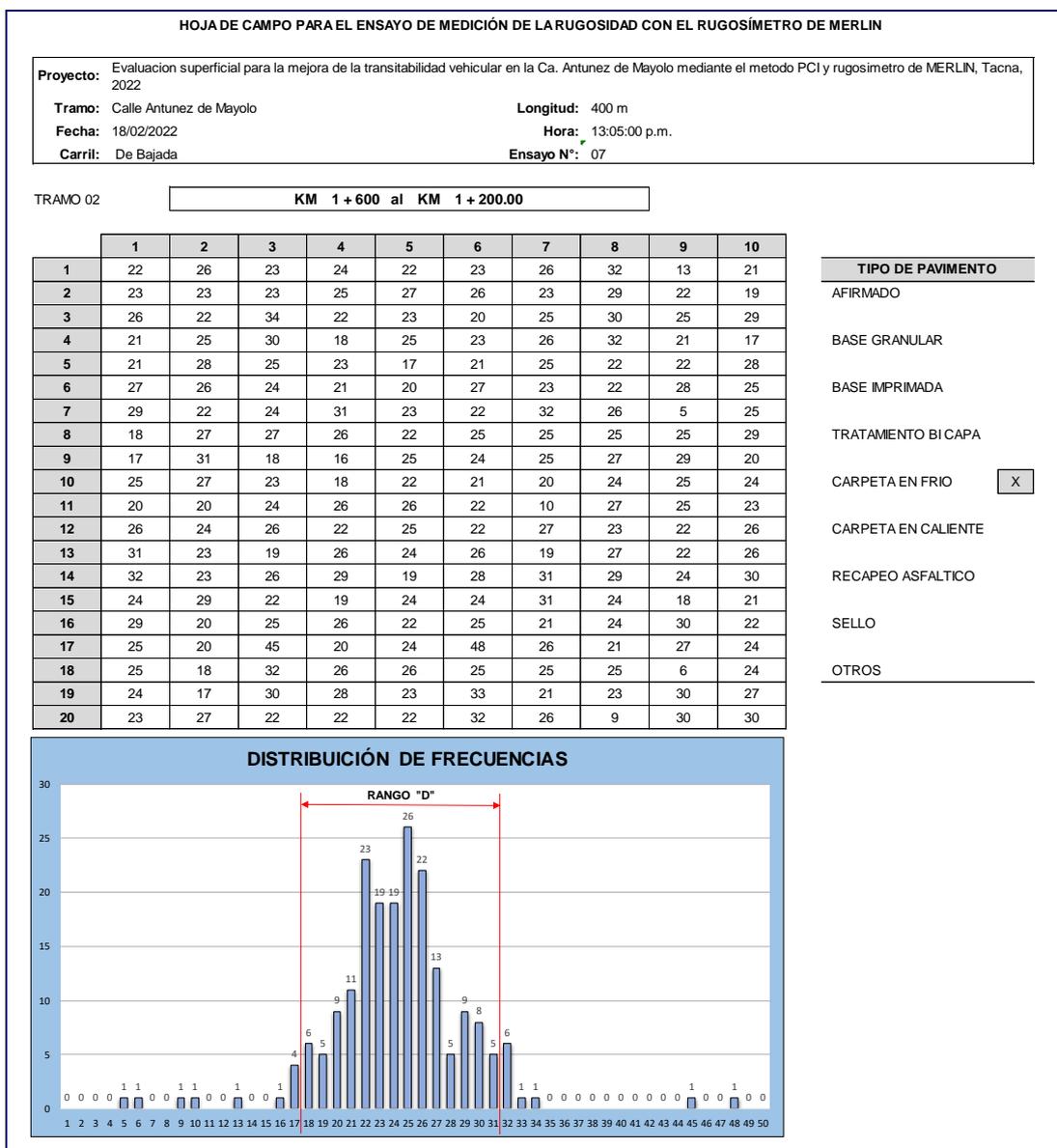
Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 01



Nota. Hoja de cálculo para el KM 2+000 al KM 1+600 en el carril de bajada, donde obtuvimos como resultado IRI = 3,772 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado REGULAR.

Figura 71

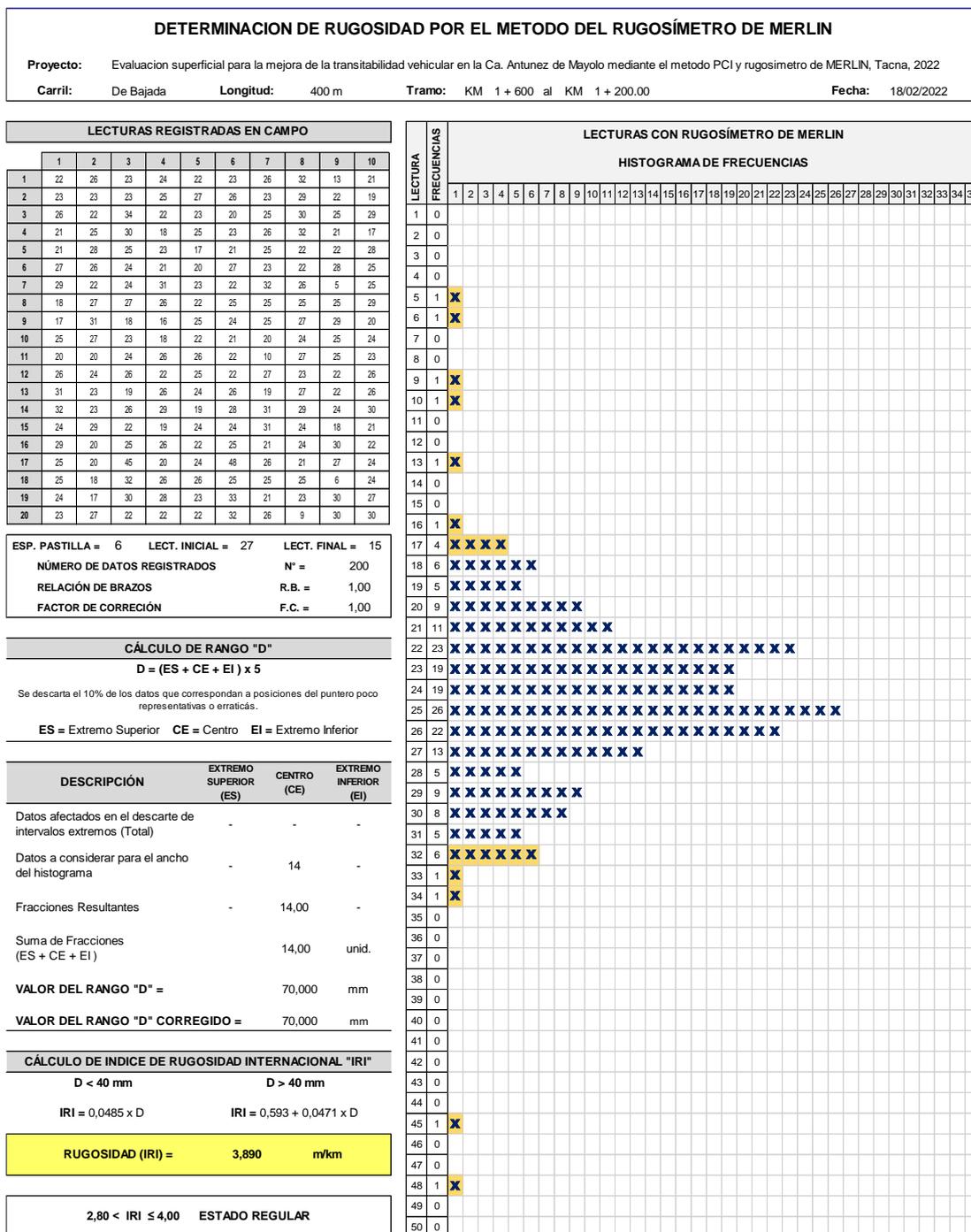
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 02



Nota. Hoja de campo para el KM 1+600 al KM 1+200 en el carril de bajada, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 72

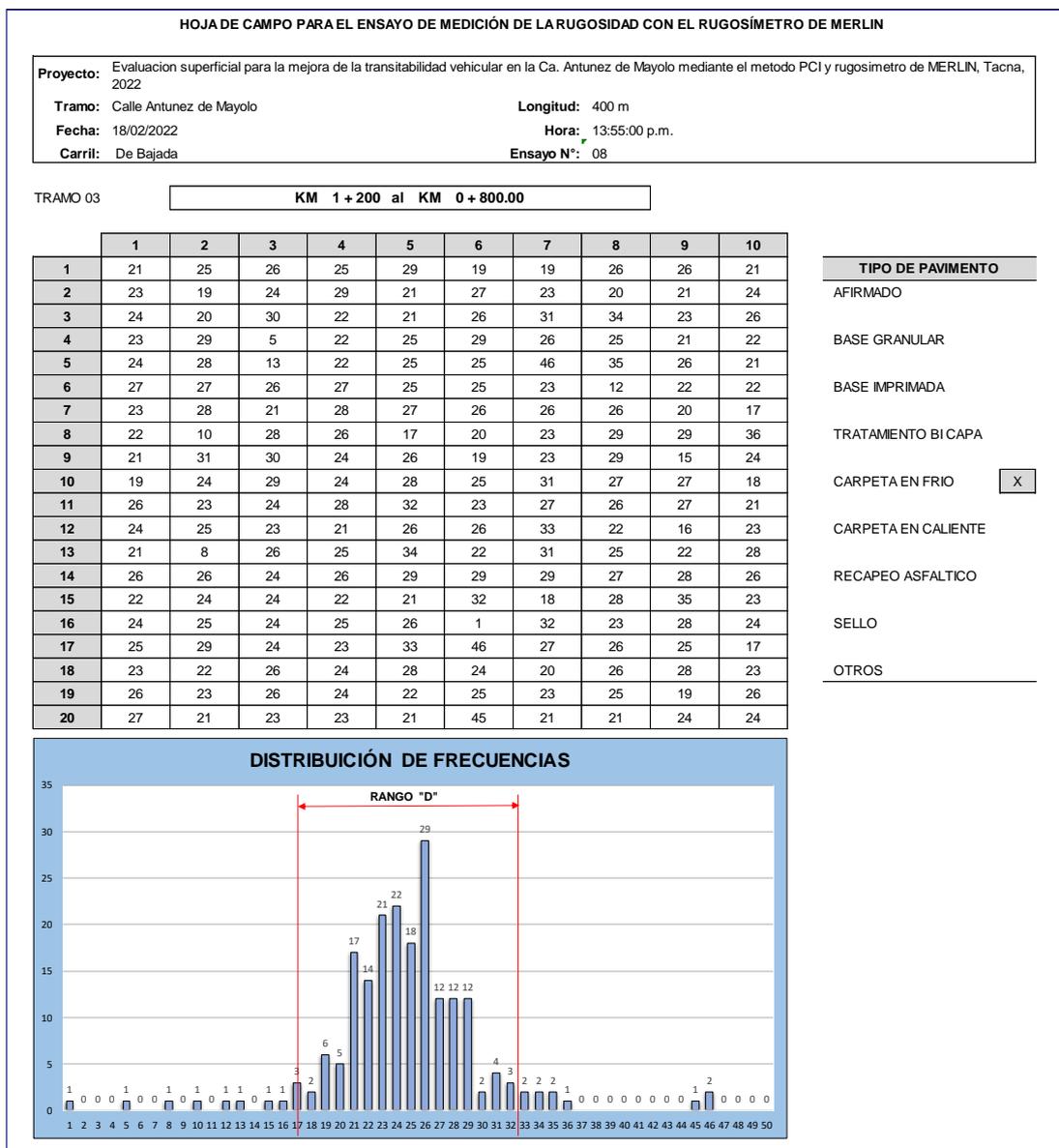
Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 02



Nota. Hoja de cálculo para el KM 1+600 al KM 1+200 en el carril de bajada, donde obtuvimos como resultado IRI = 3,890 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado REGULAR.

Figura 73

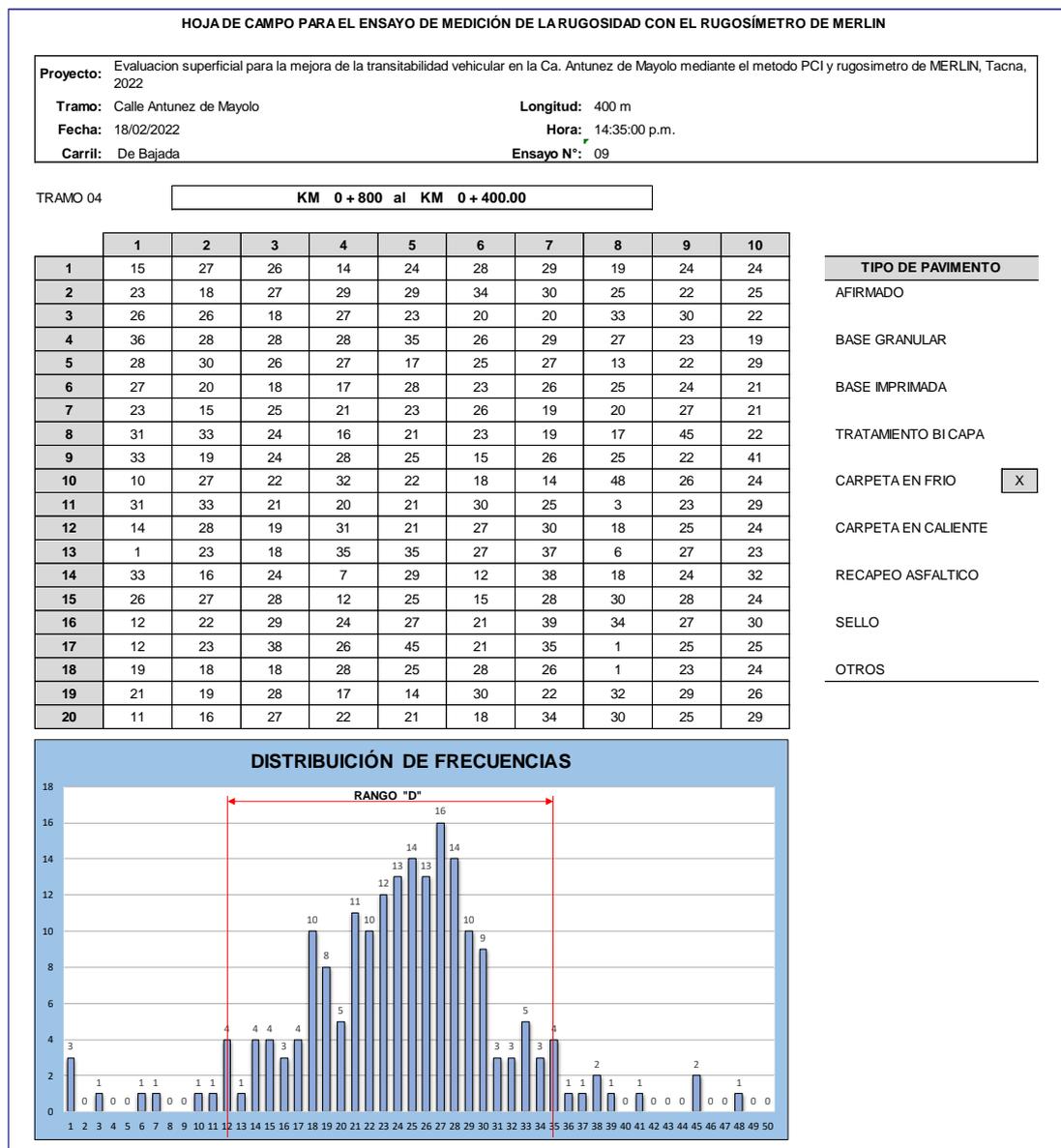
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 03



Nota. Hoja de campo para el KM 1+200 al KM 0+800 en el carril de bajada, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 75

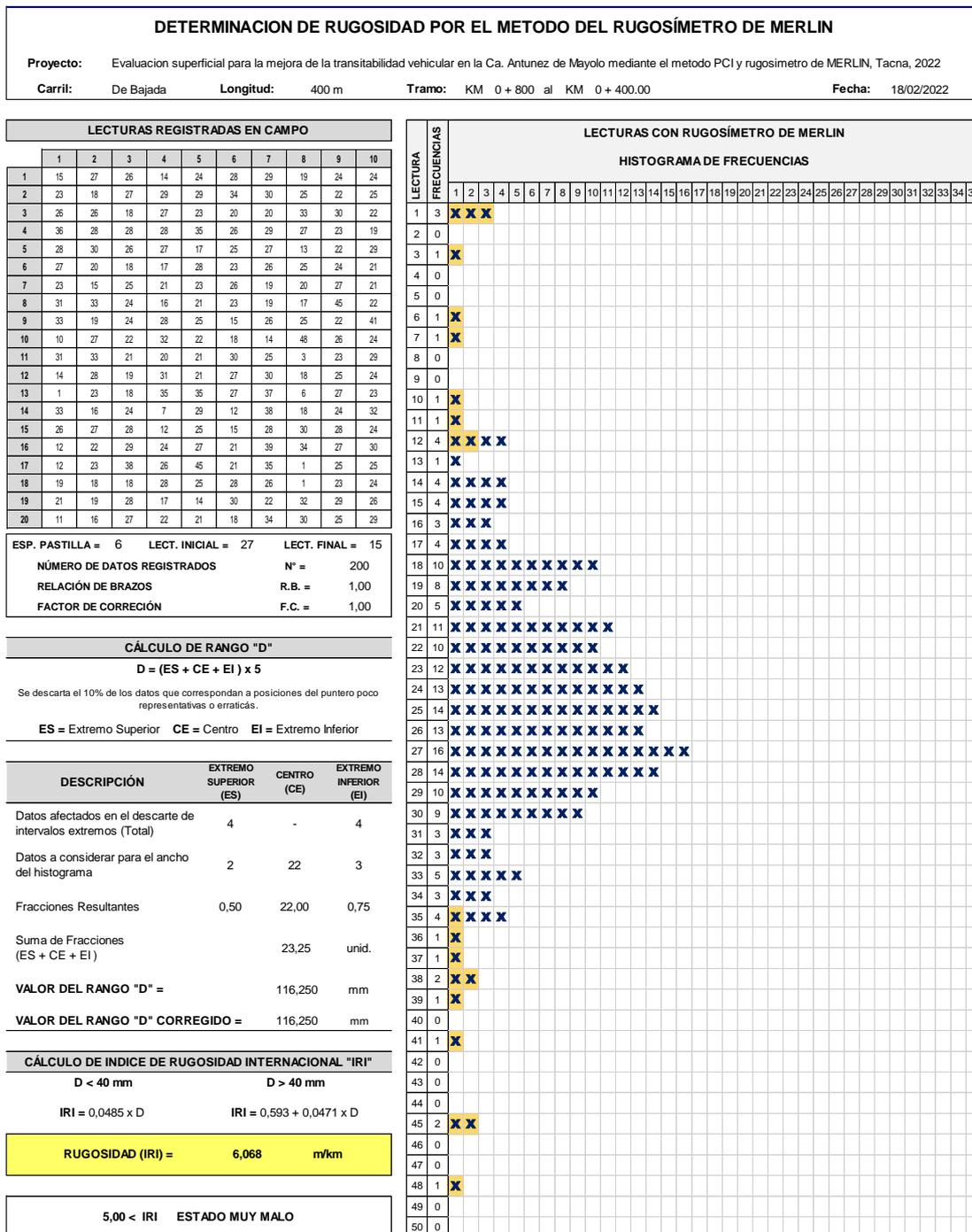
Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 04



Nota. Hoja de campo para el KM 0+800 al KM 0+400 en el carril de bajada, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Figura 76

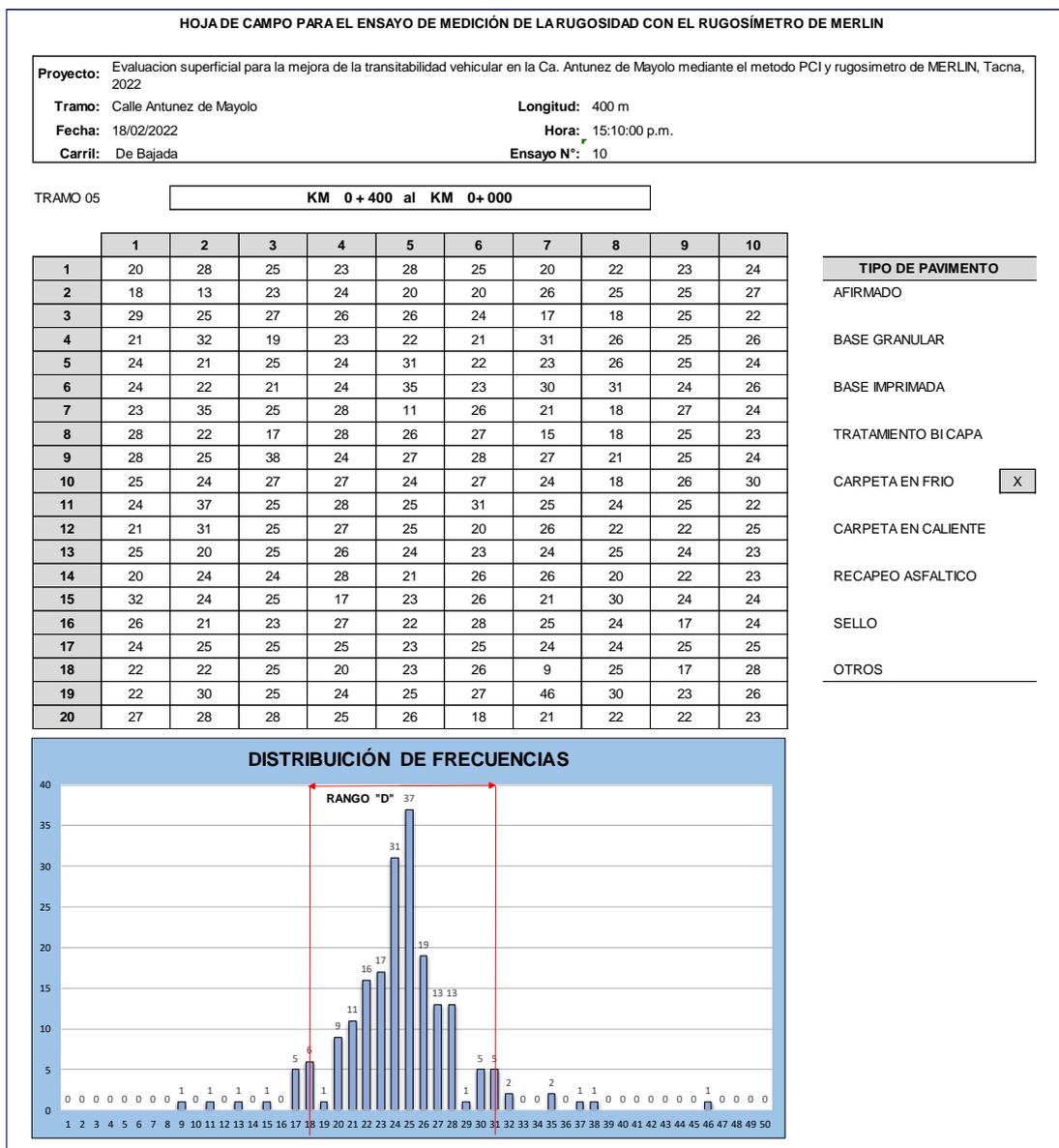
Resultados del IRI, carril de bajada - tramo 04



Nota. Hoja de cálculo para el KM 0+800 al KM 0+400 en el carril de bajada, donde obtuvimos como resultado IRI = 6,068 m/km, este valor según su clasificación se encuentra en estado MUY MALO.

Figura 77

Datos obtenidos para la medición de la rugosidad, carril de bajada - tramo 05



Nota. Hoja de campo para el KM 0+400 al KM 0+000 en el carril de bajada, donde se registraron 200 desviaciones obtenidas del equipo del Rugosímetro de MERLIN.

Tabla 30*Resumen de los Resultados del Índice de Rugosidad del Carril de Subida*

Carril de subida	IRI (m/km)	Condición	PSI	Transitabilidad
Tramo 01	7,375	Muy Malo	1,308	Mala
Tramo 02	8,814	Muy Malo	1,007	Mala
Tramo 03	7,572	Muy Malo	1,262	Mala
Tramo 04	6,245	Muy Malo	1,606	Mala
Tramo 05	3,997	Regular	2,417	Regular
PROMEDIO	6,801	Muy malo	1,520	Mala

Nota. Se muestra la tabla de resultados del índice de rugosidad por tramos del carril de subida, así mismo se calculó el IRI promedio un valor de 6,801 m/km, donde según estado de condición se considera Pavimento Muy Malo.

Tabla 31*Resumen de los Resultados del Índice de Rugosidad del Carril de Bajada*

Carril de bajada	IRI (m/km)	Condición	PSI	Transitabilidad
Tramo 01	3,772	Regular	2,518	Regular
Tramo 02	3,890	Regular	2,465	Regular
Tramo 03	4,204	Malo	2,328	Regular
Tramo 04	6,068	Muy malo	1,659	Mala
Tramo 05	3,945	Regular	2,440	Regular
Promedio	4,376	Malo	2,282	Mala

Nota. Se muestra la tabla de resultados del índice de rugosidad por tramos del carril de bajada, así mismo se calculó el IRI promedio un valor de 4,376 m/km, donde según estado de condición se considera Pavimento Malo.

CAPÍTULO V : DISCUSIÓN

5.1. Análisis de la evaluación por rugosidad utilizando el rugosímetro MERLIN

Al conseguir los resultados concernientes a la rugosidad internacional utilizando el equipo de rugosímetro de MERLIN, del carril derecho (sentido subida) e izquierdo (sentido bajada) en la Calle Antúnez de Mayolo, resultando en un estado del pavimento MALO, en concordancia al valor conseguido del carril de subida un IRI = 6,801 m/Km, con una calificación de pavimento MUY MALO y el valor obtenido del carril de bajada un IRI = 4,376 m/Km, con una calificación de pavimento MALO, luego de analizar ambos resultados se puede inferir que la rugosidad del pavimento, el IRI promedio para la Calle Antúnez de Mayolo es equivalente a IRI = 5,588 m/Km, que de acuerdo a la Tabla 31, se clasifica en un estado de pavimento MUY MALO, por ser mayor a 5,0 m/Km.

Tabla 32

Cuadro resumen de la rugosidad en la calle Antúnez de Mayolo.

Carril de subida			Carril de bajada		
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento	Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento
0+000 al 0+400	7,375	Muy malo	0+000 al 0+400	3,945	Regular
0+400 al 0+800	8,814	Muy malo	0+400 al 0+800	6,068	Muy malo
0+800 al 1+200	7,572	Muy malo	0+800 al 1+200	4,204	Malo
1+200 al 1+600	6,245	Muy malo	1+200 al 1+600	3,890	Regular
1+600 al 2+000	3,997	Regular	1+600 al 2+000	3,772	Regular
	6,801			4,376	
IRI prom. De vía =				5,588	Muy malo

Nota. Elaboración propia, a partir de la clasificación de la Tabla 24, condición del pavimento a partir de su rugosidad en el país de Perú.

En la Figura 79 se puede apreciar el estado de rugosidad del sentido de subida de la Calle Antúnez de Mayolo y que obedecen al comportamiento y entendimiento de los desplazamiento verticales por donde paso el rugosímetro.

Figura 79

Panel Fotográfico del carril de Subida - Rugosímetro de MERLIN



En la Figura 80 se puede apreciar el estado de rugosidad que presenta los tramos evaluados en el sentido de bajada de la Calle Antúnez de Mayolo.

Figura 80

Panel Fotográfico del Carril de Bajada - Rugosímetro de MERLIN



5.2. Análisis del índice de condición utilizando la metodología PCI.

Los datos obtenidos a partir de la inspección en campo y cálculos en gabinete, mostrados en el “Capítulo IV Resultados” se encuentran en la Tabla 27 y 28, en los carriles de subida y bajada respectivamente, dando un resultado de índice de condición en el carril de Subida PCI = 46,10, pavimento REGULAR y el valor obtenido para el carril de Bajada PCI = 55,36, pavimento BUENO, una vez analizado ambos carriles podemos determinar el índice de condición para la calle Antúnez de Mayolo equivalente a PCI=50,73, pavimento REGULAR.

Tabla 33

Cuadro resumen del índice de condición en la calle Antúnez de Mayolo.

Sentido	Unidad	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud	PCI	Condición
Subida	U-01 al U-55	0+000	2+000	2000	46,10	REGULAR
Bajada	U-01 al U-55	0+000	2+000	2000	55,36	BUENO
PCI prom de vía =					50,73	REGULAR

En la Tabla 33 se muestra los resultados del valor PCI final, tomando en cuenta todas las unidades de muestra, cuyo resultado es PCI = 50,73, pavimento REGULAR, y conforme a la Tabla 34, se puede señalar la recomendación del tipo de intervención para la mejora de la transitabilidad, en este caso en particular corresponde REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL.

Tabla 34

Índice de condición del pavimento vs Tipo de mantenimiento.

Rango de PCI	Intervención
100 a 85	Excelente Mantenimiento Preventivo o Mínimo.
85 a 70	Muy Bueno Mantenimiento Correctivo Menor.
70 a 55	Bueno Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo.
55 a 25	Pobre Rehabilitación - Refuerzo Estructural.
< 25	Muy Pobre y Colapsado Rehabilitación - Reconstrucción

Nota. Indica el nivel de intervención al pavimento acorde al valor del Índice de Condición de Pavimento extraído de (Sotil Chávez, 2017).

Tanto para el Carril de Subida como el Carril de Bajada, se registraron patologías generadas por diferentes tipos de agentes como el clima, uso de materiales inapropiados, inadecuado procedimiento constructivo o falta de mantenimiento y/o conservación, por parte de las autoridades.

Las patologías halladas avalan la condición de cada unidad de muestra.

Figura 81

Patologías encontradas en el Carril de Subida - Método PCI



Figura 82

Patologías encontradas en el Carril de Subida - Método PCI



Las patologías evaluadas en el carril de Bajada son:

Figura 83

Patologías encontradas en el Carril de Bajada - Método PCI



Figura 84

Patologías encontradas en el Carril de Bajada - Método PCI



5.3. Análisis de la transitabilidad vehicular utilizando la rugosidad (IRI)

El valor de IRI conseguido, es determinante para calificar el estado de condición del pavimento y poder precisar la transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo. Para este propósito conforme a su clasificación, calculamos el PSI empleando la ecuación de William Paterson (1987):

$$PSI = \frac{5.0}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}} \quad (14)$$

La transitabilidad de la infraestructura vial, es decir la condición del servicio de la calidad al libre tránsito que brinda en un intervalo de tiempo determinado el pavimento de la calle Antúnez de Mayolo, se determina con los valores de PSI convertidos en relación al IRI resultante, PSI , clasificando así en una Transitabilidad Mala.

Tabla 35*Transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo*

IRI	5,588	m/Km
Conversión a PSI en función del IRI	1,81	
Clasificación del PSI	Transitabilidad mala	

En referencia a esta investigación debemos mencionar la existencia de un informe realizado por el órgano de control institucional de la Municipalidad Distrital Coronel Gregorio Albarracín, según detalla en el Informe de hito de control N°001-2021-OCI/5323-SCC.

Figura 85*Informe N°001-2021-OCI/5323-SCC*

Nota. Indica el informe del hito de control N°001-2021-OCI/5323-SCC extraído de (La contraloría general de la república, 2021).

Se encuentra como situación adversa el inadecuado mantenimiento de 47 Km de avenidas dentro de las cuales se encuentra, la muestra de estudio de esta investigación la calle Antúnez de Mayolo, al respecto se advierte el desgaste de la carpeta asfáltica y bermas por falta de barrido en zonas de intersecciones y estacionamientos, que a su vez producen huecos y desprendimiento total o parcial de la carpeta asfáltica, de igual forma se advierte desmontes situados en la pista, bermas y veredas, presencia de arbustos en pista, falta de señalización horizontal y falta de iluminación (La contraloría general de la república, 2021).

Figura 86

Panel fotográfico desgaste de la carpeta asfáltica



Fuente: Acta de verificación N°001-2020-CG/OCI-MDCGAL-CC1 de 13 de enero de 2021.
Elaborado por: Comisión de Control a cargo del servicio del Control Concurrente.

Nota. Demuestra las imágenes extraídas del hito de control N°001-2021-OCI/5323-SCC (La contraloría general de la república, 2021).

Este informe concluye que el desgaste de la carpeta asfáltica sumada a las deficiencias encontradas, generan el riesgo de accidentes de tránsito y el empleo de mayores recursos para las reparaciones y se recomienda se tomen acciones preventivas y/o correctivas.

A la fecha de esta investigación el Informe de hito de control N°001-2021-OCI/5323-SCC, presentado con fecha 15 de enero del 2021, no hace más que avalar los resultados y conclusiones de esta investigación, al encontrarse resultados similares e incluso con una mayor severidad, debido al paso del tiempo y falta de mantenimiento (La contraloría general de la república, 2021).

CONCLUSIONES

La investigación realizada en la calle Antúnez de Mayolo, cumple en lograr alcanzar los resultados de la rugosidad y el índice de condición utilizando el método PCI y el rugosímetro MERLIN, para calificar el estado de condición del pavimento flexible y como mejorar la transitabilidad en la calle investigada.

Al realizar la evaluación superficial, en la calle Antúnez de Mayolo, utilizando el rugosímetro de MERLIN, de acuerdo al valor obtenido del carril de subida un IRI = 6,801 m/Km, con una calificación de pavimento MUY MALO y el valor obtenido del carril de bajada un IRI = 4,376 m/Km, con una calificación de pavimento MALO, finalmente se concluye que, la rugosidad de la calle objeto de estudio es equivalente a IRI = 5,588 m/Km, que de acuerdo a la Tabla 24 “Estado vial según valores de rugosidad para el país de Perú” , se considera en un estado de pavimento MUY MALO, por ser mayor a 5,0 m/Km.

Al determinar la evaluación superficial, en la calle Antúnez de Mayolo, utilizando la metodología PCI, se obtuvo en el carril de subida un valor de PCI = 46,10, con una calificación de pavimento REGULAR y en el carril de bajada un PCI = 55,36, con una calificación de pavimento BUENO, finalmente se concluye que, el índice de condición de la calle evaluada, es equivalente a un PCI = 50,73, que de acuerdo a la Tabla 1 “Rangos de calificación del PCI” , se clasifica en un estado de pavimento REGULAR.

Se determinó la transitabilidad, con los resultados alcanzados utilizando el rugosímetro de MERLIN, donde se obtuvo un valor PSI = 1.81, con una clasificación de transitabilidad MALA, asimismo con los resultados de la metodología PCI = 50,73, con una clasificación de pavimento REGULAR, conforme a la Tabla 33, se establece la recomendación de tipo de intervención, para la mejora de la transitabilidad de la calle Antúnez de Mayolo, considerando una REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL, procedimiento a considerar un fresado de capa de rodadura con un espesor que garantice el retiro de las patologías encontradas y una recapeo.

RECOMENDACIONES

Se invita a la Municipalidad Distrital Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, dentro de sus facultades, considerar los resultados de la presente investigación, concernientes a la rugosidad y el estado de condición del pavimento flexible, información que se pueden emplear y utilizar de apoyo con la finalidad de la elaboración de expedientes técnicos para la mejora de la transitabilidad de la vía, y en cuyo caso donde se tenga que evaluar vías extensas y a fin de tener un rendimiento óptimo de evaluación, se considere la utilización de la fotogrametría.

Con los resultados conseguidos tales como, la rugosidad y el índice de condición, se recomienda a la Municipalidad Distrital Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, planificar la elaboración de planes de intervención para el mantenimiento de las vías haciendo uso de la normativa vigente para pavimentos urbanos CE.010., con el fin de asegurar un flujo de tránsito continuo y confortable para el usuario, al ser una vía que enlaza dos distritos muy importantes.

Se sugiere al Área encargada de brindar adecuada transitabilidad, de la Municipalidad Distrital Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, cuando se realice la evaluación superficial de un pavimento de concreto asfáltico, se tenga en consideración el rugosímetro de MERLIN y la metodología PCI, donde colaboren profesionales y técnicos con entendimiento en identificar todas las fallas que considera la metodología PCI y de tal forma los resultados asistan a definir el estado y la calificación del tipo de intervención.

Se enfatiza con esta investigación la necesidad de estimación de recursos para realizar los mantenimientos, y de esta manera llevar a un costo unitario óptimo por metro cuadrado de pavimento colocado y se tome decisiones respectivas, clasificando según la condición y el tiempo de deterioro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- La contraloría general de la república. (2021). *Informe de hito de control N°001-2021-OCI/5323-SCC*. Tacna. Obtenido de https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2021CSI532300003&TIPOARCHIVO=ADJUNTO
- AASHTO. (1993). *Guide for design of Pavement Structures*.
- Aguirre, J., & Chambilla, D. (2021). *Evaluación superficial del pavimento en Calle Tarapacá tramo Ovalo Cuzco hasta avenida Gustavo Pinto, Distrito de Tacna - 2021*. Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1802/Aguirre-Alvarado-Chambilla-Aduvire.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Aguirre, L., & Zarate, M. (1999). *IMPORTANCIA Y VENTAJAS DE LA EVALUACION*. Obtenido de <https://docplayer.es/64143873-Importancia-y-ventajas-de-la-evaluacion-de-pavimentos-antes-de-entrar-en-operacion.html>
- Aranibar, M., & Saavedra, K. (2019). *Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento PCI y el índice de rugosidad internacional IRI en la vía principal Izcuchaca - Huaracundo*. Cusco. Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3151>
- Armijos , C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja*. Loja. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1484/3/Tesis.pdf>
- Arriaga, M., Garnica, P., & Rico, A. (1996). *Índice internacional de rugosidad en la red carretera de Mexico* . Sanfandila.
- ASTM. (2003). *Procedimiento estándar para la inspección del Índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos- ASTM d6433 Estados Unidos*.
- Atarama , E. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES*. Piura.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice de regularidad internacional (IRI): Aspecto y consideraciones importantes*. Costa Rica.
- Cantunarias, & Watanabe. (2017). *Aplicación del método PCI para la evaluación*. Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3589>

- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). *Evaluación de pavimentos*. Caracas.
- del Águila, P. (1999). *Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000Km de pavimentos en el Perú y otros países. Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*. Sevilla.
- Garay, Á., & Jacinto, J. (2021). *Evaluación del pavimento flexible utilizando el PCI y el Índice de rugosidad, en las Avenidas Aviación y Juan Velasco con Prolong. Buenos Aires, Chimbote - Ancash - 2021*. Chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76418/Garay_FAD-Jacinto_SJE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F., Distrito Federal, México: McGraw Hill / Interamericana Editores S.A.
- Huaccha, C. (2019). *Evaluación del pavimento flexible de la Av. Mario Urteaga mediante el rugosímetro de Merlín y el método PCI para determinar el estado de condición del pavimento,2017*. Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14987>
- Jaime , S. (2016). *Estudio del Índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte* . Trujillo.
- Llosa, J. (2013). *Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)*. Lima. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273573>
- Lozano, J., & Mamani, D. (2021). *Evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antunez de Mayolo, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2021*. Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2097/Lozano-Riquelme-Mamani-Arratia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani, B., & Vallejos, H. (2020). *Cálculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la Av. Juan Moore, Tramo: Calle Argentina - Calle Precursores, Tacna - 2020*. Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1535/Mamani-Resalazo-Vallejos-Sardon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Lima.
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos*. Bogotá. Obtenido de <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>
- Montoya, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos*. Colombia.
- Niola, M. (2015). *Análisis de las fallas del pavimento flexible de la avenida Arízaga entre nueve de mayo y ayacucho*. Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5003/1/TTUAIC_2015_I_C_CD0063.pdf
- Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de Merlín*. Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2727/1/tesis%20final%20Bryan%20Reyes%20.pdf>
- Romero, J., & Lozano, A. (1995). *La respuesta dinámica de un cuarato de carro y el índice internacional de rugosidad*. México.
- Sánchez, I., & de Solminihac, H. (1989). *El IRI: un indicador de regularidad superficial*. *Revista de Ingeniería de construcción* (6).
- Sotil Chávez, A. (2017). *Sistematización de información sobre diseño, gestión, construcción y reparación de pavimentos urbanos*. Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/39126091-Sistematizacion-de-informacion-sobre-diseno-gestion-construccion-y-reparacion-de-pavimentos-urbanos-andres-sotil-chavez.html>
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales.
- Zeballos, G., & Vizcarra, C. (2020). *Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro Merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El peligro - Emp. PE-40, Tacna - 2020*. Tacna.

ANEXOS

ANEXO 01.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Evaluación Superficial para la mejora de la transitabilidad vehicular en la calle Antúnez de Mayolo mediante el Método PCI y

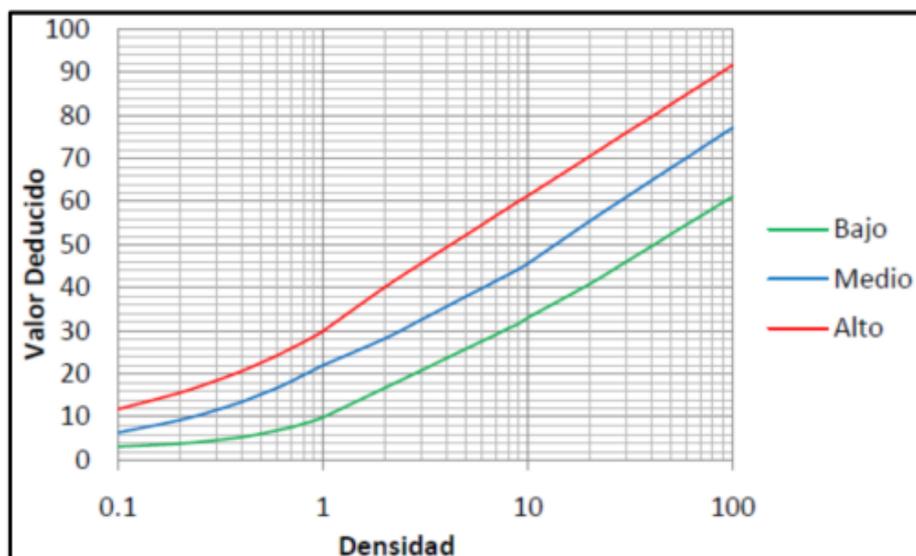
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDICADORES	METODOLOGIA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera la evaluación superficial utilizando el método PCI y el Rugosímetro Merlín permitirá determinar la mejora de la transitabilidad en la Calle Antúnez de Mayolo?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuál es el valor de rugosidad al realizar la evaluación superficial en el pavimento obtenido mediante el Rugosímetro de Merlín en la Calle Antúnez de Mayolo?</p> <p>b) ¿Cuál es el estado de condición del pavimento al realizar la evaluación superficial obtenida mediante el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo?</p> <p>c) ¿De qué manera la evaluación superficial mediante el Rugosímetro de Merlín y el método PCI determina la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Realizar la evaluación superficial, utilizando el método PCI y el Rugosímetro de Merlín para la mejora de la transitabilidad de la Calle Antúnez de Mayolo.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar el valor de la rugosidad superficial utilizando el rugosímetro de Merlín para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo.</p> <p>b) Determinar el índice de condición superficial utilizando el método PCI para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Calle Antúnez de Mayolo.</p> <p>c) Determinar la transitabilidad vehicular mediante el Rugosímetro de Merlín y el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La evaluación superficial, utilizando el método PCI y el Rugosímetro de Merlín, permite determinar la mejora de la transitabilidad de la Calle Antúnez de Mayolo.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) El valor de rugosidad superficial utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Calle Antúnez de Mayolo, es deficiente.</p> <p>b) La determinación de índice de condición superficial utilizando el método PCI en la Calle Antúnez de Mayolo, es pobre.</p> <p>c) La determinación de la transitabilidad en la Calle Antúnez de Mayolo, mediante el método del Rugosímetro de Merlín y el método PCI, permitirá de manera adecuada calificar el tipo de mantenimiento necesario.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Evaluación superficial utilizando método PCI y MERLIN.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rugosidad de los pavimentos (IRI) ▪ Patología del pavimento flexible (Clase: Piel de cocodrilo, Bacheos, fisuras longitudinales, etc.; Severidad : Alta, media y baja; Cantidad: ml, m2 y Und) <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Y1. Mejora de la transitabilidad</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calculo de la transitabilidad (IRI) ▪ Serviciabilidad (Escala nominal: Muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno) ▪ Mantenimiento de pavimento (Tipo de patología) 	<p>Tipo de Investigación</p> <p>- Aplicada con enfoque cuantitativa</p> <p>Diseño de la Investigación</p> <p>- Descriptiva exploratorio</p> <p>Población</p> <p>- Toda la carpeta asfáltica de las vías del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa</p> <p>Muestra</p> <p>- Carpeta asfáltica de la Av. Antúnez de Mayolo.</p> <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <p>- Observación. - Formato de campo. - Uso del Rugosímetro Merlín. - Método PCI.</p> <p>Instrumentos</p> <p>- Ficha o formulario de observación. - Guías de observación y formatos de campo - Reportes del Rugosímetro de Merlín. - Reportes del método PCI</p>

ANEXO 02.- CURVAS DEL VALOR DEDUCIDO DE LAS FALLAS SUPERFICIALES, SEGÚN EL PCI

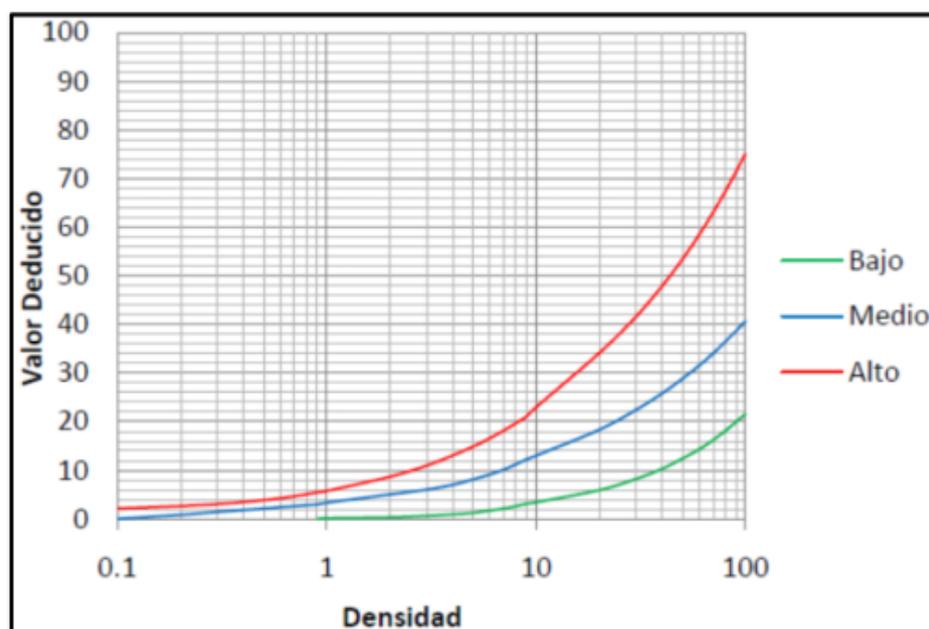
METODOLOGIA PAVEMENT CONDITION INDEX

CURVAS DEL VALOR DEDUCIDO DE LAS FALLAS SUPERFICIALES

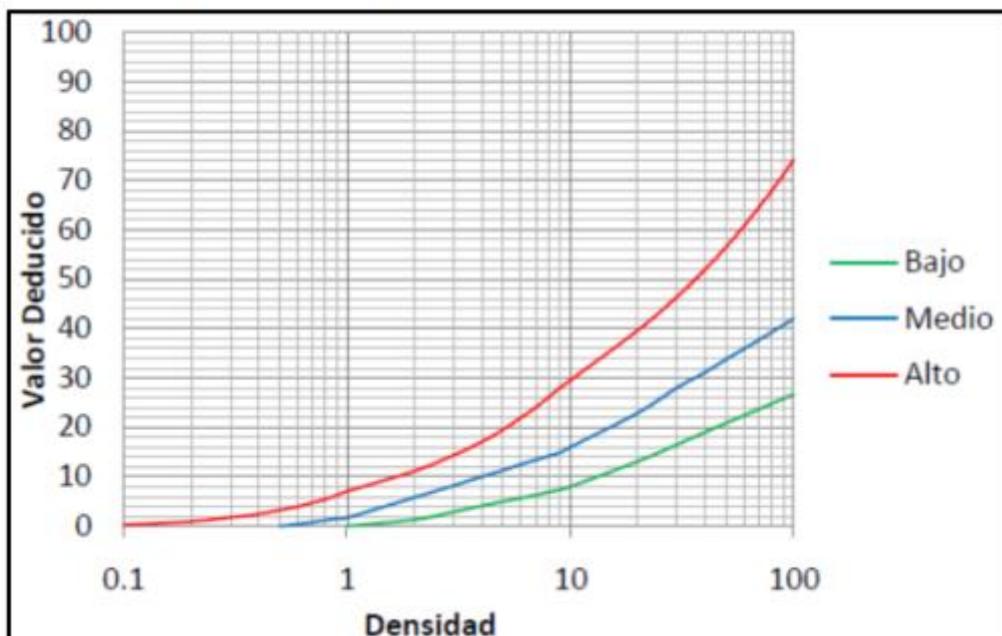
1. PIEL DE COCODRILO



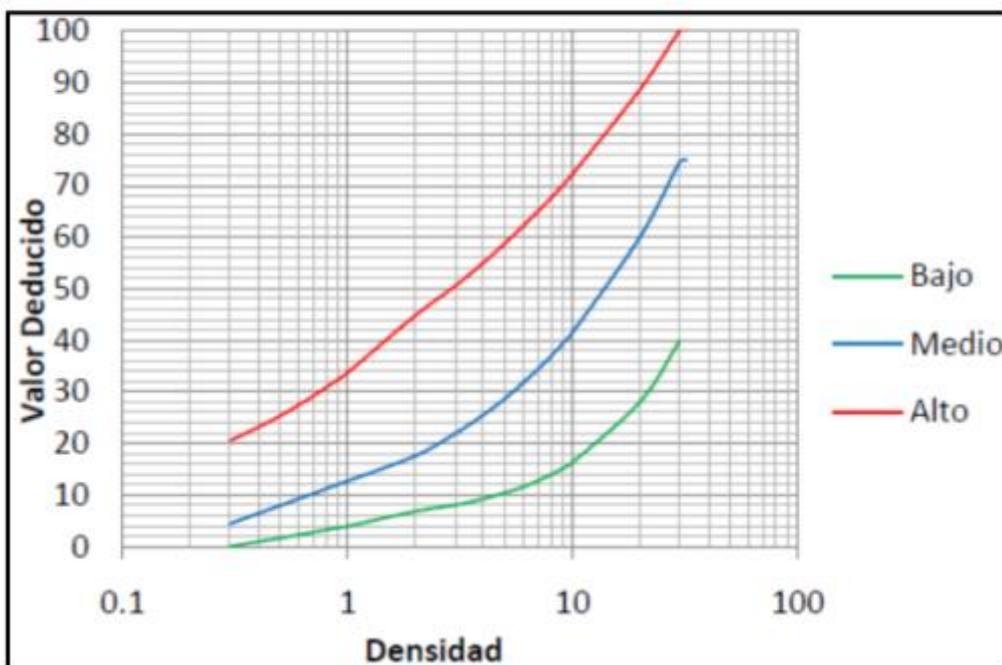
2. EXUDACION



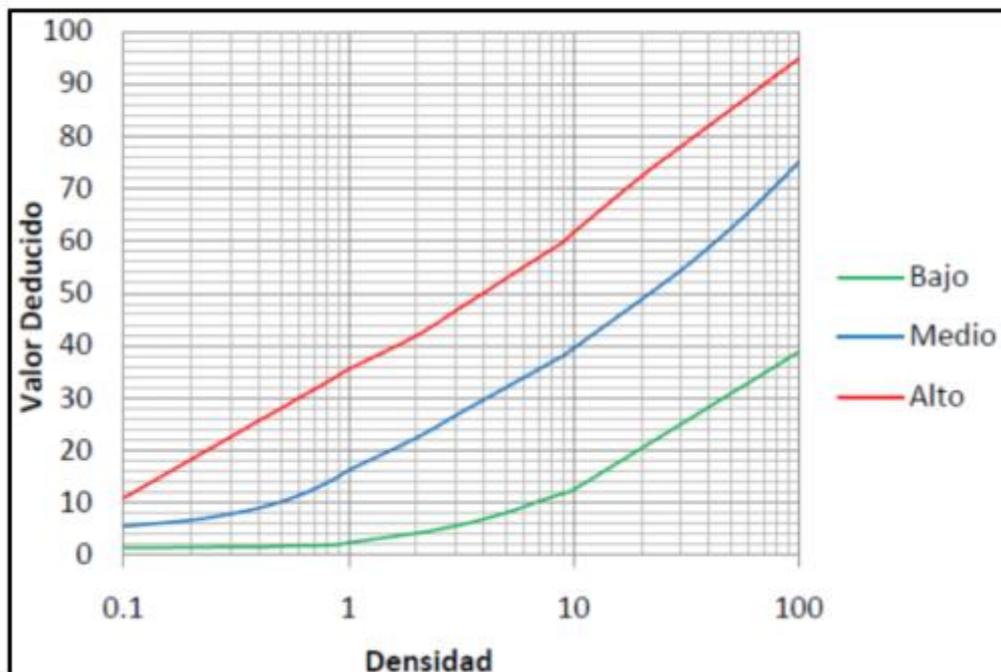
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE



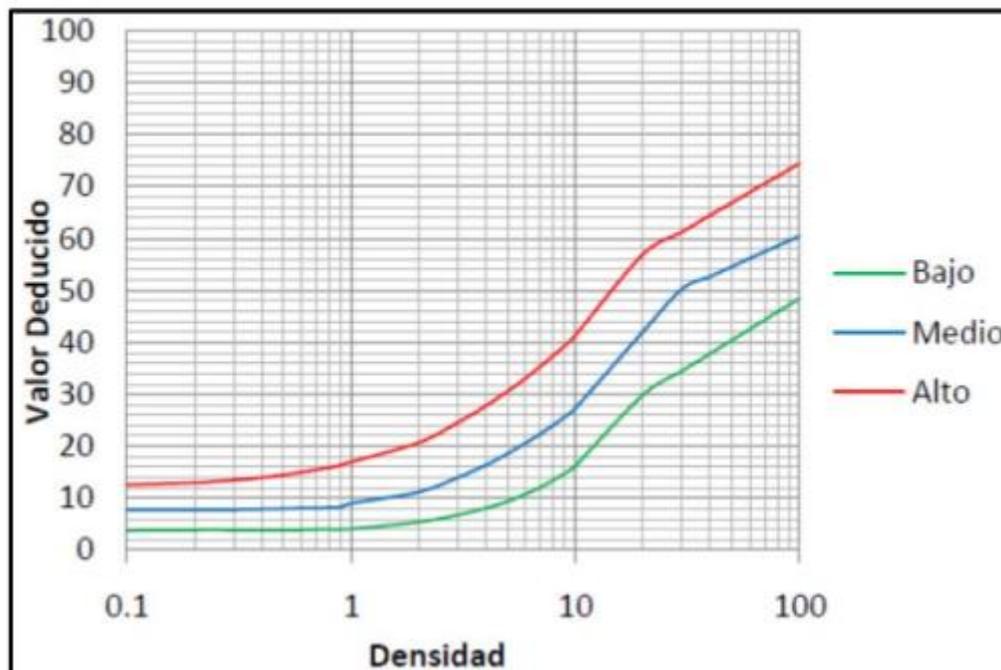
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS



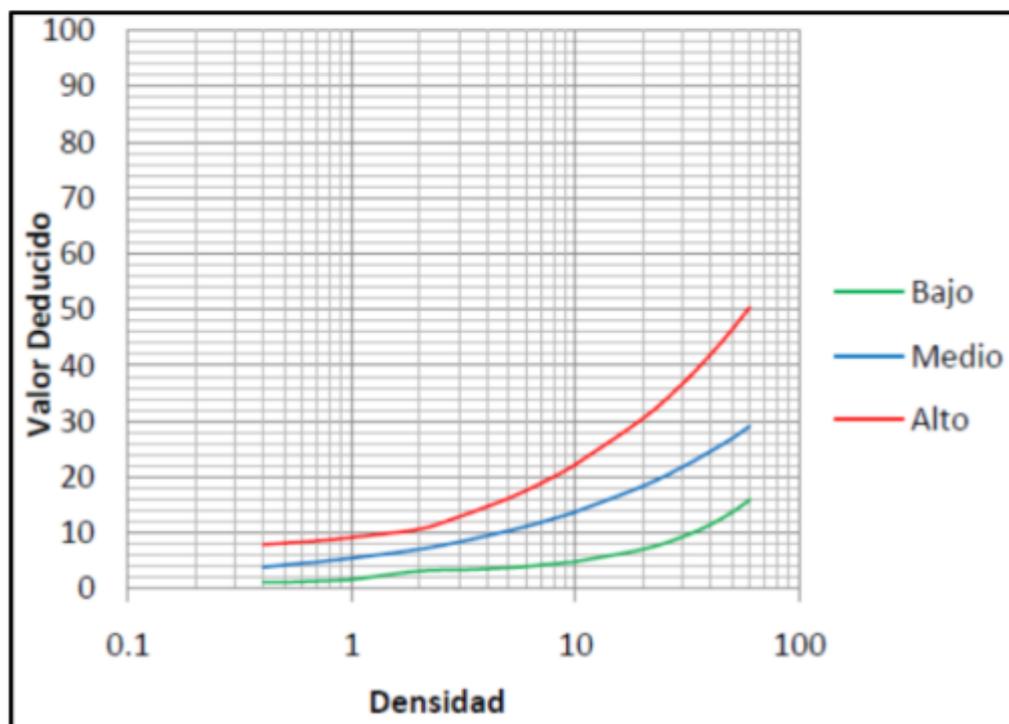
5. CORRUGACION



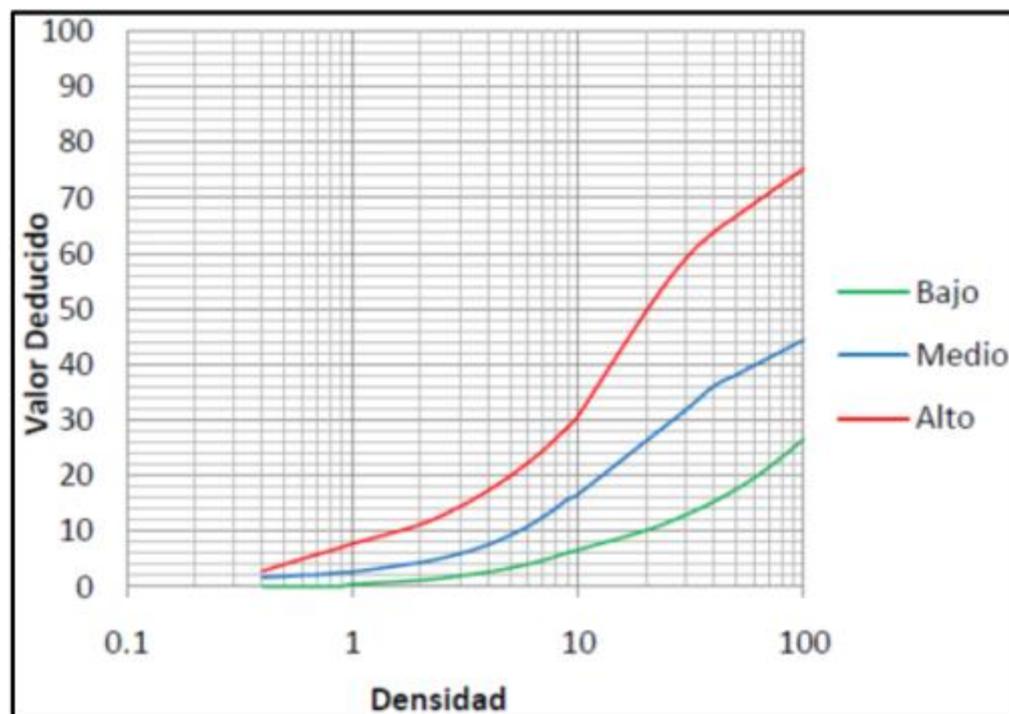
6. DEPRESION



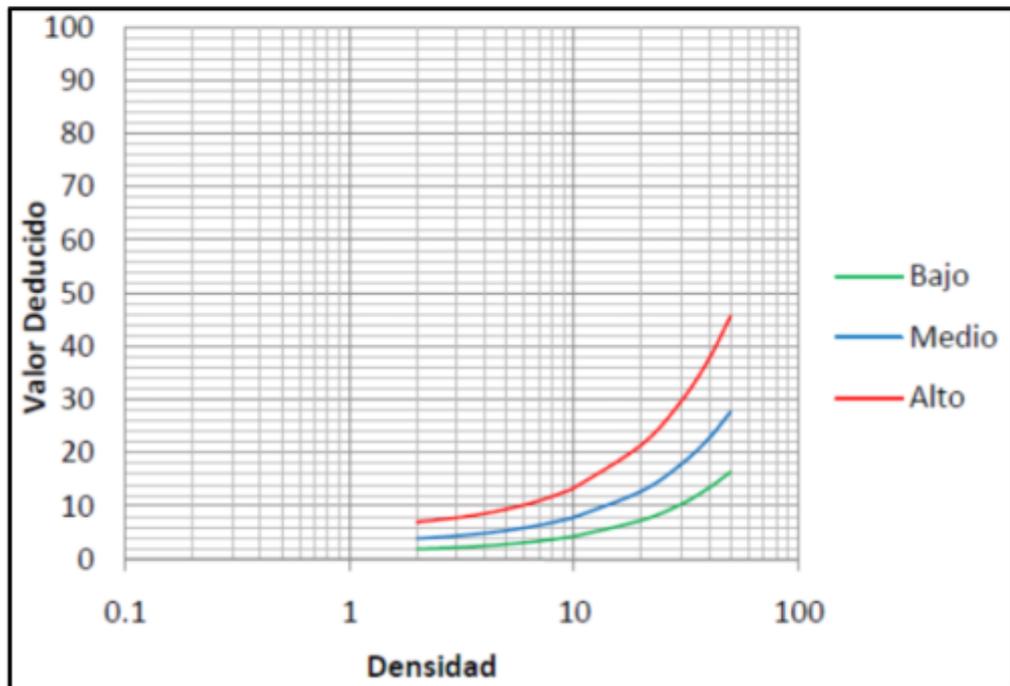
7. GRIETA DE BORDE



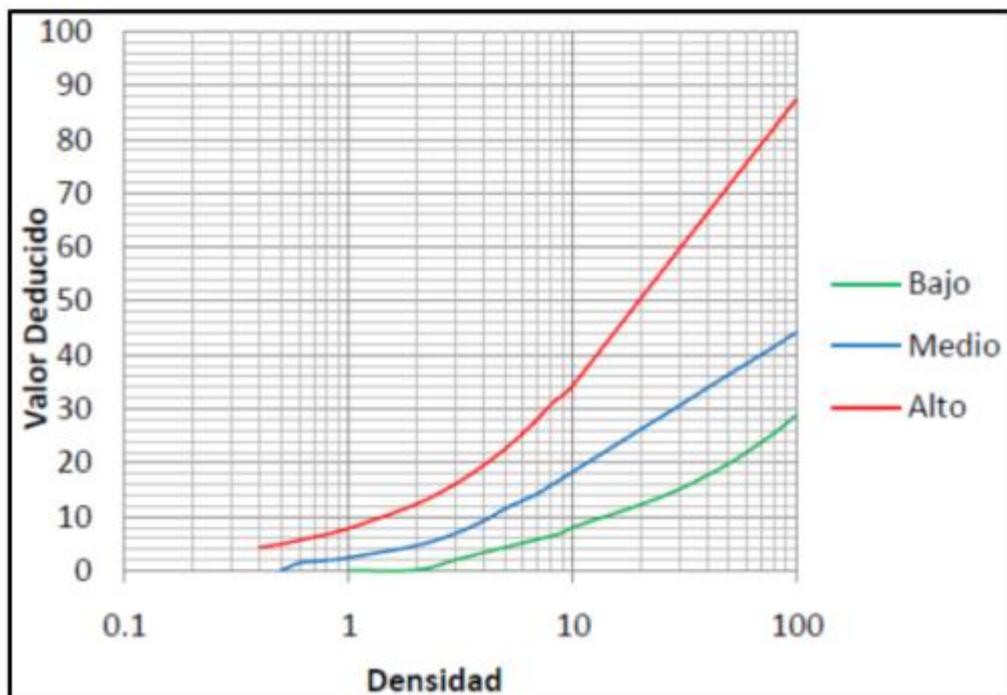
8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA



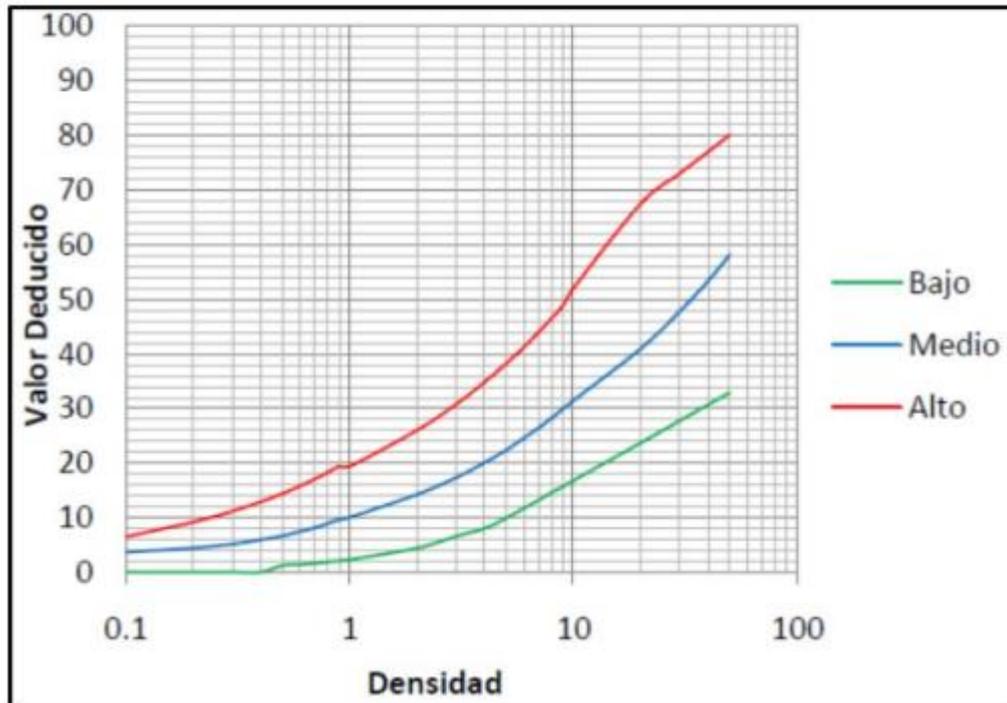
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA



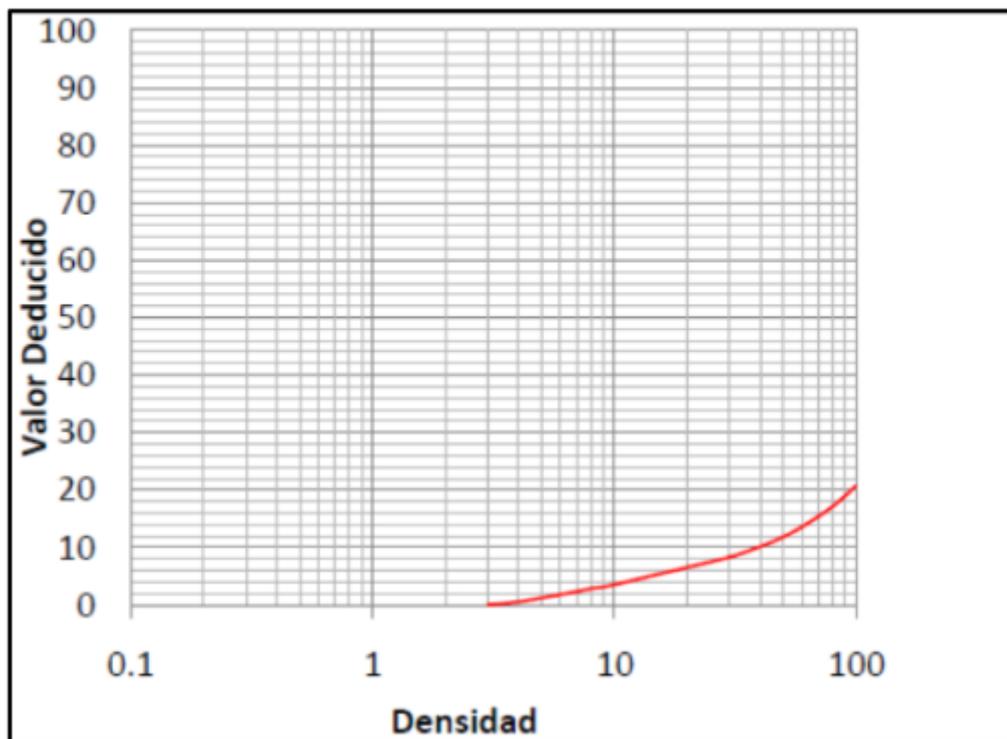
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES



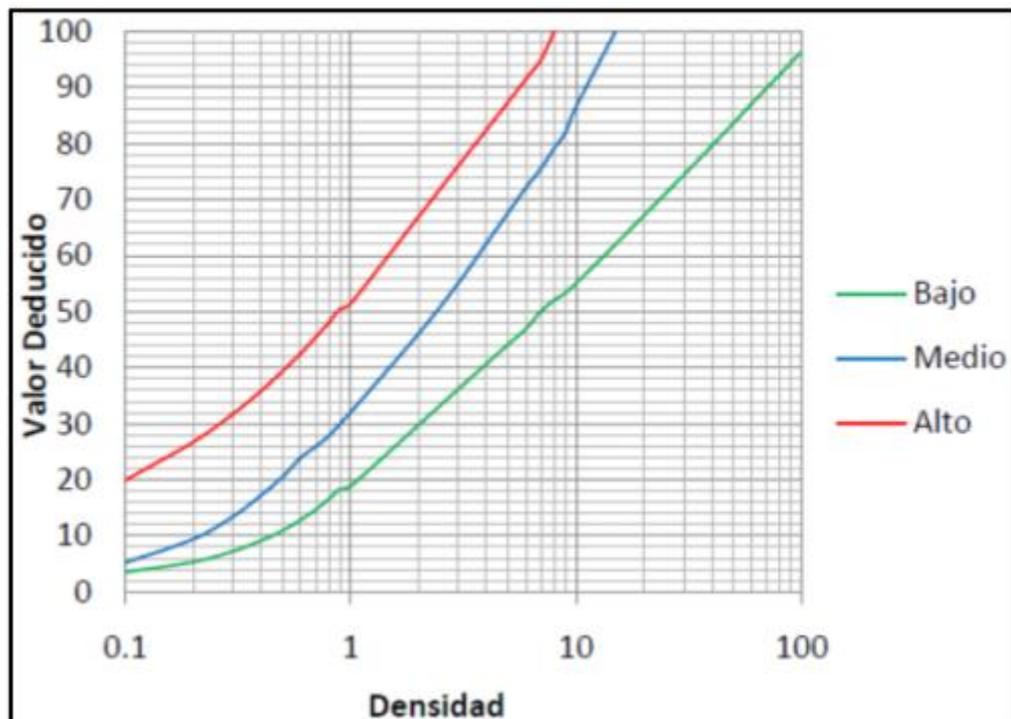
11. PARCHEO



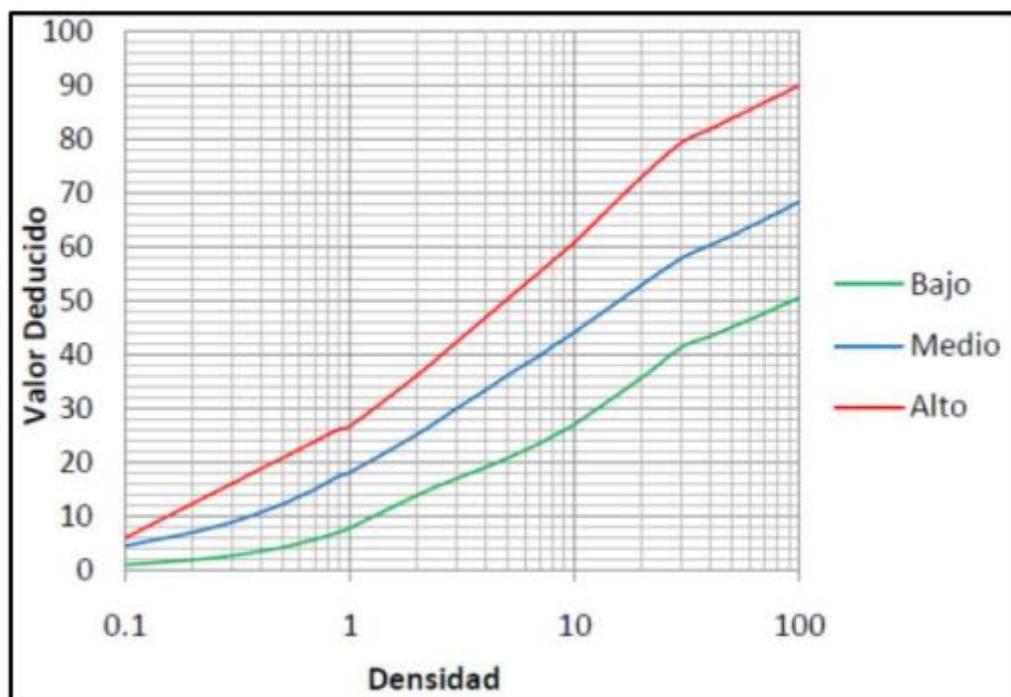
12. PULIMIENTO DE AGREGADOS



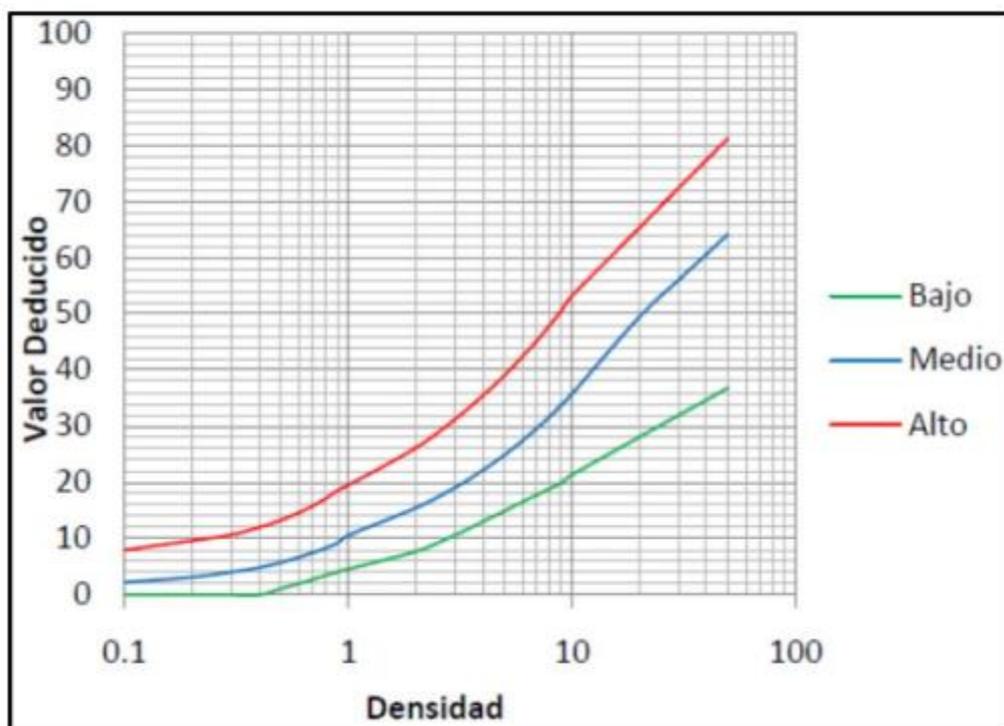
13. HUECOS



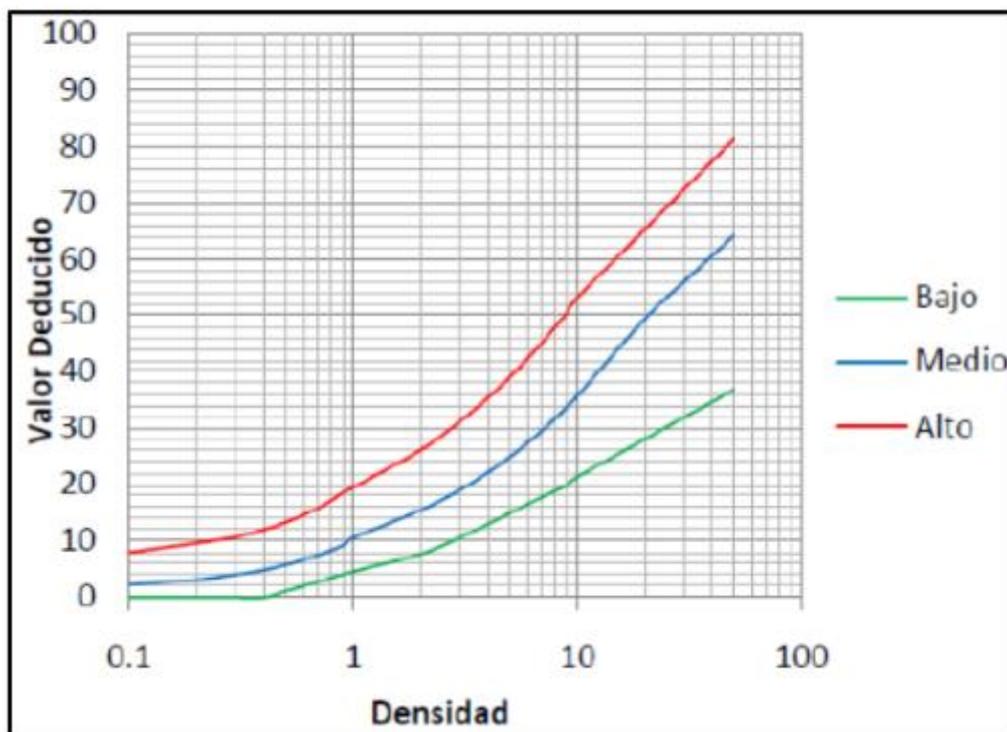
14. CRUCE DE VIA FERREA



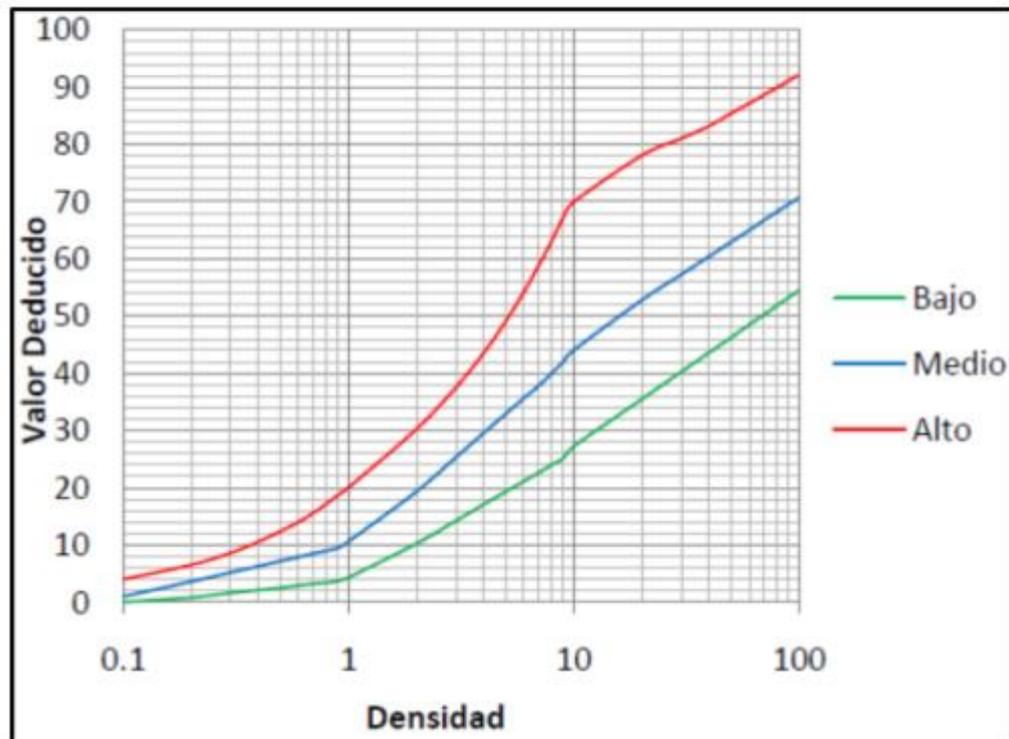
15. AHUELLAMIENTO



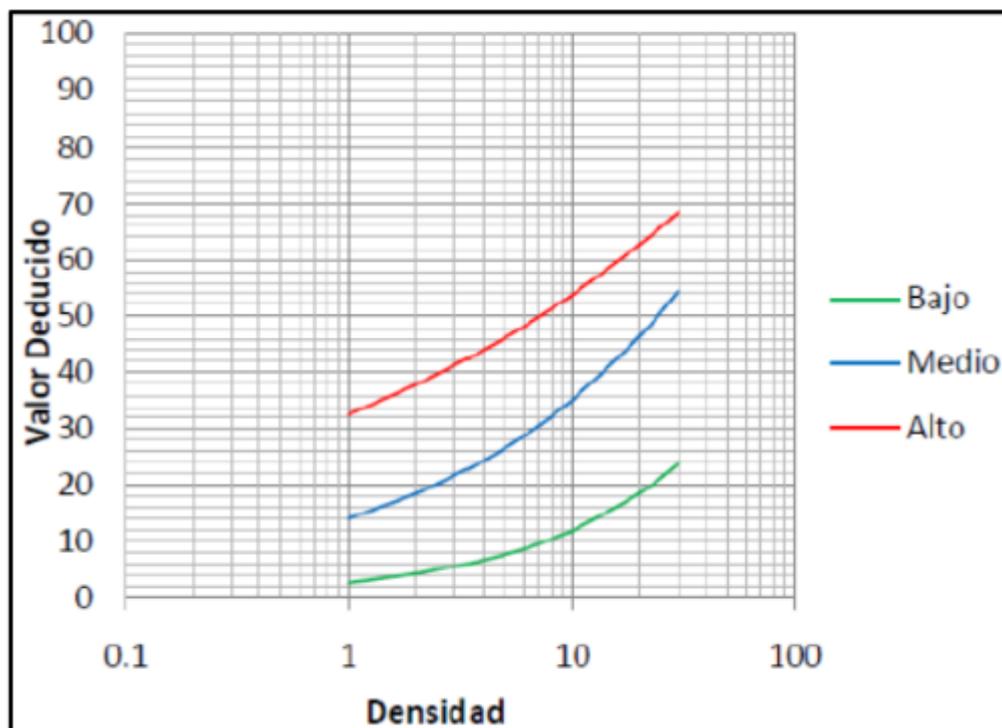
16. DESPLAZAMIENTO



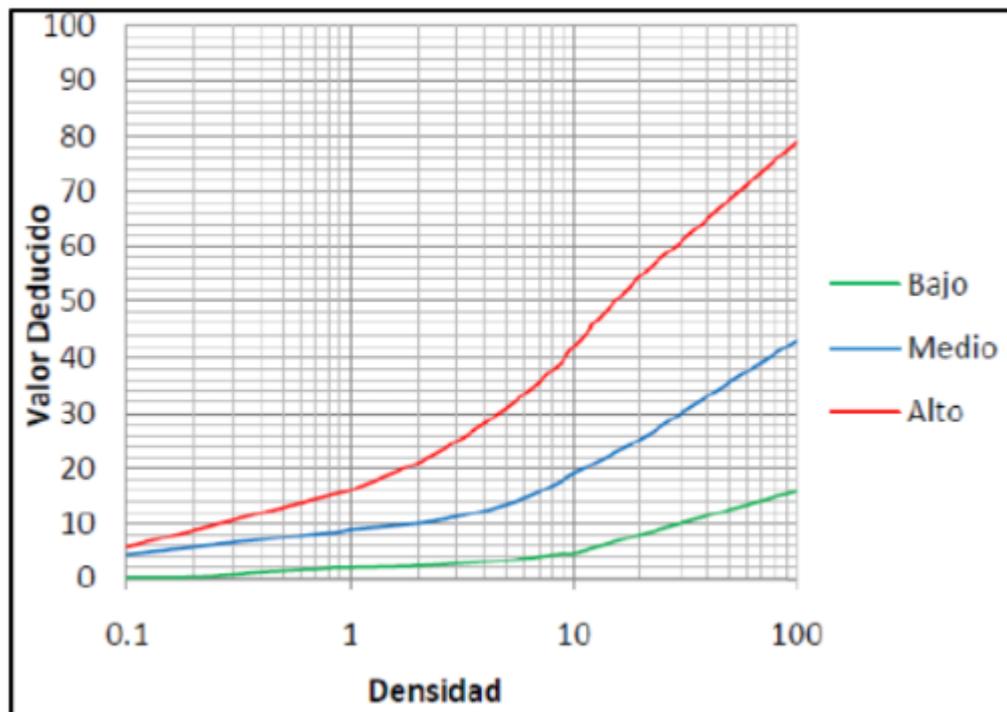
17. GRIETA PARABOLICA



18. HINCHAMIENTO



19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



CURVAS PARA HALLAR EL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

