

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



**TESIS**

**“DETERIORO SUPERFICIAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA Y  
SERVICIABILIDAD VIAL DE LA AVENIDA ANTÚNEZ DE  
MAYOLO, DISTRITO G. ALBARRACÍN L. TACNA - 2021”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. VICTOR RAUL CARHUAVILCA SALAS**

**TACNA – PERÚ**

**2022**

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

**TESIS**

**“DETERIORO SUPERFICIAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA Y  
SERVICIABILIDAD VIAL DE LA AVENIDA ANTÚNEZ DE MAYOLO,  
DISTRITO G. ALBARRACÍN L. TACNA - 2021”**

**Tesis sustentada y aprobada el 01 de julio del 2022; estando el jurado calificador integrado por:**

**PRESIDENTE : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ**

**SECRETARIO : Mtro. MARTÍN PAUCARA ROJAS**

**VOCAL : Mgr. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO**

**ASESOR : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Victor Raul Carhuavilca Salas identificado con documento de identidad 43592356, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: "Deterioro superficial de la carpeta asfáltica y serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, Distrito G. Albarracín I. Tacna, 2021" la misma que presento 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 asumo 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, me hago 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; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 01 de julio del 2022



---

Bach. Victor Raul Carhuavilca Salas

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico a mis padres:

Julia y Justino, quienes siempre confiaron y apoyaron durante mi formación personal, soy consciente y estaré eternamente agradecido por todo lo que hicieron por mí.

A mis hermanos Milagros y Paul, por su apoyo incondicional, por la enorme confianza que depositaron en mí, ya que son mi principal soporte emocional de todos los acontecimientos que pasamos juntos.

A la madre de mis hijas mi núcleo familiar que me motiva a ser mejor persona y superarme.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por permitirme alcanzar la meta trazada.

Agradezco a los Docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

Agradezco a mi asesor por su apoyo constante en el desarrollo de la presente tesis de investigación.

Agradezco a los compañeros de estudios con quienes pasamos gratos momentos

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Descripción del Problema .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	5
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas específicos:.....	5
1.3. Justificación e importancia de la Investigación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
1.5. Hipótesis .....	8
1.5.1. Hipótesis General .....	8
1.5.2. Hipótesis Específica .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes del estudio.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	8
2.1.3. Antecedentes Locales.....	9
2.2. Bases teóricas .....	10
2.2.1. Definición de pavimentos.....	10
2.2.2. Tipos de Vías Urbanos .....	11
2.2.3. Mantenimiento de Pavimentos.....	12
2.2.4. Fallas en Pavimentos.....	12
2.2.5. Método de Evaluación Índice de Condición del Pavimento .....	13

2.2.6. Serviciabilidad vial .....	21
2.2.7. Rugosidad .....	22
2.3. Definición de términos.....	23
2.3.1. Asfalto.....	23
2.3.2. Pavimento asfáltico.....	23
2.3.3. Índice de serviciabilidad.....	23
2.3.4. Fatigamiento.....	24
2.3.5. Tránsito vehicular .....	24
2.3.6. Control de Calidad:.....	24
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1. Tipo y Nivel de la Investigación .....	25
3.1.1. Tipo de investigación .....	25
3.1.2. Nivel de investigación .....	25
3.2. Población y/o muestra de estudio .....	25
3.2.1. Población.....	25
3.2.2. Muestra .....	25
3.3. Operacionalización de variables.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	27
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	32
4.1. Resultados aplicando el PCI .....	32
4.1.1. Cálculo de la Unidad de Muestreo .....	32
4.1.2. Resultados del PCI tramo de Subida .....	37
4.1.3. Resultados del PCI tramo de Bajada .....	45
4.2. Resultados del IRI.....	56
4.2.1. Cálculo del IRI carril de bajada .....	56
4.2.2. Cálculo del IRI carril de Subida.....	59
4.3. Resultados del Serviciabilidad PSI.....	61
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	63
5.1. Análisis de la evaluación de la Condición del Pavimento PCI .....	63
5.2. Análisis de la evaluación de la Rugosidad IRI .....	65
5.3. Análisis de la evaluación de la Serviciabilidad PSI .....	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXO.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de Clasificación del PCI.....	13
Tabla 2. Tipos de fallas en el pavimento flexible .....	14
Tabla 3. Escala de índice de Serviciabilidad.....	17
Tabla 4. Datos de la Unidad de muestra U3 .....	33
Tabla 5. Valor de PCI de la U3.....	33
Tabla 6. Datos de la Unidad de muestra U6.....	34
Tabla 7. Valor de PCI de la U6.....	34
Tabla 8. Datos de la Unidad de muestra U9.....	35
Tabla 9. Valor de PCI de la U9.....	35
Tabla 10. Datos de la Unidad de muestra U12.....	36
Tabla 11. Valor de PCI de la U12.....	36
Tabla 12. Datos de la Unidad de muestra U15.....	37
Tabla 13. Valor de PCI de la U15.....	37
Tabla 14. Datos de la Unidad de muestra U18.....	38
Tabla 15. Valor de PCI de la U18.....	38
Tabla 16. Datos de la Unidad de muestra U21.....	39
Tabla 17. Valor de PCI de la U21.....	39
Tabla 18. Datos de la Unidad de muestra U24.....	40
Tabla 19. Valor de PCI de la U24.....	40
Tabla 20. Datos de la Unidad de muestra U27.....	41
Tabla 21. Valor de PCI de la U27.....	41
Tabla 22. Datos de la Unidad de muestra U30.....	42
Tabla 23. Valor de PCI de la U30.....	42
Tabla 24. Datos de la Unidad de muestra U33.....	43
Tabla 25. Valor de PCI de la U33.....	43
Tabla 26. Datos de la Unidad de muestra U36.....	44
Tabla 27. Valor de PCI de la U36.....	44
Tabla 28. Datos de la Unidad de muestra U3.....	45
Tabla 29. Valor de PCI de la U3.....	45
Tabla 30. Datos de la Unidad de muestra U6.....	46
Tabla 31. Valor de PCI de la U6.....	46
Tabla 32. Datos de la Unidad de muestra U9.....	47
Tabla 33. Valor de PCI de la U9.....	47
Tabla 34. Datos de la Unidad de muestra U12.....	48



Tabla 35. Valor de PCI de la U12 .....	48
Tabla 36. Datos de la Unidad de muestra U15 .....	49
Tabla 37. Valor de PCI de la U15 .....	49
Tabla 38. Datos de la Unidad de muestra U18 .....	50
Tabla 39. Valor de PCI de la U18 .....	50
Tabla 40. Datos de la Unidad de muestra U21 .....	51
Tabla 41. Valor de PCI de la U21 .....	51
Tabla 42. Datos de la Unidad de muestra U24 .....	52
Tabla 43. Valor de PCI de la U24 .....	52
Tabla 44. Datos de la Unidad de muestra U27 .....	53
Tabla 45. Valor de PCI de la U27 .....	53
Tabla 46. Datos de la Unidad de muestra U30 .....	54
Tabla 47. Valor de PCI de la U30 .....	54
Tabla 48. Datos de la Unidad de muestra U33 .....	55
Tabla 49. Valor de PCI de la U33 .....	55
Tabla 50. Datos de la Unidad de muestra U36 .....	56
Tabla 51. Valor de PCI de la U36 .....	56
Tabla 52. Datos del ensayo 1 carril de bajada Merlín .....	57
Tabla 53. Valor de IRI del ensayo Merlín 1 tramo bajada .....	57
Tabla 54. Datos del ensayo Merlín - 2 carril de bajada .....	58
Tabla 55. Valor de IRI del ensayo Merlín 2 tramo bajada .....	59
Tabla 56. Datos del ensayo Merlín - 3 carril de subida .....	59
Tabla 57. Valor de IRI del ensayo Merlín 3 tramo subida .....	60
Tabla 58. Datos del ensayo Merlín - 4 carril de subida .....	60
Tabla 59. Valor de IRI del ensayo Merlín 4 tramo subida .....	61
Tabla 60. Resultados de Serviciabilidad PSI .....	62
Tabla 61. Resumen de las Unidades de muestreo en ambos tramos .....	63
Tabla 62. Propuesta de Mantenimiento según PCI.....	65
Tabla 63. Resumen de valores de IRI por tramos.....	66
Tabla 64. Principales Valores de IRI en Perú .....	66
Tabla 65. Principales valores de IRI en América .....	67
Tabla 66. Resumen de valores de IRI por tramos .....	67
Tabla 67. Principales valores de IRI en América .....	68
Tabla 68. Valores de PCI en función del IRI .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de investigación Av. Antúnez de Mayolo .....	3
Figura 2. Vista actual de la avenida Antúnez de Mayolo .....	5
Figura 3. Vista de principales fallas (parcheos y huecos) .....	4
Figura 4. Vista de principales fallas (desprendimiento de agregados) .....	4
Figura 5. Hoja para registro de información pavimento flexible .....	14
Figura 6. Escala de IRI según Banco Mundial .....	18
Figura 7. Instrumento MERLIN .....	19
Figura 8. Desviaciones de la superficie .....	20
Figura 9. Escala de dispersiones de las desviaciones de la superficie .....	21
Figura 10. Formato de toma de datos de campo .....	22
Figura 11. Histograma de distribución de frecuencias .....	28
Figura 12. Vía de la Avenida Antúnez de Mayolo .....	28
Figura 13. Fallas tipo más comunes .....	28
Figura 14. Presencia de fallas en ambos carriles .....	29
Figura 15. Fallas tipo parcheo .....	29
Figura 16. Ensayo de rugosidad .....	30
Figura 17. Ensayo de rugosidad .....	30
Figura 18. Unidades de Muestreo del Metodo PCI .....	32
Figura 19. Distribución de frecuencias ensayo 1 .....	57
Figura 20. Distribución de frecuencias ensayo 2 .....	58
Figura 21. Distribución de frecuencias ensayo 3 .....	60
Figura 22. Distribución de frecuencias ensayo 4 .....	61
Figura 23. Valores de PSI por sentido de vía .....	62
Figura 24. Tipo de Mantenimiento según PCI .....	64

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Curvas de Valores deducidos (VD).....	73
Anexo 2. Curvas de Valores deducidos Corregidos (VDC).....	82
Anexo 3. Matriz de consistencia.....	83

## RESUMEN

La presente investigación evaluó rugosidad de la carpeta asfáltica, así como la serviciabilidad del pavimento de la avenida Antúnez de Mayolo ubicada en el conjunto habitación Alfonso Ugarte II etapa y el conjunto habitacional Alfonso Ugarte III Etapa del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa. El objetivo de la investigación fue determinar la rugosidad del pavimento, así como las fallas funcionales de la superficie de la calzada para determinar la serviciabilidad del pavimento flexible. La investigación se desarrolló como una tesis explicativa con enfoque cuantitativo- transversal, para el desarrollo de la obtención de datos se aplicó la norma de evaluación superficial del pavimento ASTM D6433 – 16. El método de Pavement Condición Index (PCI) es una metodología simple y efectiva para evaluar y clasificar el estado de un pavimento rígido o flexible, se basa en la inspección visual que identifica el tipo de daño, severidad y cantidad, se clasifica de 0 a 100. Para la evaluación de la rugosidad se utilizó el equipo Merlín para determinar el IRI. Los resultados de la evaluación superficial por el método PCI fue de 50.8% para el carril de bajada y de 52.67% para el carril de subida siendo su clasificación de ambos tramos de Regular. Con relación al resultado del IRI fue de 4.846 m/km en el carril de bajada y de 4.921 en el carril de subida. Con relación a la serviciabilidad del pavimento con los datos de PCI e IRI y correlacionando con varios autores se ha determinado una serviciabilidad de 2.07 para el carril de bajada y 2.04 para el carril de subida. Los resultados muestran una transitabilidad de regular con tendencia a mala siendo necesario la rehabilitación a nivel carpeta asfáltica

**Palabras Claves:** tránsito vehicular, índice de serviciabilidad, fatigamiento. Evaluación funcional

## ABSTRACT

The present investigation evaluated the roughness of the asphalt layer, as well as the serviceability of the pavement of Antúnez de Mayolo avenue located in the Alfonso Ugarte II stage housing complex and the Alfonso Ugarte III Stage housing complex of the Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa district. The objective of the investigation was to determine the roughness of the pavement, as well as the functional failures of the road surface to determine the serviceability of the flexible pavement. The research was developed as an explanatory thesis with a quantitative-transversal approach, for the development of data collection, the pavement surface evaluation standard ASTM D6433 - 16 was applied. The Pavement Condition Index (PCI) method is a simple methodology and effective to evaluate and classify the state of a rigid or flexible pavement, it is based on the visual inspection that identifies the type of damage, severity and quantity, it is classified from 0 to 100. The Merlin equipment was used for the roughness evaluation to determine the IRI. The results of the superficial evaluation by the PCI method was 50.8% for the downhill lane and 52.67% for the uphill lane, with both sections being classified as Regular. In relation to the IRI result, it was 4,846 m/km in the downhill lane and 4,921 in the uphill lane. In relation to the serviceability of the pavement with the PCI and IRI data and correlating with various authors, a serviceability of 2.07 has been determined for the downhill lane and 2.04 for the uphill lane. The results show a regular walkability with a tendency to poor, requiring rehabilitation at the asphalt layer level.

**Keywords:** vehicular traffic, serviceability index, fatigue. Functional evaluation

## INTRODUCCIÓN

Los pavimentos o caminos pavimentados son los elementos de la infraestructura vial para el desarrollo de una nación, proporcionando mejores condiciones de vida en la calidad o nivel de vida de sus habitantes y promoviendo el desarrollo económico, turístico, cultural, etc., entre dos puntos de generación económica. En ese sentido, es importante conocer las condiciones de funcionalidad y serviciabilidad de las calzadas pavimentadas en las ciudades y plantear un plan estratégico de mantenimiento a fin de garantizar una adecuada seguridad y comodidad de las vías urbanas a los usuarios que transitaran sobre ella. Mediante la evaluación superficial de las calzadas se puede evaluar los diferentes daños que se producen en la superficie de una determinada calzada de pavimento flexible. En la actualidad existen diferentes métodos para evaluar la calzada de un pavimento, entre los métodos más conocidos y aplicados en la evaluación de pavimentos flexibles está el método "Pavement Condition Index -PCI", que determina la condición superficial del pavimento, también se tiene la metodología del IRI que mide la rugosidad de la superficie de la calzada del pavimento flexible.

La importancia de conocer la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible que ayuda a determinar la serviciabilidad vehicular y peatonal, cuyos resultados obtenidos con la metodología del rugosímetro de MERLIN y la metodología del PCI, ayuda a proponer el tipo de intervención que se debe programar ya sea una rehabilitación o una reconstrucción de la vía investigada, para brindar a los usuarios seguridad y confort. La determinación de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad en la avenida Antúnez de Mayolo, toma mucha importancia porque la avenida está siendo aperturada en su zona de ingreso al distrito Gregorio Albarracín Lanchipa y servirá de conectividad con la ciudad de Tacna, la vía evaluada es aproximada de 2.0 km, con doble calzada de doble carril y con un ancho de calzada de 6.0 m.

La presente investigación está desarrollada en cinco capítulos, el capítulo uno se describe la formulación del problema, se presenta también la justificación del trabajo de investigación y se redacta objetivos e hipótesis. En el capítulo dos, se plasma lo referido al marco teórico, identificando los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos. En el capítulo tres, se desarrolla el marco metodológico, indicando el tipo y nivel de investigación, la población y muestra de la investigación, instrumentos y desarrollo de la toma de datos de campo. En el capítulo cuatro, presentamos los resultados de los métodos utilizados del PCI e IRI y del PSI. En el quinto capítulo se desarrolla la discusión en relación a las investigaciones similares y comparando los resultados con las normas, finalmente se presenta las conclusiones y las recomendaciones.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema

El distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, viene teniendo un crecimiento poblacional permanente por migración, siendo uno de los distritos más poblados de la Región de Tacna. Se conoce por historia que los movimientos migratorios de la antes Nueva Tacna, hoy Distrito Coronel Gregorio Albarracín, en las dos últimas décadas han cambiado el panorama urbano de Tacna, actualmente el distrito cuenta con servicios de habilitación urbana especialmente relacionados con la pavimentación de las principales avenidas a base de carpetas asfálticas en frío.

En la presente tesis se busca evaluar y determinar el deterioro superficial que se presenta en la avenida Antúnez de Mayolo en una extensión aproximada de dos kilómetros de longitud en ambos sentidos de vía, las fallas que presenta la vía o calzada se producen por diferentes factores que dañan la carpeta asfáltica como ser: inadecuadas condiciones de ejecución de la vía, deficiencias en el diseño de la carpeta asfáltica, el tránsito vehicular pesado, falta de programas de mantenimiento, obras de cambios de redes de saneamiento, entre otros. También la calzada es afectada en su serviciabilidad por el mal confort cuando la vía no cuenta con la seguridad y las buenas condiciones de transitabilidad. Las irregularidades superficiales en la capa de rodadura de un pavimento generan en los vehículos en movimiento, incomodidad, inseguridad causando estrés en el conductor. Actualmente esta vía está siendo aperturada en su tramo inicial para ser conectado con la avenida Collpa y de esta manera mejorar el flujo vehicular en los ingresos al distrito.

El método más utilizado actualmente para medir la regularidad del perfil longitudinal de una vía es el índice de rugosidad internacional (IRI, International Roughness Index). Es necesario generar programas de infraestructura vial con buen diseño de la estructura del pavimento y un correcto proceso constructivo utilizando metodologías modernas que prolongue su vida útil del pavimento, reduciendo los mantenimientos periódicos, tan solo se realice los mantenimientos rutinarios.

En la actualidad el transporte urbano utiliza la avenida Antúnez de Mayolo en toda su extensión, por lo que existen presencia de daños y fallas, existe el peligro de que por la falta de mantenimiento las fallas se van incrementando es su severidad, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que luego necesite una reconstrucción, esta avenida presenta en su capa superficial del pavimento asfáltico presencia de las diversas patologías existentes para ser evaluados por la metodología del PCI y el cálculo de la rugosidad IRI utilizando el equipo MERLIN. La ubicación del proyecto de investigación se

muestra en la figura 1. Imagen satelital obtenida del Google Earth.

### Figura 1

*Zona de investigación Av. Antúnez de Mayolo*



*Nota.* Ubicación de la avenida Antúnez de Mayolo en el distrito G. Albarracín. Tomado de Google Earth (2021).

En la actualidad la avenida Antúnez de Mayolo es de dos calzadas cada una de ellas con dos carriles con superficies de carpeta asfáltica en frío, separadas por una berma central que tiene una caminería y áreas verdes, en la figura 2 se aprecia dicha vía.

### Figura 2

*Vista actual de la avenida Antúnez de Mayolo*



La condición del pavimento flexible antes de iniciar la investigación presenta una serie de fallas, en las dos calzadas tanto el de bajada como el de subida. Las imágenes describen la ubicación en la cual se encuentran estas fallas, así como también se



identifica a un tipo de fallas según el método del PCI a aplicar. La carpeta asfáltica presenta algunas fallas comunes, la que más se aprecia son la desintegración de los agregados, fisuras, parches, entre otras fallas, en las figuras 3 y 4 se muestran algunas fallas que presenta la superficie de la carpeta asfáltica.

### **Figura 3**

*Vista de principales fallas (parcheos y huecos)*



### **Figura 4**

*Vista de principales fallas (desprendimiento de agregados)*



## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el deterioro superficial de la carpeta asfáltica y la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021?
- b. ¿Cuál es el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021?

## **1.3. Justificación e importancia de la Investigación**

Los procesos de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de un pavimento flexible de las vías del distrito Tacna se vienen ejecutando con diferentes recursos entre ellas con recursos del Canon, Sobre Canon y Regalías mineras, las vías de la ciudad de Tacna, así como la vía de la presente investigación presenta un pavimento flexible con una calzada a base mezclas asfálticas en frío. Este tipo de pavimentos están expuestas a un deterioro prematuro de la superficie de la carpeta asfáltica (calzada), los pavimentos flexibles deben ser construidas para un horizonte de vida del proyecto como mínimo de 20 años, y garantizar la inversión pública, otros procesos constructivos para vías en la ciudades tienen mayores horizontes de vida como son las estructuras de pavimentos rígidos, las entidades públicas como la Municipalidades son las encargadas de realizar las políticas relacionadas al mantenimiento y garantizar una adecuada transitabilidad vehicular garantizando el confort y el nivel de servicio adecuado de las vías de la ciudad, por otro lado también estas entidades públicas tienen la función de supervisar y realizar estudios para la construcción, mejoramiento, rehabilitación y Conservación de todas las vías del distrito así como de las políticas adecuadas para brindar el servicio adecuado de las vías. Un buen mantenimiento de las vías garantiza que la sociedad pueda transitar en condiciones adecuadas con el uso de vehículos particulares o públicos, así mismo, mejora o reduce los costos de operación vehicular y riesgos de accidentes, integra las diferentes áreas o zonas comerciales, proporciona la relación y vinculación de las diferentes redes urbanas del distrito y especialmente en

zonas consolidadas y en zonas de expansión urbana, así como la cohesión con toda la ciudad de Tacna.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el deterioro superficial de la carpeta asfáltica y la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021.
- b. Determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021.

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis General**

El deterioro superficial de la carpeta asfáltica y de la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021. presenta condiciones funcionales de regular a malo

##### **1.5.2. Hipótesis Específica**

- a. El índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021 presenta índice del PCI en promedio mayor a 50 (regular)
- b. El índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021. Presenta condiciones de rugosidad de regular a malo.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Camacho et al. (2010), en su proyecto de investigación “Deterioros prematuros de la mezcla asfáltica en la Concesión de la Carretera San José-Caldera” en Costa Rica, se realizaron una evaluación de investigación detallada de la carretera observando una serie o variedad de fallas en el pavimento como el ahuellamiento, agrietamiento, pérdida de agregados y baches, concluyendo la investigación que las fallas son ocasionadas por un mal proceso constructivo en la utilización de los agregados en la mezcla asfáltica, las deficiencias del diseño de mezclas realizado y ejecutado en la carretera produjo como resultado el deterioro de la superficie o calzada del pavimento.

Según la tesis “Pavement performance measures using Android based Smartphone application”, desarrollado por Mohammed Junaid Uddin en el año 2015, desarrollo la medición de la rugosidad del pavimento en la ciudad de Hyderabad, una ciudad de la India, la tecnología aplicada fue el teléfono inteligente basado en un Android, en la cual se determinó la rugosidad como un indicador para calificar la condición del pavimento así como para evaluar pavimentos nuevos, en dicha investigación se realizaron ensayos con velocidades por debajo de los 20 km/h los resultados determinados por el teléfono inteligente basado en un Android. La evaluación para determinar el IRI promedio se realiza cada 100m, además concluyó que a una velocidad constante de 50 km/h son más confiable los resultados obtenidos del IRI. (Junai, 2015)

Vásquez (2014), en el informe de “Falla de Grietas por Fatigamiento en la calle Principal del sector Cañaveral del Municipio Independencia del Estado Yaracuy”, realizado en el país de Venezuela, la investigación determinó que el pavimento contiene una serie de fallas producto de las deficiencias o falta de mantenimiento, que ocasionan los fenómenos meteorológicos (climas, lluvias, temperatura, etc.), en esta zona la investigación indica la presencia de excesivas precipitaciones pluviales, conllevando a que las vías o calzadas presenten daños en la superficie del pavimento, así como de la capa de sub-base debido al exceso de aguas pluviales; por otro lado se sacó otra conclusión que podría ser la falta de compactación de las capas del pavimento.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Robles (2015) en su investigación del “cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima” (Tesis de título profesional), de la Universidad Ricardo Palma. El autor indicó que la ciudad de Lima presenta un crecimiento del parque automotor y que esta es la causa principal que tienen los pavimentos por que se exponen a una mayor demanda de vehículos, los pavimentos deben presentar características esenciales en su funcionalidad como ser: resistente a las cargas vehiculares a lo largo de su proyección de vida útil, proporcionando un adecuado confort o adecuada circulación para el vehículo, ser eficiente en su proyección y economía de los gastos de mantenimiento, tener un drenaje adecuado de tal forma que la transitabilidad sea permanente y segura, de una forma no afecte la durabilidad.

La tesis “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay – Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014”, desarrollado por Vergara Vicuña, Antony L. en el año 2015. En la presente investigación se utilizó la metodología del PCI, evaluando en un kilómetro de carretera todas las fallas presentes en el pavimento para calificar el estado funcional de la vía. De acuerdo a la determinación del índice de condición del pavimento, es decir el valor del PCI se puede realizar las recomendaciones de mantenimiento o rehabilitación. En la investigación se utilizaron 28 unidades de muestreo, obteniendo resultados como: el 36% presentan un estado de pavimento *Malo*; el 32% presentan un estado *regular*, un 25% presenta un estado *muy malo* y un 7% estado *bueno*. Considerando todas las unidades de muestreo, se obtiene un valor de PCI promedio igual a 35%, con ella se calificó el estado del pavimento evaluado como *malo*, el resultado obtenido finalmente ayudó a determinar el tipo de intervención, ya sea mantenimiento rutinario, periódico y/o rehabilitación necesaria a ejecutar en el pavimento. (Vergara, 2015)

Rabanal (2014), en su investigación de “análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca - 2014”, la investigación correspondió a Tesis de título profesional de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca. Según la investigación realizada en esta tesis consistió en aplicar el método de evaluación de pavimentos flexibles del PCI (Pavement Condition Index), método muy eficaz y confiable en la evaluación de fallas, esta metodología utilizada en distintos países de América Latina. Finalmente llegó a la conclusión que la vía de evitamiento Norte, presenta un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49.

### 2.1.3. Antecedentes Locales

Según Machaca & Falcón (2021) en su trabajo de investigación determina la rugosidad y la condición del pavimento para mejorar la serviciabilidad, en una longitud horizontal de 2,66 km. y ancho de calzada de 7,20 m., utilizando metodologías tradicionales de gran efectividad el Rugosímetro de MERLIN y la metodología PCI. El objetivo de la investigación es determinar la rugosidad y el índice de condición del pavimento para la serviciabilidad en la avenida Municipal, tramo: Óvalo Cuzco – Avenida Bohemia Tacneña, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, utilizando la metodología del rugosímetro de MERLIN y la metodología del PCI para el análisis de la rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento flexible. La investigación es de tipo Aplicada con enfoque cuantitativo, porque busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas, con el único objetivo de ampliar el conocimiento mediante la evaluación de la rugosidad y el índice de condición de la carpeta asfáltica, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinándose resultados del IRI igual a 4,414 m/km calificando al pavimento como *regular*. Por otro lado se obtuvo un PCI ponderado en todo el tramo de la avenida Municipal igual a 13,04%, con una calificación de índice de condición del pavimento *muy malo*. Se concluyó con la determinación de la serviciabilidad presente en base a los resultados del IRI en la avenida Municipal, obteniendo la calificación de la serviciabilidad igual a 2,240 de PSI que significa de *regular a malo*.

Según Vásquez (2021) la investigación evaluó la condición de la superficie del pavimento de la Avenida la Cultura entre la Avenida Los Poetas y la Avenida Bohemia Tacneña del distrito C. Albarracín L. Tacna. La investigación realizada identificó las fallas en la calzada del pavimento flexible, utilizando la metodología de evaluación de pavimentos flexibles del PCI. El método PCI toma en consideración la apreciación visual identificando el tipo de daño, severidad y cantidad, con los datos de campo o la información recopilada, se puede clasificar la condición del pavimento con una valoración de 0 a 100. La Av. La Cultura entre La Av. Los Poetas y La Av. Bohemia Tacneña tienen calzadas de dos carriles por sentido vehicular, presenta una sección constante de 6,10 metros y una longitud aproximada de mil quinientos metros lineales. La investigación plantea dos tramos, el tramo Nro. 1 con un total de 22 unidades de muestreo y el tramo Nro. 2 con un total de 17 unidades de muestreo, teniendo un total de 39 unidades de muestreo. En el tramo de bajada también se consideró dos tramos de estudio, el tramo Nro. 1 con un total de 22 unidades de muestreo y tramo Nro. 2 se dividió en 15 unidades de muestreo, teniendo un total de 37 unidades de muestreo. Los resultados obtenidos

fueron de regular a bueno. Con los resultados se planteó alternativas de solución para mitigar los daños y prolongar la vida útil del pavimento en la Av. La Cultura.

Según Guzmán (2017), en su investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo av. Jorge Basadre Grohmann este – av. Basadre y Forero, aplicando el método del PCI”, sustentado en la Universidad Privada de Tacna”. La investigación tuvo el objetivo de hallar la condición del pavimento de la vía mediante el método no invasivo. El estudio aplicó el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), respaldado por la Norma ASTM 6433-07. La metodología se aplicó a un tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay, departamento de Tacna, comprendido entre las avenidas Jorge Basadre Grohmann Este y Basadre y Forero, en un tramo de mil quinientos metros lineales. El Método toma datos de campo identificando los tipos de fallas y el nivel de severidad, luego de procesar los datos de campo determinó la condición del pavimento cuyo resultado fue de 60 y 57 indicando que estas se encuentran en condiciones buenas para los dos tramos evaluados respectivamente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Definición de pavimentos**

Los pavimentos son estructuras que están conformadas por diferentes capas superpuestas de materiales adecuados por la sub rasante con el fin de distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas del vehículo al terreno de fundación o sub-rasante. Así mismo el pavimento debe brindar una superficie o calzada cómoda y segura cuando se transite sobre ella. El servicio debe ser de calidad para el manejo, ser adecuada para la resistencia al deslizamiento, así como prestar niveles adecuados de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido (Montejo, 2002).

#### **2.2.1.1. Pavimentos Flexibles**

Rico & Del Castillo (1984) menciona que la capa de sub rasante se construye la estructura del pavimento flexible, que está compuesto por diferentes capas como son la sub – base granular, base granular y carpeta asfáltica. La superficie de rodamiento uniforme o calzada del pavimento debe ser resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, debe cumplir la función de transmitir a la sub rasante los esfuerzos de las cargas del tránsito.

Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes: Resistencia estructural, Deformabilidad, Durabilidad, Costo, Requerimientos de conservación y Comodidad.

#### **2.2.1.2. Pavimentos Rígidos**

Los pavimentos rígidos son aquellos en que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que transmite las tensiones a las capas de la sub rasante por medio de su elevada resistencia a la flexión, se pueden generar tensiones y deformaciones de tracción de bajo la losa que producen la figuración por fatiga, por la aplicación de la carga de tráfico. La capa inmediatamente inferior a las losas de C.C.P. denominada sub-base, por esta razón, puede ser constituida por materiales cuya capacidad de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles.

#### **2.2.2. Tipos de Vías Urbanos**

Las vías urbanas se clasifican en:

##### **a. Vías Expresas**

Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano.

##### **b. Vías Arteriales**

Las vías arteriales establecen un tránsito vehicular, con media o alta fluidez, estas vías pueden ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

##### **c. Vías Colectoras**

Estas vías sirven para conducir el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales.

##### **d. Vías Locales**

Su función principal es dar acceso a los predios o lotes, para un tránsito propio, también pueden transitar por ellas vehículos livianos, ocasionalmente semipesados, se permite estacionamiento vehicular y tránsito peatonal.



### **2.2.3. Mantenimiento de Pavimentos**

El mantenimiento se define como la preservación y cuidado de la vía, para la calzada, estructura, seguridad vial, ornato, iluminación y de cualquier otra facilidad vial, conservando adecuadamente las características geométricas y estructurales del proyecto vial original. El mantenimiento tiene por objetivo preservar, reparar o restaurar una vía considerando factores técnicos, económicos para un confort adecuado de uso de vía.

Las actividades de mantenimiento, se clasifican de acuerdo a la frecuencia de aplicación en rutinarias y periódicas.

#### **2.2.3.1. Mantenimiento Rutinario**

Este mantenimiento tiene el objetivo de ser preventivo, de modo permanente y preservar los elementos de una vía, conservando las condiciones iniciales de diseño después de la construcción o rehabilitación, incluye reparaciones menores, limpieza de la plataforma, limpieza de las obras de drenaje, talado de vegetación dentro del ancho de derecho de vía.

#### **2.2.3.2. Mantenimiento Periódico**

Este tipo de mantenimiento se realiza en períodos de un año o más, el objetivo de este mantenimiento es de recuperar las condiciones adecuadas de la vía, mejorar las zonas deterioradas por el uso y evitar que se agraven las fallas, se debe mantener las características iniciales de la superficie de la calzada de la vía, comprende también las reparaciones de la carpeta asfáltica, de las obras de arte y drenaje, así como de las reparaciones de la señalización y elementos de seguridad.

### **2.2.4. Fallas en Pavimentos**

#### **a. Fallas estructurales**

La falla estructural es la deficiencia del pavimento que reduce la capacidad de carga afectando a toda la estructura del pavimento. Esta deficiencia se presenta cuando la estructural del pavimento es sometida a cargas repetitivas por acción del tránsito vehicular, presentando un agrietamiento estructural que se relaciona con la deformación o la tensión horizontal por tracción en las diferentes capas de la estructura del pavimento.

## b. Fallas funcionales

Estas fallas se presentan en las superficiales de la calzada de la vía y que están asociadas a la serviciabilidad del pavimento, estas fallas afectan al tránsito de los vehículos. Por otro lado, estas fallas generan la pérdida de funciones iniciales para las cuales fue diseñada la vía, como la pérdida del confort en la superficie del pavimento.

### 2.2.5. Método de Evaluación Índice de Condición del Pavimento

Este método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) clasifica con un número porcentual la superficie de las condiciones del pavimento, va desde cero para un pavimento fallado o en pésimo estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelente estado.

En Tabla 1 se muestra los rangos de PCI con la clasificación o rangos de la condición del pavimento.

**Tabla 1**

*Rangos de Clasificación del PCI*

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 - 85	Excelente
85 – 71	Muy bueno
70 – 56	Bueno
55 – 41	Regular
40 – 26	Malo
25 – 11	Muy malo
10 - 0	Fallado

*Nota.* Adaptado de Norma ASTM D6433-07, 2007

#### 2.2.5.1. Herramientas a emplear

Las herramientas a emplear son:

- Hoja de Datos, como se muestra en la Figura 5
- Regla para medición
- Plano de la zona o vías
- Regla o Hilo para nivel.
- Conos de seguridad.

**Figura 5**

*Hoja para registro de información pavimento flexible*

PAVIMENTO DE ASFALTO EN AEROPUERTOS HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA			DIAGRAMA:						
Componente:	Sección:	Unidad de muestra:							
Inspeccionado por:	Fecha:	Área de la muestra:							
1. Piel de cocodrilo	5. Depresión	9. Derrame de combustible.	13. Ahuellamiento						
2. Exudación	6. Erosión por chorro de turbina	10. Bacheos	14. PCC expuesto						
3. Fisura de bloque	7. Reflexión de juntas PCC	11. Agregado pulido	15. Fisura por deslizamiento						
4. Ondulación	8. Fisuras long. y transv.	12. Peladura	16. Hinchamiento						
SEVERIDAD DE FALLA	CANTIDAD						TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DE REDUCCION

Nota. Formato de la metodología del PCI.

### 2.2.5.2. Tipos de falla del método PCI

Según el método del PCI considera las fallas con un código y con una unidad de medida, la cual se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2**

Tipos de fallas en el pavimento flexible

N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad de Medición
1	Piel de Cocodrilo	PC	m <sup>2</sup>
2	Exudación	EX	m <sup>2</sup>
3	Agrietamiento en Bloque	AB	m <sup>2</sup>
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m <sup>2</sup>
5	Corrugación	CO	m <sup>2</sup>
6	Depresión	DE	m <sup>2</sup>
7	Grietas de Borde	GB	ml
8	Grieta de Reflexión de Junta	GJ	ml
9	Desnivel Carril/Berma	DCB	ml
10	Grieta Longitudinales y Transversales	GLT	ml
11	Parcheo	PA	m <sup>2</sup>
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m <sup>2</sup>
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de Vía Ferrea	CVF	m <sup>2</sup>
15	Ahuellamiento	AH	m <sup>2</sup>
16	Desplazamiento	DES	m <sup>2</sup>
17	Grieta Parabólica	GP	m <sup>2</sup>
18	Hinchamiento	HI	m <sup>2</sup>
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m <sup>2</sup>

Nota. Fuente: Método PCI. (2002)

### 2.2.5.3. Severidad

Representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; a mayor daño, mayores medidas de corrección, a continuación, se describen el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- Bajo, (B): percepción de vibraciones en el vehículo
- Medio, (M): las vibraciones del vehículo son significativas
- Alto, (A): las vibraciones en el vehículo son excesivas.

### 2.2.5.4. Determinación de las unidades de muestreo

- Identificar los tramos o áreas de la vía a evaluar
- Dividir las secciones del pavimento en unidades de muestra.
- Identificar y Seleccionar las unidades de muestra que garanticen confiabilidad del 95%
- Inspeccionar las unidades de muestra de la sección seleccionada,
- El número mínimo de unidades de muestra “n” se determina con la siguiente expresión, redondeando el valor “n” al número entero mayor.

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

Donde:

e = error admisible (e=±5 puntos del PCI).

σ = desviación estándar.

N = número total de las unidades de la muestra en la sección.

n = número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

### 2.2.5.5. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Las unidades de muestra para la inspección son elegidas considerando un espaciado igual a lo largo de la sección de la vía y se selecciona la primera al azar, el intervalo de muestreo (i), es determinado por:

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

Donde:

$i$  = intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

$N$  = número total de unidades de muestreo disponible.

$n$  = número mínimo de unidades para evaluar.

### 2.2.5.6. Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo

El cálculo del PCI toma datos de campo que se convierten de valores deducidos considerando la cantidad y severidad, los pasos son los siguientes:

#### *Paso 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD)*

- Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño
- Dividir la “Cantidad total” de cada tipo de daño entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño.
- Determinar el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad.

#### *Paso 2: Determinación del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)*

- Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del “valor deducido corregido” (CDV).
- Listar los valores deducidos individuales en orden descendente.
- Determine el “Número Máximo de Valores Deducidos” ( $m$ ), utilizando la siguiente ecuación, para carreteras pavimentadas:

$$m_i = 1,00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i) \quad (3)$$

Donde:

$m_i$  = Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo  $i$ . ( $m_i \leq 10$ ).

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

*Paso 3: Determinación del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)*

- Determinamos el valor de CDV con el q y el “valor deducido total”
- Reducimos a 2 el menor de los valores deducidos, que sea mayor a 2 y repita las etapas.
- El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos

*Paso 4: Calcular el PCI*

Para ello se tiene que emplear la siguiente ecuación:

$$PCI = 100 - \max CDV \quad (4)$$

Donde:

PCI = índice de condición del pavimento.

Max.CDV = máximo valor corregido deducido.

### **2.2.6. Serviciabilidad vial**

La serviciabilidad es una percepción que los usuarios que utilizan una vía establecen al pavimento conocido como nivel de servicio del pavimento. La medición o evaluación de la serviciabilidad se determina mediante el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI), en la que se establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, estos criterios fueron definidos por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Los valores de la serviciabilidad PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, siendo 5 la condición óptima (Pomasonco de la Cadena, 2010). A continuación, se muestra la tabla 3.

**Tabla 3**

*Escala de índice de Serviciabilidad*

<b>Serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Calidad</b>
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

*Nota.* AASHTO, Guide for Desig of Paviment Structures 1993

## 2.2.7. Rugosidad

Se define como las irregularidades en la superficie del pavimento, este parámetro mide las deficiencias que generan un efecto directo en la superficie del pavimento, las irregularidades afectan la calidad del tránsito, su seguridad y costo de operación del vehículo. La medida de rugosidad propuesta por el El Banco Mundial del índice de rugosidad internacional (IRI), va de 0 (un pavimento ideal, sin ninguna imperfección) hasta 12 (una carretera completamente intransitable).

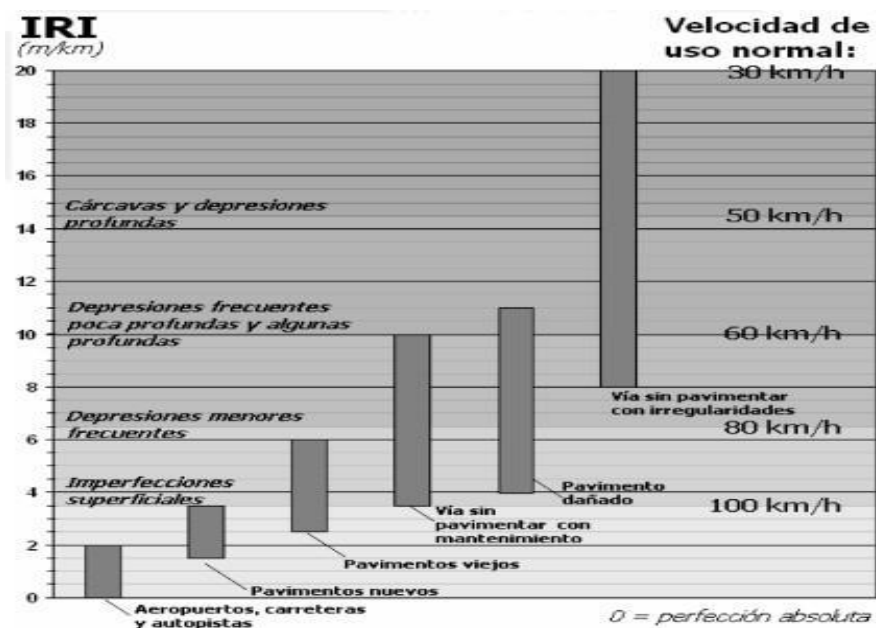
### 2.2.7.1. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

La sociedad americana de ensayos y materiales (ASTM) en la norma E-867 define la rugosidad como la desviación de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que afecta la dinámica de los vehículos. La rugosidad se interpreta como la distorsión de la superficie de la calzada sobre la cual circulan los vehículos y esta causa aceleraciones verticales indeseables generando la incomodidad del viaje (Perera & Kohn, 2002).

El IRI se representa mediante una escala de la regularidad superficial de una calzada de vía, es una estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil longitudinal de la vía en la calidad de la superficie de rodadura, se expresa en metros por kilómetros. (Sayers & Karamihas, 1998), tal como se visualiza en la figura 6.

**Figura 6**

*Escala de IRI según Banco Mundial*



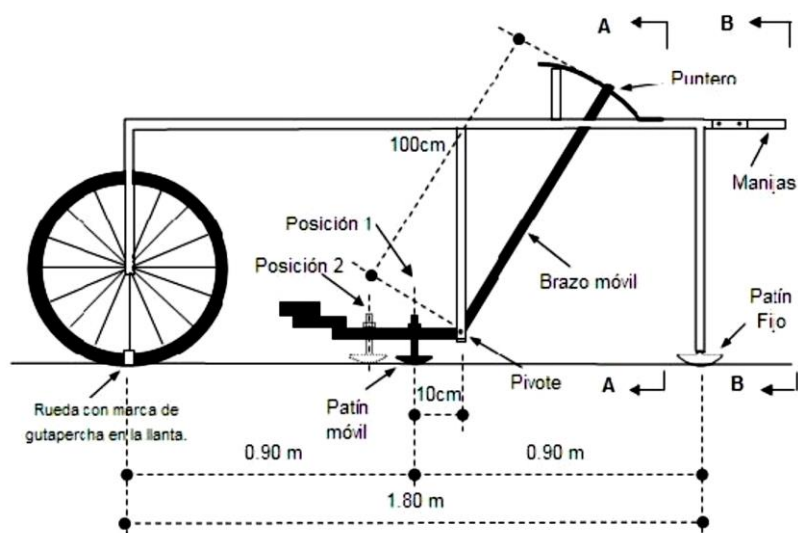
*Nota.* Escala estándar empleada por el Banco Mundial para clasificar los caminos según su IRI.

### 2.2.7.2. Rugosímetro MERLIN

El rugosímetro Merlín es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. En Perú fue introducido en el año 1993. El método mide los desplazamientos verticales de la superficie de la calzada, los resultados se obtienen mediante una serie de datos estadísticos y considerando un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ( $R^2=0,98$ ). Presenta una gran exactitud, superado solo por el método topográfico (mira y nivel). En la figura 7 podemos apreciar dicho instrumento

**Figura 7**

*Instrumento MERLIN*



*Nota.* Partes principales del instrumento MERLIN. Adaptado De Águila Rodríguez, Pablo (1999).

### 2.2.7.3. Ventajas del rugosímetro de MERLIN

Las ventajas son:

- Facilidad para su construcción.
- Robusto; no requiere un cuidado especial en el manejo.
- Fácilmente calibrado; utilizando un procedimiento sencillo.
- Fácilmente utilizado; el procedimiento de medición es sencillo.
- Fácil mantenimiento; uno de sus atributos más importantes.

El MERLÍN tiene dos pies, separados uno de otro una distancia de 1,8m, las cuales se apoyan en la superficie de la vía en la cual la rugosidad será evaluada a lo largo de la

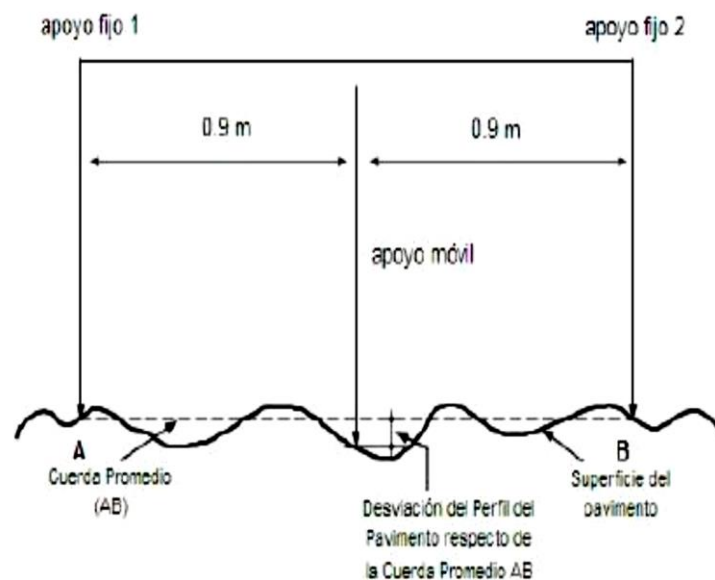


marca hecha por las ruedas del vehículo. Tiene un patín móvil entre los dos pies y se va midiendo la distancia vertical que representa entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies.

El resultado se va anotando en un formato montado sobre el equipo máquina, anotando o registrando los valores repetidas a lo largo de la huella de la rueda, cuando se completa las 200 lecturas se remueve el formato, y se genera el histograma con los datos de campo. El “ancho” del histograma (D), expresado en milímetros representa la rugosidad en la escala de MERLÍN. (Águila, 1999). A continuación la figura 8 nos muestra desviaciones de la superficie.

**Figura 8**

*Desviaciones de la superficie*

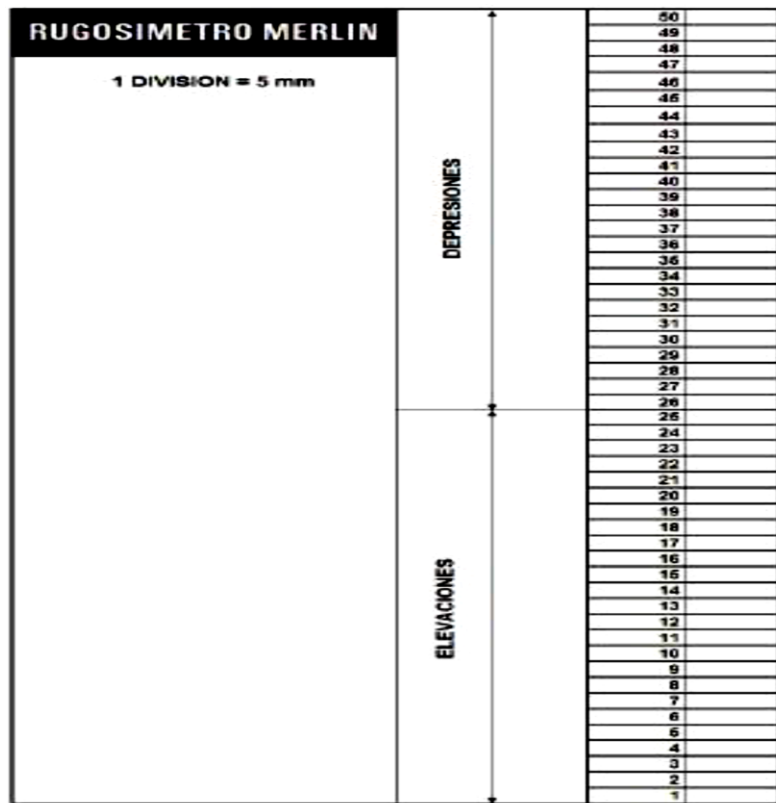


*Nota.* Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Águila, 1999).

**Figura 9**

*Escala de dispersiones de las desviaciones de la superficie*



Nota: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones.

#### 2.2.7.4. Modo de Uso

Los ensayos se realizan con dos personas que trabajen conjuntamente, un operador que conduce el equipo y otro realiza y anota las lecturas. Se debe seleccionarse un tramo de 400m de longitud. Las mediciones de los datos se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico. La determinación del valor de rugosidad se obtiene de realizar 200 observaciones de las irregularidades que presenta el pavimento. Estas observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, cada 2m de distancia generalmente. El formato de registro de datos consta de 20 filas y 10 columnas, los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. (Águila, 1999). La figura 10 es un formato para la recolección de datos en campo utilizada al realizar los ensayos.

Figura 10

Formato de toma de datos de campo

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN  
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_  
 SECTOR : \_\_\_\_\_ SUPERVISOR : \_\_\_\_\_  
 TRAMO : \_\_\_\_\_ FECHA : \_\_\_\_\_  
 CARRIL : \_\_\_\_\_

ENSAYO N°  KM  ← HORA

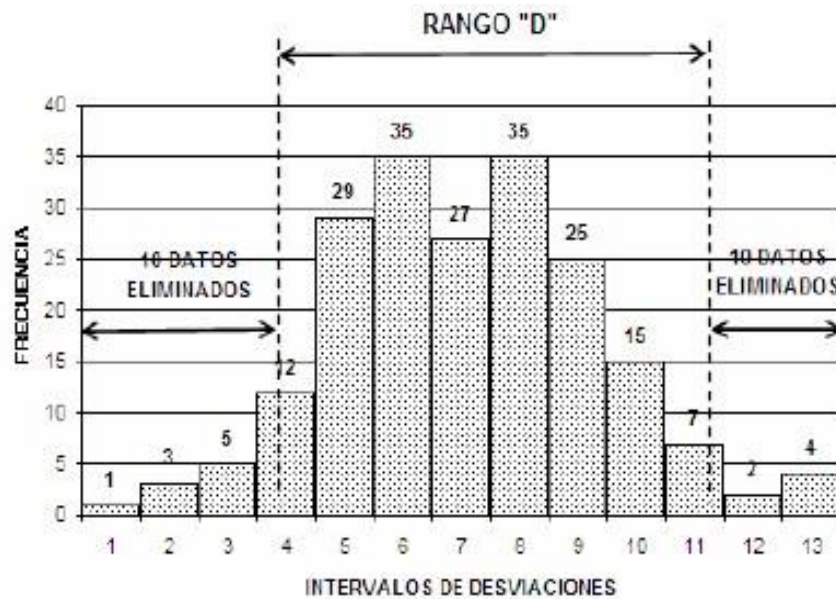
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											AFERMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPERMEADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. RESACA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RESACA O IMPERMEADO <input type="checkbox"/>
9											WELL <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nota. Formato para recolección de datos de campo. Adaptado de Águila Rodríguez, Pablo (1999).

### 2.2.7.5. Cálculo de la Rugosidad

Con los datos de campo obtenidos se analiza la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero generando un histograma de frecuencias. Estableciendo posteriormente el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) a cada lado del histograma (Águila, 1999). La figura 11 se muestra dicho ejercicio.

**Figura 11***Histograma de distribución de frecuencias*

*Nota.* Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo (1999).

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. Asfalto

Es el material aglutinante, que se obtiene de la refinación del petróleo o en forma natural, presenta una coloración marrón oscuro a negro. Se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (Provías, 2006).

### 2.3.2. Pavimento asfáltico

Se define de a una estructura de pavimento flexible, donde la superficie esté constituida con material de asfalto. La carpeta asfáltica o capa de rodamiento está conformada por agregados recubiertos y sementados con asfaltos (E-Asfalto, 2003).

### 2.3.3. Índice de serviciabilidad

La serviciabilidad define el confort y la condición necesaria de una superficie de rodadura de un pavimento, que provee a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento (AASHTO, 1993).

#### **2.3.4. Fatigamiento**

Se define como el fenómeno por el cual el material falla por la repetición de cargas que no son lo suficientemente grandes para causar la falla en una sola aplicación (AASHTO, 1993).

#### **2.3.5. Tránsito vehicular**

Se define como el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista (Real Decreto Legislativo 339/1990 – ESPAÑA).

#### **2.3.6. Control de Calidad:**

Se define como la prueba técnica que valida la correcta ejecución de una partida o trabajo en la cual se aplican pruebas de laboratorio y pruebas topográficas, tomando como referencia las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos (Provías, 2006).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Nivel de la Investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

La presente investigación realizada es de carácter explicativo, ya que explicaremos los deterioros que se producen en las superficies de las calzadas de la carpeta asfáltica de la vía en estudio, fallas que se presentan por una serie de factores internos y externos como ser: antigüedad de la construcción, influencia vehicular, factores climáticos, calidad de mantenimiento, etc.

A partir de esta investigación encontraremos las diferentes causas del deterioro, así mismo se explicará las nuevas técnicas modernas en la construcción de pavimentos para evitar el deterioro superficial de la carpeta asfáltica.

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es aprensivo con enfoque cuantitativo, de corte transversal y con diseño de campo ya que se evaluó las fallas encontradas, así mismo se cuantificó los daños y se calificó mediante una escala de severidad el estado actual de la vía.

### **3.2. Población y muestra de estudio**

#### **3.2.1. Población**

La presente investigación ha considerado como población toda la avenida Antúnez de Mayolo del Distrito de Gregorio Albarracín-Tacna.

#### **3.2.2. Muestra**

La muestra se tomó en forma representativa, lo que significa que el muestreo no es probabilístico a criterio del investigador, y para efectos de esta investigación se consideró un tramo o una longitud aproximada de 1.5 km, considerando ambas calzadas de la Avenida Antúnez de Mayolo del distrito Gregorio Albarracín-Tacna.

### 3.3. Operacionalización de variables

#### a. Variable Independiente

##### *Deterioro superficial*

El deterioro superficial se determina mediante la medición de la rugosidad utilizando el rugosímetro de MERLÍN, que representa a los valores de las desviaciones de la superficie respecto a una cuerda promedio. Por otro lado, la metodología de evaluación superficial del PCI es un índice numérico que varía desde cero para un pavimento fallado hasta cien para un pavimento excelente.

##### *Indicadores*

- El Índice de Rugosidad Internacional representa un valor en m/km para calificar el estado del pavimento, seguido del cálculo de la transitabilidad
- El PCI con rango de calificación de 0 a 100, sustentados en la presencia de fallas y patologías que causan daños por efectos del tráfico en la vida útil del pavimento
- Nivel de severidad con calificación de bajo (L), medio (M) y alto (H)

#### b. Variable Dependiente

##### *Serviciabilidad vial*

La serviciabilidad se define como una medida del comportamiento en el pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad (Machaca & Falcón, 2021). De acuerdo a los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional, y con el uso de la fórmula de Williams Paterson y otros autores se obtiene para cada tramo los resultados de la serviciabilidad.

##### *Indicadores*

Los indicadores de la serviciabilidad tienen escalas de 0 a 5, cuya unidad de medida es adimensional, como sigue:

- Muy buena: 5
- Buena: 4

- Regular: 3
- Mala: 2
- Muy mala: 1

### **3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

La investigación desarrollo las siguientes técnicas e instrumentos para la recolección de datos:

- Aplicación de la metodología de evaluación superficial PCI
- Utilización del equipo Merlín para la medición de la rugosidad superficial del pavimento flexible

La investigación se desarrolló en un ambiente natural, los datos son tomados bajo la metodología transversal, para las labores de campo se utilizó: chalecos, cámara fotográfica, cuaderno de apuntes, lapiceros, conos de seguridad, equipos de trabajo. Una vez obtenidos las muestras de campo se utilizarán los diferentes instrumentos de laboratorio para poder realizar los ensayos correspondientes.

Se realizó la evaluación funcional aplicando el método del PCI, este método analiza diferentes fallas que presenta la superficie del pavimento flexible las cuales fueron considerados en la presente investigación con ayuda de personal técnico. Las fechas del ensayo se desarrollaron el lunes 10 y 20 de enero del 2022, el equipo de trabajo estuvo conformado por:

- Tesista
- Asistente de campo
- Apoyo logístico

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

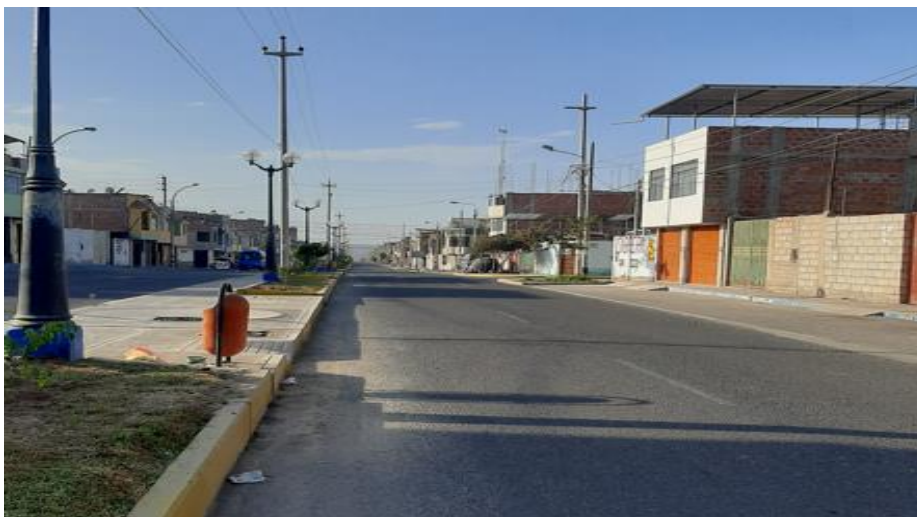
Mediante la metodología del PCI se procedió a determinar las diferentes fallas existentes en la superficie del pavimento flexible en las dos calzadas de la carpeta asfáltica de la avenida Antúñez de Mayolo, así mismo se ha procedido con el método de la metodología del rugosímetro Merlín para determinar el IRI de la superficie del pavimento flexible. En las figuras 12,13,14 y 15 se presentan algunas imágenes de las



fallas encontradas durante las actividades realizadas en campo. Mientras que en las imágenes 16 y 17 se muestra el proceso de evaluación con el equipo Merlín.

### **Figura 12**

*Vía de la Avenida Antúnez de Mayolo*



*Nota.* Las fallas más predominantes son las que se muestran y corresponde a desprendimiento de agregados.

### **Figura 13**

*Fallas de tipo más comunes*



*Nota.* Las fallas más predominantes son las que se muestran y corresponde a desprendimiento de agregados.

**Figura 14**

*Presencia de fallas en ambos carriles*



*Nota.* Las fallas más predominantes son las que se muestran y corresponde a desprendimiento de agregados.

**Figura 15**

*Fallas tipo parcheo*



*Nota.* Las fallas más predominantes son las que se muestran y corresponde a desprendimiento de agregados.

**Figura 16***Ensayo de rugosidad*

*Nota.* Proceso de evaluación con equipo Merlín

**Figura 17***Ensayo de rugosidad*

*Nota.* Proceso de evaluación con equipo Merlín con apoyo de asistentes de campo

Con los datos obtenidos de campo mediante las dos técnicas indicadas y que se llevaron a cabo para el desarrollo de la presente investigación, se presentan en base a

fichas o formatos de observación para el Cálculo de la serviciabilidad utilizando la ecuación de:

- Ecuación Según William Paterson (1987)
- Ecuación según D. Dujisin y A. Arroyo (1995)
- Ecuación Según William Paterson (1987)

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Resultados aplicando el PCI

#### 4.1.1. Cálculo de la Unidad de Muestreo

La unidad de muestreo para la evaluación del Método PCI se determinó para cada calzada (subida y bajada) considerando el ancho de la calzada que es de 6,00 m para un área de 230 m<sup>2</sup> se aplicó las fórmulas para la determinar las unidades de muestreo y el intervalo de las unidades de muestreo, como sigue:

- Longitud de muestreo  $L= 38,5$  m
- Unidades de muestreo  $N= 39$  (para  $e=5\%$  y  $\sigma=10$ )
- Intervalo de la unidad de muestreo  $i=3$
- Número de unidades de muestreo  $n=12$

La figura 18 muestra las unidades evaluadas en cada calzada o sentido de tráfico del pavimento flexible

**Figura 18**

*Unidades de Muestreo del Método PCI*

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

La misma distribución de las unidades de muestreo se aplicó a las dos calzadas de subida y bajada o para cada sentido de la vía en estudio. A continuación, se presentan los resultados de cada una de las muestras.

#### 4.1.2. Resultados del PCI tramo de Subida

A continuación, se muestran los principales resultados de las unidades de muestras seleccionadas alternadamente para la calzada del carril del tramo de subida, las cuales son: 3, 6, 9, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36.

La unidad de muestra analizada U3 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub

base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Datos de la Unidad de muestra U3*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
5M	4,85	4,85	2,11	23
19M	78,00	78	33,91	32
10L	11,45	11,45	4,98	4
2H	7,25	7,25	3,15	12
19L	68,00	68	29,57	10

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 54 que representa un estado regular, tal como se aprecia en la tabla 5

**Tabla 5**

*Valor de PCI de la U3*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-obtenido</b>
1	32	23	12	10	4	81	5	44
2	32	23	12	10	2	79	4	46
3	32	23	12	2	2	71	3	44
4	32	23	2	2	2	61	2	44
5	32	2	2	2	2	40	1	40

*Nota.* Aplicación del método PCI.

- Max CDV = 46
- PCI = 54
- Clasificación: *regular*

La unidad de muestra analizada U6 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presenta en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Datos de la Unidad de muestra U6*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
11M	7,003	7,003	3,04	21
10M	12,54	12,54	5,45	13
19M	95	95	41,30	34
3L	2,064	2,064	0,90	1
5M	1,12	1,12	0,49	10

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 51 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Valor de PCI de la U6*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	34	21	13	7	75	4	49
2	34	21	13	2	70	3	47
3	34	21	2	2	59	2	48
4	34	2	2	2	40	1	41

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 49

PCI = 51

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra analizada U9 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Datos de la Unidad de muestra U9*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
5M	5,22		5,22	2,27	23
19M	4,37		4,375	1,90	10
10L	10,34		10,34	4,50	4
2H	24,25	12,018	36,22	15,75	30
19H	1,18		1,18	0,51	12

*Nota.* Datos de campo.

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 54 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Valor de PCI de la U9*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-obtenido</b>
1	30	23	12	10	4	79	5	40
2	30	23	12	10	2	77	4	46
3	30	23	12	2	2	69	3	44
4	30	23	2	2	2	59	2	44
5	30	2	2	2	2	38	1	38

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 46

PCI = 54

Clasificación: *regular*



La unidad de muestra analizada U12 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Datos de la Unidad de muestra U12*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
11M	13,38	13,38	5,82	23
10H	3,14	3,14	1,37	11
10L	15,14	15,14	6,58	5
2L	61,59	61,59	26,78	8
19M	18,6	18,6	8,09	16

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 63 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Valor de PCI de la U12*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	23	16	11	8	5	63	5	33
2	23	16	11	8	2	60	4	32
3	23	16	11	2	2	54	3	30
4	23	16	2	2	2	45	2	37
5	23	2	2	2	2	31	1	32

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 37

PCI = 63

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra analizada U15 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Datos de la Unidad de muestra U15*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2L	2,7		2,7	1,2	1
2M	4,2		4,2	1,8	6
11M	7,1	2,7	9,8	4,3	20
10M	5,0		5,0	2,2	6
2H	16,2		16,2	7,0	18
19H	86,5		86,5	37,6	32

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 54 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Valor de PCI de la U15*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	32	20	18	6	6	82	5	42
2	32	20	18	6	2	78	4	44
3	32	20	18	2	2	74	3	46
4	32	20	2	2	2	58	2	44
5	32	2	2	2	2	40	1	40

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 46

PCI = 54

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra analizada U18 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Datos de la Unidad de muestra U18*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19M	92,6	24,024	116,624	50,71	36
10H	4,2		4,2	1,83	14
11M	1,8		1,8	0,78	8

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 54 que representa un estado Bueno. Tal como se puede apreciar en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Valor de PCI de la U18*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>			<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	34	14	8	56	3	35
2	34	14	2	50	2	37
3	34	2	2	38	1	40
4						

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 40

PCI = 60

Clasificación: *bueno*

La unidad de muestra analizada U21 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Datos de la Unidad de muestra U21*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2L	17,0	17,0	7,4	3
2H	9,7	9,7	4,2	7
15H	1,1	1,1	0,5	22
10M	7,5	7,5	3,3	9
19M	178,4	178,4	77,6	42

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 42 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 17

**Tabla 17**

*Valor de PCI de la U21*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	42	22	9	7	3	83	5	44
2	42	22	9	7	2	82	4	48
3	42	22	9	2	2	77	3	50
4	42	22	2	2	2	70	2	52
5	42	2	9	2	2	57	1	58

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 58

PCI = 42

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra analizada U24 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 18.

**Tabla 18**

*Datos de la Unidad de muestra U24*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
1L	2,6	2,6	1,1	10
2M	3,0	3,0	1,3	8
13L	1,0	1,0	0,4	20
19M	24,0	24,0	10,4	18

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 70 que representa un estado Bueno. Tal como se aprecia en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Valor de PCI de la U24*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	20	18	10	8	56	4	29
2	20	18	10	2	50	3	30
3	20	18	2	2	42	2	30
4	20	2	2	2	26	1	28

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 30  
 PCI = 70  
 Clasificación *bueno*

La unidad de muestra analizada U27 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 20.

**Tabla 20**

*Datos de la Unidad de muestra U27*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
11H	2,9		2,9	1,3	21
19M	4,9	1,6	6,5	2,8	11
13H	2,1		2,1	0,9	49
10H	4,6		4,6	2,0	12

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 46 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Valor de PCI de la U27*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	49	21	12	11	93	4	54
2	49	21	12	2	84	3	54
3	49	21	2	2	74	2	50
4	49	2	2	2	55	1	54

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 54  
 PCI = 46  
 Clasificación: regular

La unidad de muestra analizada U30 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Datos de la Unidad de muestra U30*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19H	53,8	53,8	23,4	58
15L	1,6	1,6	0,7	7
10M	3,6	3,6	1,5	5
13L	0,2	0,2	0,1	2
11M	1,7	1,7	0,7	8

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 36 que representa un estado Malo. Tal como se muestra en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Valor de PCI de la U30*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	58	8	7	5	2	80	5	41
2	58	8	7	5	2	80	4	46
3	58	8	7	2	2	77	3	48
4	58	8	2	2	2	72	2	52
5	58	2	2	2	2	66	1	64

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 64

PCI = 36

Clasificación: *malo*

La unidad de muestra analizada U33 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 24.

**Tabla 24**

*Datos de la Unidad de muestra U33*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2M	57,8	57,8	25,1	20
2H	59,7	59,7	26,0	9
10M	2,2	2,2	1,0	3
19M	2,4	2,4	1,0	8
19H	12,5	12,5	5,5	30

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 58 que representa un estado Bueno. Tal como se aprecia en la tabla 25.

**Tabla 25**

*Valor de PCI de la U33*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	30	20	9	8	3	70	5	34
2	30	20	9	8	2	69	4	40
3	30	20	9	2	2	63	3	40
4	30	20	2	2	2	56	2	42
5	30	2	2	2	2	38	1	42

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 42

PCI = 58

Clasificación *bueno*



La unidad de muestra analizada U36 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de subida de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está construida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de 20 años que presenta en algunos puntos trabajos de mantenimiento y en otras parchados por trabajos de redes básicas.

Las severidades de las fallas son diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 26.

**Tabla 26**

*Datos de la Unidad de muestra U36*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2L	4,3	4,3	1,9	1
19H	8,9	8,9	3,9	28
15M	1,2	1,2	0,5	13
2H	76,4	76,4	33,2	46

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 44 que representa un estado regular. Tal como se aprecia en la tabla 27.

**Tabla 27**

*Valor de PCI de la U36*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>			<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	46	28	13	87	3	56
2	46	28	2	76	2	52
3	46	2	2	50	1	50
4						

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 56

PCI = 44

Clasificación: *regular*

#### 4.1.3. Resultados del PCI tramo de Bajada

La unidad de muestra U3 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 28.

**Tabla 28**

*Datos de la Unidad de muestra U3*

Falla-Severidad	Cantidades	Total	Densidad	V.D.
10M	5	5	2,17	7
11L	6,5	6,5	2,83	6
11M	9,64	9,64	4,19	21
19L	209,26	209,26	90,98	35

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 56 que representa un estado Bueno. Tal como se aprecia en la tabla 29.

**Tabla 29**

*Valor de PCI de la U3*

Ítems	Orden de Valores Deducidos			Suma	#q	CDV-Obtenido
1	35	21	7	63	3	42
2	35	21	2	58	2	44
3	35	2	2	39	1	42
4						

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 44

PCI = 56

Clasificación: *bueno*

La unidad de muestra U6 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 30.

**Tabla 30**

*Datos de la Unidad de muestra U6*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
6L	11,5	2,6	14,1	6,1	11
11H	6,4		6,4	2,8	28
13L	1,0		1,0	0,4	10
19L	134,5		134,5	58,5	12

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 62 que representa un estado Bueno. Tal como se aprecia en la tabla 31

**Tabla 31**

*Valor de PCI de la U6*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	28	12	11	10	61	4	36
2	28	12	11	2	53	3	36
3	28	12	2	2	44	2	32
4	28	2	2	2	34	1	38

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 38

PCI = 62

Clasificación: *bueno*

La unidad de muestra U9 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub

base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 32.

**Tabla 32**

*Datos de la Unidad de muestra U9*

<b>Falla-Severidad</b>	<b>Cantidades</b>			<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19M	10,9			10,9	4,7	13
19H	3,7	7,7	25,8	37,2	16,2	52
2L	27,9	39,2		67,0	29,1	28
10M	7,6			7,6	3,3	4
3M	9,0			9,0	3,9	9

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 40 que representa un estado regular. Tal como se aprecia en la tabla 33

**Tabla 33**

*Valor de PCI de la U9*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV-Obtenido</b>
1	52	28	13	9	4	106	6	53
2	52	28	13	9	2	104	5	54
3	52	28	13	2	2	97	4	53
4	52	28	2	2	2	86	3	54
5	52	2	2	2	2	60	2	60

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 60

PCI = 40

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U12 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub

base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 34.

**Tabla 34**

*Datos de la Unidad de muestra U12*

Falla-Severidad	Cantidades	Total	Densidad	V.D.
5M	1,0	1,0	0,4	8
10M	17,6	17,6	7,7	17
11L	17,0	17,0	7,4	13
19M	19,7	19,7	8,6	17
10L	2,5	2,5	1,1	1

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 66 que representa un estado Bueno. Tal como se aprecia en la tabla 35.

**Tabla 35**

*Valor de PCI de la U12*

Items	Orden de Valores Deducidos				Suma	#q	CDV-Obtenido
1	17	17	13	8	55	4	32
2	17	17	13	2	49	3	34
3	17	17	2	2	38	2	28
4	17	2	2	2	23	1	26

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 34

PCI = 66

Clasificación: *bueno*

La unidad de muestra U15 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 36.

**Tabla 36**

*Datos de la Unidad de muestra U15*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2L	90,8		90,8	39,5	12
3L	40,1	28,4	68,5	29,8	13
19M	21,6		21,6	9,4	9
19H	2,3		2,3	1,0	16
10H	6,4	37,7	44,1	19,2	47

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 44 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 37.

**Tabla 37**

*Valor de PCI de la U15*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	47	16	13	12	9	97	5	50
2	47	16	13	12	2	90	4	52
3	47	16	13	2	2	80	3	52
4	47	16	2	2	2	69	2	50
5	47	2	2	2	2	55	1	56

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 56

PCI = 44

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U18 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 38.

**Tabla 38***Datos de la Unidad de muestra U18*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
3L	10,4	10,4	4,5	4
11M	2,3	2,3	1,0	10
19M	185,5	185,5	80,7	40
10L	16,6	16,6	7,2	7

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 54 que representa un estado Regular. Tal como se aprecia en la tabla 39

**Tabla 39***Valor de PCI de la U18*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	40	10	7	4	61	4	41
2	40	10	7	2	59	3	44
3	40	10	2	2	54	2	42
4	40	2	2	2	46	1	46

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 46

PCI = 54

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U21 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie

de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 40.

**Tabla 40**

*Datos de la Unidad de muestra U21*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19M	97,0	15,0	112,0	48,7	33
10L	10,3		10,3	4,5	4
11M	12,5		12,5	5,4	26
13L	1,0		1,0	0,4	12

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 52 que representa un estado Regular. Tal como se puede apreciar en la tabla 41.

**Tabla 41**

*Valor de PCI de la U21*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	33	26	12	4	75	4	45
2	33	26	12	2	73	3	46
3	33	26	2	2	63	2	48
4	33	2	2	2	39	1	40

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 48

PCI = 52

Clasificación: Regular

La unidad de muestra U24 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 42.



**Tabla 42***Datos de la Unidad de muestra U24*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2M	9,7		9,7	4,2	7
10L	10,6	5,0	15,6	6,8	8
19H	26,0		26,0	11,3	51
19L	18,6		18,6	8,1	5
7M	12,2		12,2	5,3	10

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 41 que representa un estado Regular. Tal como se muestra en la tabla 43.

**Tabla 43***Valor de PCI de la U24*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>					<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	51	10	8	7	5	81	5	42
2	51	10	8	7	2	78	4	44
3	51	10	8	2	2	73	3	46
4	51	10	2	2	2	67	2	48
5	51	2	2	2	2	59	1	59

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 59

PCI = 41

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U27 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores, tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 44.

**Tabla 44***Datos de la Unidad de muestra U27*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
13L	0,2		0,2	0,1	0
2H	4,8		4,8	2,1	8
10M	9,6	3,2	12,8	5,6	21
16L	0,8		0,8	0,3	1
19M	164,5		164,5	71,5	40

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 52 que representa un estado Regular. Tal como se muestra en la tabla 45.

**Tabla 45***Valor de PCI de la U27*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>			<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	40	21	8	69	3	45
2	40	21	2	63	2	48
3	40	2	2	44	1	45
4						
5						

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 48

PCI = 52

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U30 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 46.

**Tabla 46***Datos de la Unidad de muestra U30*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
2L	2,85	2,85	1,24	1
10H	9,63	9,63	4,19	11
4H	0,35	0,35	0,15	28
10M	11,2	11,2	4,87	12
13M	0,338	0,338	0,15	8
19M	210,5	210,5	91,52	43
11L	6,45	6,45	2,80	6

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 38 que representa un estado Malo. Tal como se muestra en la tabla 47.

**Tabla 47***Valor de PCI de la U30*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>						<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	43	28	12	11	8	6	108	5	62
2	43	28	12	11	8	2	104	4	60
3	43	28	12	2	2	2	89	3	58
4	43	28	2	2	2	2	79	2	58
5	43	2	2	2	2	2	53	1	54

*Nota.* Aplicación del método PCI

Max CDV = 62

PCI = 38

Clasificación: *malo*

La unidad de muestra U33 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores. Tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 48.

**Tabla 48***Datos de la Unidad de muestra U33*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19H	1,0	15,0	6,5	37
2L	4,9	4,9	2,1	4
13M	1,0	1,0	0,4	22
11L	1,6	1,6	0,7	2
11M	17,0	17,0	7,4	27
5L	3,1	3,1	1,3	4

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 44 que representa un estado Regular. Tal como se muestra en la tabla 49.

**Tabla 49***Valor de PCI de la U33*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>						<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	37	27	22	4	4	2	96	6	44
2	37	27	22	4	4	2	96	5	50
3	37	27	22	4	2	2	94	4	54
4	37	27	22	2	2	2	92	3	56
5	37	27	2	2	2	2	72	2	52
6	37	2	2	2	2	2	47	1	48

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 56

PCI = 44

Clasificación: *regular*

La unidad de muestra U36 tiene un área de 230 m<sup>2</sup> y forma parte del tramo de bajada de la Avenida Antúnez de Mayolo, la vía es de dos carriles por calzada, la superficie de rodadura está constituida a base de pavimento flexible, con capas de sub base y base granular con una superficie de rodadura a base carpeta asfáltica en frío, de la evaluación se observa que la vía tiene una antigüedad aproximada de veinte años.

Los resultados indican severidades diferentes, algunas fallas presentan severidad baja, otras severidades medias y otras una severidad alta. Con relación a las fallas más predominantes se puede indicar que es desprendimiento de agregados de la superficie de la calzada, presenta también otras fallas menores. Tal como se muestra en los datos de unidad de muestra que se presentan en la tabla 50.

**Tabla 50***Datos de la Unidad de muestra U36*

<b>Falla- Severidad</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>V.D.</b>
19L	165,0	165,0	71,7	14
11M	1,1	1,1	0,5	27
4M	7,3	7,3	3,2	27
15M	3,8	3,8	1,6	23

Aplicando el método del PCI se tiene un valor de 48 que representa un estado Regular. Tal como se muestra en la tabla 51.

**Tabla 51***Valor de PCI de la U36*

<b>Items</b>	<b>Orden de Valores Deducidos</b>				<b>Suma</b>	<b>#q</b>	<b>CDV- Obtenido</b>
1	27	27	23	14	91	4	52
2	27	27	23	2	79	3	49
3	27	27	2	2	58	2	44
4	27	2	2	2	33	1	33

*Nota.* Aplicación del método PCI.

Max CDV = 52

PCI = 48

Clasificación: *regular*

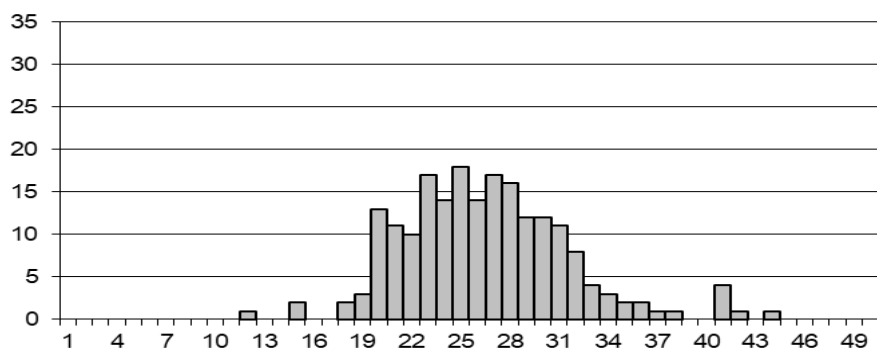
## 4.2. Resultados del IRI

### 4.2.1. Cálculo del IRI carril de bajada

Datos del ensayo 1 carril de bajada Merlín se muestran en la tabla 52, mientras que la representación de frecuencia en la figura 19. Por otro lado los resultados de la rugosidad del ensayo 1 para el tramo de bajada se han realizado en la zona de huella exterior del carril al borde de la calzada, el tramo evaluado presenta una superficie de pavimento flexible a base de carpeta asfáltica en frío con cierta antigüedad mayor a 20 años aproximadamente, se observa una presencia de desprendimiento de agregados q hace q la superficie tenga una rugosidad considerable siendo el resultado obtenido de IRI=4,325 m/km para este tramo de 400 m, tal como lo muestra la tabla 53.

**Tabla 52***Datos del ensayo 1 carril de bajada Merlín*

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

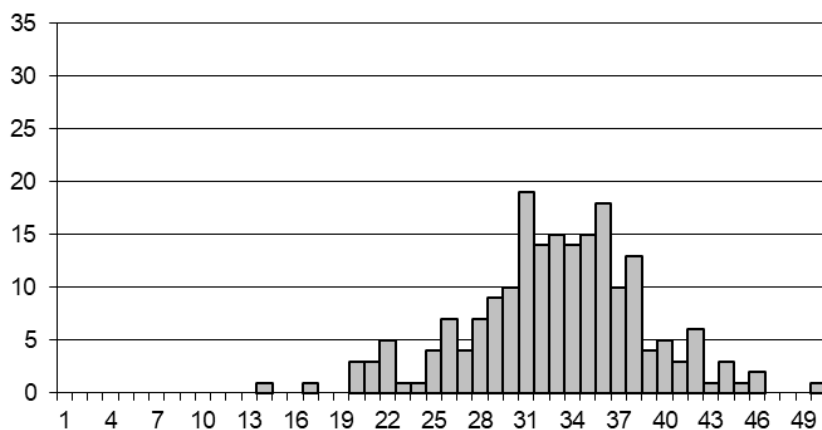
**Figura 19***Distribución de frecuencias ensayo 1***Tabla 53***Valor de resultado del IRI del ensayo Merlín 1 tramo bajada*

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Rango "D":	79,231 mm
Rango Corregido "Dcr":	79,231 mm
Rugosidad IRI:	4,325 m/Km

*Nota. Aplicación del método IRI.*

**Tabla 54***Datos del ensayo Merlín - 2 carril de bajada*

1	29	37	22	22	18	19	16	20	19	23
2	31	5	21	22	17	10	17	9	15	20
3	22	23	19	22	15	15	29	15	15	9
4	23	16	18	21	18	18	23	6	14	24
5	28	19	21	24	17	13	17	17	16	13
6	26	14	29	15	18	12	12	20	18	14
7	26	23	27	19	14	25	18	9	25	15
8	22	15	15	20	18	24	13	18	20	14
9	25	10	20	21	21	15	20	12	14	7
10	21	19	5	34	20	21	13	16	16	15
11	25	11	14	22	15	18	30	20	11	15
12	31	7	29	20	15	18	30	13	16	19
13	26	24	18	18	16	16	20	11	11	1
14	23	19	12	20	16	14	19	15	9	15
15	26	29	19	22	17	20	15	13	22	10
16	23	30	17	19	13	20	16	14	20	19
17	25	16	25	20	31	16	17	13	9	18
18	17	20	21	20	8	15	13	16	11	17
19	25	16	19	17	7	14	13	13	18	13
20	27	20	21	16	21	13	17	19	17	9

**Figura 20***Distribución de frecuencias ensayo 2*

Los resultados de la rugosidad del ensayo 2 para el tramo de bajada se han realizado en la zona de huella exterior del carril al borde de la calzada, el tramo evaluado presenta una superficie de pavimento flexible a base de carpeta asfáltica en frío con cierta antigüedad mayor a 20 años aproximadamente, se observa una presencia de desprendimiento de agregados q hace q la superficie tenga una rugosidad considerable siendo el resultado obtenido de  $IRI=5,366$  m/km para este tramo de 400 m, tal como se muestra en la tabla 55.

**Tabla 55***Valor de resultado IRI del ensayo Merlín 2 tramo bajada*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Rango "D":	101,333 mm
Rango corregido "Dcr":	101,333 mm
Rugosidad IRI:	5,366 m/Km

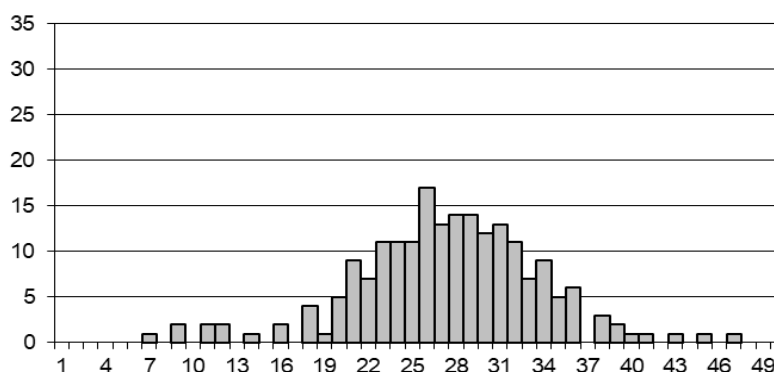
*Nota.* Aplicación del método IRI.**4.2.2. Cálculo del IRI carril de Subida**

Los datos del ensayo Merlín - 3 carril de subidase muestran en la tabla 56 y la representación de frecuencias en la figura 21. Po otro lado, los resultados de la rugosidad del ensayo 3 para el tramo de subida se han realizado en la zona de huella exterior del carril al borde de la calzada, el tramo evaluado presenta una superficie de pavimento flexible a base de carpeta asfáltica en frío con cierta antigüedad mayor a 20 años aproximadamente, se observa una presencia de desprendimiento de agregados q hace q la superficie tenga una rugosidad considerable siendo el resultado obtenido de IRI=5,068 m/km para este tramo de 400 m, tal como se muestra en la tabla 57.

**Tabla 56***Datos del ensayo Merlín - 3 carril de subida*

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

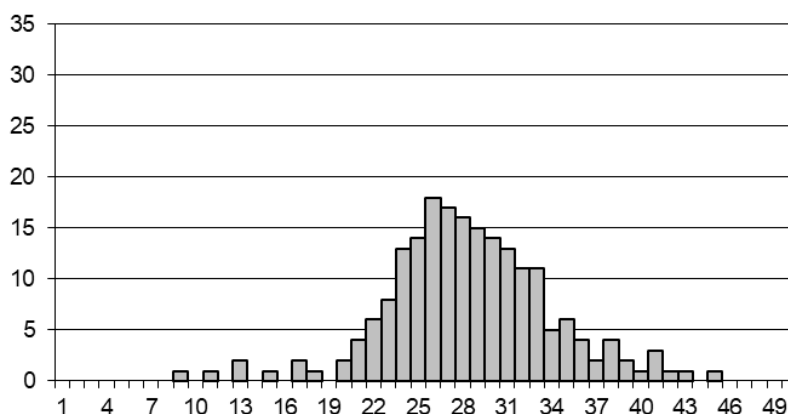


**Figura 21***Distribución de frecuencias ensayo 3***Tabla 57***Valor de resultados de IRI del ensayo Merlín 3 tramo subida*

Característica	Valor
Rango "D":	95,000 mm
Rango corregido "Dcr":	95,000 mm
Rugosidad IRI:	5,068 m/Km

*Nota. Aplicación del método IRI.***Tabla 58***Datos del ensayo Merlín - 4 carril de subida*

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

**Figura 22***Distribución de frecuencias ensayo 4*

Los resultados de la rugosidad del ensayo 4 para el tramo de subida se han realizado en la zona de huella exterior del carril al borde de la calzada, el tramo evaluado presenta una superficie de pavimento flexible a base de carpeta asfáltica en frío con cierta antigüedad mayor a 20 años aproximadamente, se observa una presencia de desprendimiento de agregados q hace q la superficie tenga una rugosidad considerable siendo el resultado obtenido de  $IRI=4.,773$  m/km para este tramo de 400 m, tal como se muestra en la tabla 59.

**Tabla 59***Valor de resultados IRI del ensayo Merlín 4 tramo subida*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Rango "D":	88,750 mm
Rango corregido "Dcr":	88,750 mm
Rugosidad IRI:	4,773 m/Km

*Nota.* Aplicación del método IRI.

#### 4.3. Resultados del Serviciabilidad PSI

Según las teorías indicadas en el marco teórico y aplicando los resultados de la rugosidad IRI calculado en los diferentes tramos de bajada como de subida y aplicando las fórmulas de:

$$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}} \quad \text{Según William Paterson (1987)}$$

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^{0.5} \quad \text{según D. Dujisin y A. Arroyo (1995)}$$

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI) \quad \text{Según William Paterson (1987)}$$

Se han obtenido los siguientes resultados que muestran en la tabla 60, siendo el resultado de 2,05.

**Tabla 60**

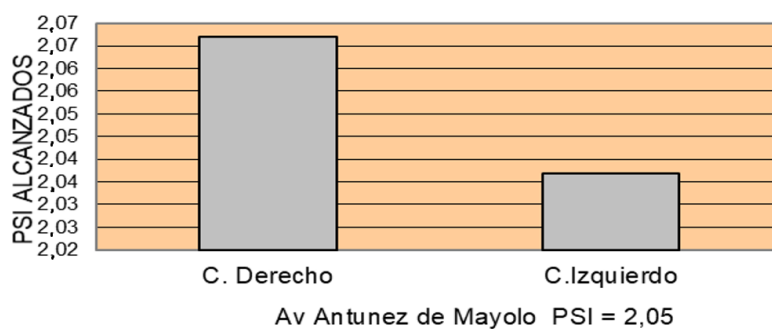
*Resultados de Serviciabilidad PSI*

Tramo	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI tramo	PSI
Carril de bajada	4,325	2,28	2,36	2,21		
	5,366	1,88	1,96	1,74	2,07	
Promedio bajada	4,846	2,07	2,15	1,98		
Carril de subida	5,068	1,99	2,07	1,88		2,05
	4,773	2,10	2,18	2,01	2,04	
Promedio subida	4,921	2,04	2,12	1,94		
IRI Promedio Vía	4,883	2,058	2,138	1,960		

Nota. Aplicación del método PCI.

**Figura 23**

*Valores de PSI por sentido de vía*



## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1. Análisis de la evaluación de la Condición del Pavimento PCI

La evaluación realizada en la Av. Antúnez de Mayolo, correspondiente al tramo entre la calle Morro de Arica hasta la calle las violetas, haciendo un tramo aproximado de 1,5 km, la vía tiene un ancho de calzada de 6 metros en cada sentido con 2 carriles. La evaluación del método del PCI aplicado correspondió a un total de 24 unidades de muestreo siendo 12 unidades en cada sentido. Los resultados del PCI en el tramo de Bajada como de Subida tienen resultados similares siendo el tramo de subida la que presenta un mayor deterioro superficial, sin embargo, los resultados indican una clasificación Regular para ambos tramos.

Los resultados de PCI de cada unidad de muestra para el tramo de bajada y de subida se tienen un promedio de PCI de 52,67 y 50,8 respectivamente representando una clasificación Regular. La evaluación ha determinado una serie de fallas, especialmente en ambos tramos siendo las fallas más comunes encontradas en este estudio, por ejemplo, separación de agregados, grietas longitudinales, grieta en bloques, parcheo. Una categorizamos los fallos más relevantes encontrados en la valoración por sentido o tramos es la siguiente, en el tramo de bajada se presentan fallas como: el desprendimiento de agregados, exudación, agrietamiento en bloque, grieta de borde, grieta Longitudinal, hueco, parcheo, etc., en el tramo de subida de igual forma se presentan con las mismas fallas en el pavimento flexible. Tal como se muestra en la tabla 61.

**Tabla 61**

Resumen de las Unidades de muestreo en ambos tramos

Tramo	Muestra	Área (m <sup>2</sup> )	PCI	Clasificación	PCI Tramo	Descripción Tramo
Bajada	U-03	230	56	Bueno	50,8	Regular
	U-06	230	62	Bueno		
	U-09	230	40	Regular		
	U-12	230	66	Bueno		
	U-15	230	44	Regular		
	U-18	230	54	Regular		
	U-21	230	57	Bueno		
	U-24	230	41	Regular		
	U-27	230	52	Regular		
	U-30	230	38	Malo		
	U-33	230	52	Regular		
	U-36	230	48	Regular		

Tabla 61 (continuación)

Tramo	Muestra	Área (m <sup>2</sup> )	PCI	Clasificación	PCI Tramo	Descripción Tramo
Subida	U-03	230	54	Regular		
	U-06	230	51	Regular		
	U-09	230	54	Regular		
	U-12	230	63	Bueno		
	U-15	230	54	Regular		
	U-18	230	60	Bueno		Regular
	U-21	230	42	Regular		
	U-24	230	70	Bueno		
	U-27	230	46	Regular		
	U-30	230	36	Malo		
	U-33	230	58	Bueno		
	U-36	230	44	Regular		

Nota. Aplicación del método PCI.

Figura 24

Tipo de Mantenimiento según PCI

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 - 100 EXCELENTE	Verde	MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO
71 - 85 MUY BUENO	Verde claro	(Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
56 - 70 BUENO	Amarillo	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
41 - 55 REGULAR	Naranja	(Recapado)
26 - 40 POBRE	Naranja oscuro	REHABILITACION MAYOR (Reemplazo de carpeta asfáltica)
11 - 25 MUY POBRE	Rojo	RECONSTRUCCION
0 - 10 FALLADO	Rojo oscuro	(Reemplazo de base granular y carpeta asfáltica)

Nota. Aplicación del método PCI.

Según los resultados del valor de PCI y la tabla mostrada correspondería un mantenimiento correctivo a base de un recapado con mortero asfáltico, previo resanado y parchado de las fallas de la carpeta asfáltica.

En el siguiente cuadro, tabla 62 se presenta algunas alternativas de mantenimiento según la unidad de muestreo, considerando a las unidades de muestreo que tiene una clasificación de malo, regular y bueno.

**Tabla 62**

*Propuesta de Mantenimiento según PCI*

<b>Tramo</b>	<b>Muestra</b>	<b>PCI</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Tratamiento</b>
<b>Bajada</b>	U-03	56	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-06	62	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-09	40	Regular	Mortero asfáltico
	U-12	66	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-15	44	Regular	Mortero asfáltico
	U-18	54	Regular	Mortero asfáltico
	U-21	57	Regular	Mortero asfáltico
	U-24	41	Regular	Mortero asfáltico
	U-27	52	Regular	Mortero asfáltico
	U-30	38	Malo	Carpeta asfáltica
	U-33	52	Regular	Mortero asfáltico
	U-36	48	Regular	Mortero asfáltico
<b>Subida</b>	U-03	54	Regular	Mortero asfáltico
	U-06	51	Regular	Mortero asfáltico
	U-09	54	Regular	Mortero asfáltico
	U-12	63	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-15	54	Regular	Mortero asfáltico
	U-18	60	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-21	42	Regular	Mortero asfáltico
	U-24	70	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-27	46	Regular	Mortero asfáltico
	U-30	36	Malo	Carpeta asfáltica
	U-33	58	Bueno	Parchados y sellado de fisuras
	U-36	44	Regular	Mortero asfáltico

La propuesta de tratamiento para trabajos de mantenimiento en la avenida investigada correspondería a una capa de mortero asfáltico previa parchado y sellado de fisura y grietas.

## **5.2. Análisis de la evaluación de la Rugosidad IRI**

Los resultados del índice de rugosidad internacional IRI en los tramos de bajada y subida de la avenida Antúnez de Mayolo son casi similares siendo el valor IRI de bajada

de 4 846 y el valor de IRI de subida de 4,921, teniendo como promedio el valor de IRI igual a 4 883. Tal como lo muestra la tabla 63.

**Tabla 63***Resumen de valores de IRI por tramos*

Tramo	IRI
Carril de Bajada	4,325
	5,366
Promedio Bajada	4,846
Carril de Subida	5,068
	4,773
Promedio Subida	4,921
IRI Promedio Vía	4,883

En el Perú se tiene valores de IRI de diversas operaciones para las vías concesionadas, sin embargo, es una muestra para relacionar nuestros resultados, siendo el valor máximo aceptado de 4, mientras que el valor obtenido de nuestra vía es superior a este rango. En la tabla 64 se muestran dichos valores.

**Tabla 64***Principales Valores de IRI en Perú*

Concesión	Año	Metodología	IRI				
			Obras nuevas	Operación	Tolerancias	IMD (Veh/día)	Velocidad de diseño (Km/h)
Arequipa – Matarani	1994	IRI promedio	2,0	2,0	No	2 500	60
Red vial N° 5	2003	IRI promedio	3,5	3,5	No	3 500	75
Red vial N° 6	2005	IRI promedio	2,0	3,0	20 % y 15 %	4 500	75
IIRSA norte, IIRSA sur	2006	IRI media deslizante	2,5/3,5	3,5/4,0	20 % y 15 %	400	50
Tramos 2,3, y4 IIRSA sur tramos 1 y 5	2007	IRI media deslizante	2,5/3,5	3,5/4,0	No	400	50
Buenos aires – Canchaque	2007	IRI media deslizante	2,5/3,0	3,5/4,0	No	200	50
Autopista del Sol	2009	IRI media deslizante	2,0	3,5	No	3 000	75
IIRSA centro T-2	2010	IRI media deslizante	2,0	3,5	No	4 000	50

*Nota.* Obtenido de datos de concesiones viales en Perú 3.

Por otro lado, según la escala establecida por el banco Mundial el valor IRI de nuestro estudio corresponde a un valor de un pavimento viejo que establece un rango de

IRI de 4 a 6 con imperfecciones en la superficie del pavimento flexible, presentado nuestra vía de estudio estas características similares. Así mismo, otros investigadores establecen valores del estado del pavimento en función del valor de IRI para diferentes países de América. En la tabla 65 se muestran dichos valores.

**Tabla 25**  
*Principales Valores de IRI en América*

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

*Nota.* Datos de IRI en varios países

Comparando los resultados de la investigación de la vía en estudio con los valores de IRI establecidos para una operatividad adecuada se puede establecer que nuestros resultados están por encima de los valores máximos establecidos para vías con un estado de pavimento adecuado siendo nuestra calificación de un estado Malo, que requiere de una intervención a nivel de mantenimiento correctivo.

### 5.3. Análisis de la Evaluación de la Serviciabilidad PSI

Los valores de serviciabilidad obtenidos por correlación de varios autores nos determina un valor 2,05, por otro lado, se conoce que el índice de serviciabilidad se define como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento y su valor va de 0 a 5, el mínimo valor indica intransitable o condición muy mala y 5 una condición de vía óptima o nivel de servicio adecuado. En la tabla 66 se muestra los valores de PSI obtenido en función de la rugosidad del pavimento.

**Tabla 64**  
*Resumen de valores de IRI por tramos*

Vía Evaluada	IRI (m/km)	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI Prom	PSI Prom. Tot.
AV. Antúñez de Mayolo						2,05
Carril Derecho	4,846	2,07	2,15	1,98	2,07	
Carril Izquierdo	4,921	2,04	2,12	1,94	2,04	



**Tabla 267**  
*Principales Valores de IRI en América*

<b>Índice de Serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Calificación</b>
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy Mala

Nota. Obtenido de AASHTO Guía for design of structures (1993)

De acuerdo con los resultados de la tesis, nuestro valor de serviciabilidad esta con una calificación de Regular a Mala para la condición del pavimento por lo que se requiere de la intervención de un mantenimiento correctivo a nivel de recapeo con mortero asfáltico para recuperar el desgaste superficial.

Con los resultados del IRI también se ha correlacionado los valores del PSI para determinar la condición del pavimento. En la tabla 68 se muestran dichos valores.

**Tabla 65**  
*Valores de PCI en función del IRI*

<b>Vía Evaluada</b>	<b>PSI</b>	<b>PCI</b>	<b>Calificación</b>
AV. Antúnez de Mayolo	2,05	41,04	Regular
Carril de bajada	2,07	41,34	Regular
Carril de subida	2,04	40,74	Regular

Como se puede observar los resultados son menores al método del PCI de evaluación superficial, pero la calificación sigue en el rango de regular con tendencia a malo.

## CONCLUSIONES

Los resultados que se obtuvieron de la serviciabilidad vial en función al deterioro superficial de la carpeta asfáltica de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna, aplicando diferentes teorías determinaron que la vía tiene una serviciabilidad de 2.05 que indica que se encuentra en una condición de Regular a Malo.

Los resultados de la evaluación superficial aplicando el método del PCI a la calzada de la carpeta asfáltica en frío de la Avenida Antúnez de Mayolo del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, se midió considerando 24 unidades de muestra cuyos resultados indicaron una condición de Bueno, regular y malo, teniendo como promedio una clasificación de Regular su condición superficial.

Los resultados del IRI (Índice de rugosidad internacional) se determinó aplicando la metodología del rugosímetro MERLIN, en la avenida Antúnez de Mayolo del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, el valor del IRI en el tramo de bajada alcanzó 4.846 m/km, mientras que el tramo de subida alcanzó 4.921 m/km, alcanzando un promedio para los dos tramos de 4.883 m/km cuyo valor nos indica que la vía tiene una regularidad Regular con tendencia Malo.

Considerando los resultados de la condición del pavimento, regularidad y serviciabilidad vial en la calzada del pavimento flexible y de las recomendaciones de los métodos evaluados se plantea un mantenimiento correctivo con una capa mortero asfáltico a base de emulsión, previamente se deberá de hacer trabajos de parchado de huecos, sellado de fisuras y otros trabajos menores.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a las Instituciones encargadas de realizar el mantenimiento de las vías del distrito, tomar en consideración los resultados de la presente investigación y programar dichos trabajos de mantenimiento de vías a fin de garantizar una adecuada serviciabilidad vial en la Avenida Antúnez de Mayolo, más aún que esta vía está siendo aperturada para ser considerada con una vía de ingreso principal al distrito. Gregorio Albarracín.

Se recomienda a los profesionales ingenieros dedicados a la formulación de proyectos de mantenimiento vial considerar los resultados del método de evaluación superficial del PCI, por ser un método práctico y eficiente en los resultados esperados.

Se recomienda a los futuros tesisistas considerar el uso del equipo del Rugosímetro Merlín en la determinación del IRI, a fin de complementar los estudios de la condición o confort de la vía en la que se encuentra una superficie de pavimento flexible a base de carpeta asfáltica, dicha metodología ayudara a tener una mejor evaluación de la vía y por ende considerar un mantenimiento adecuado.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa, Considerar los resultados de la condición del pavimento, regularidad y serviciabilidad vial en la calzada del pavimento flexible a fin realizar trabajos de mantenimiento correctivo en la vía investigada con una capa mortero asfáltico a base de emulsión previa resane de las fallas existentes en la vía como ser parchados de huecos, sellado de fisuras, etc.

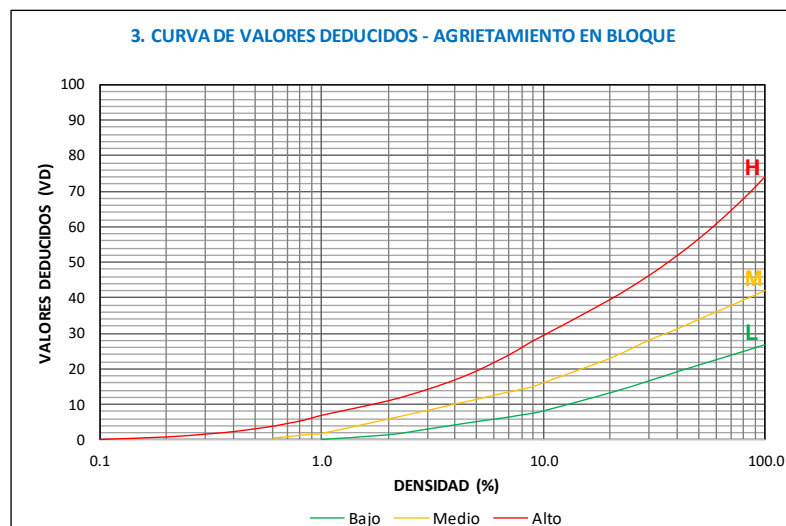
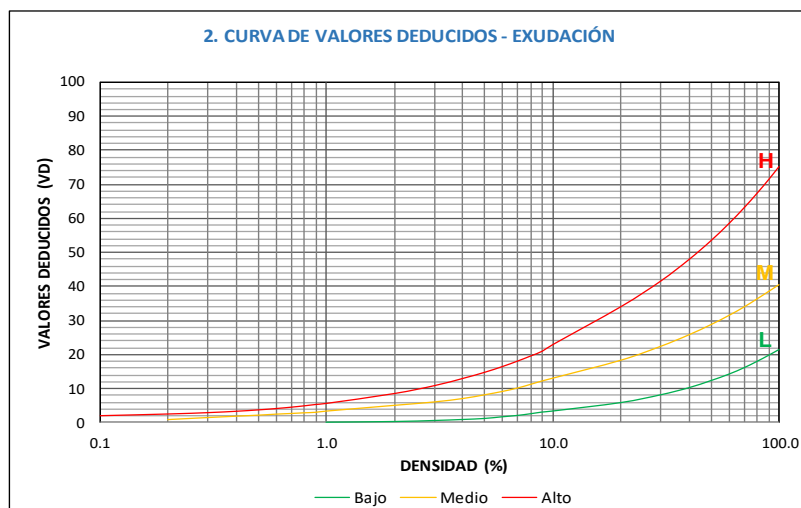
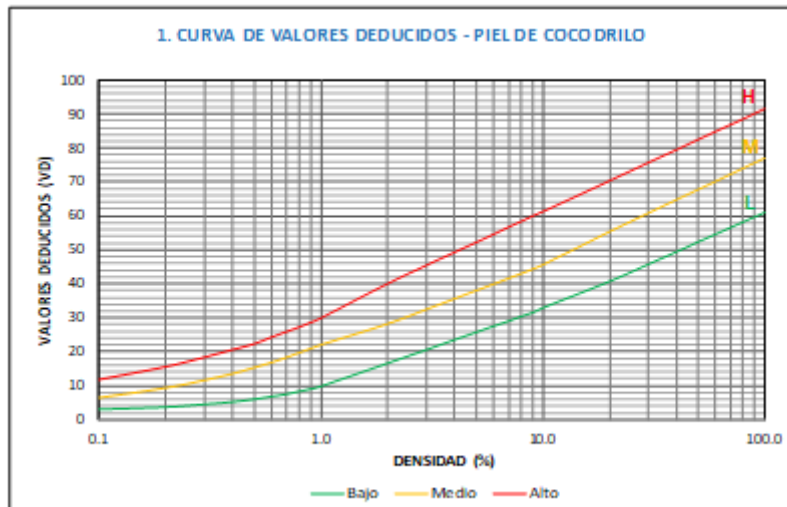
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

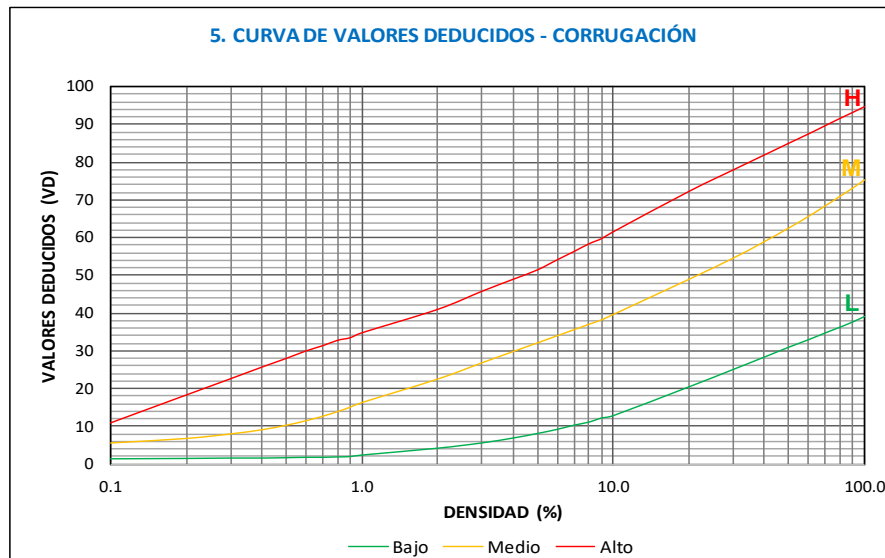
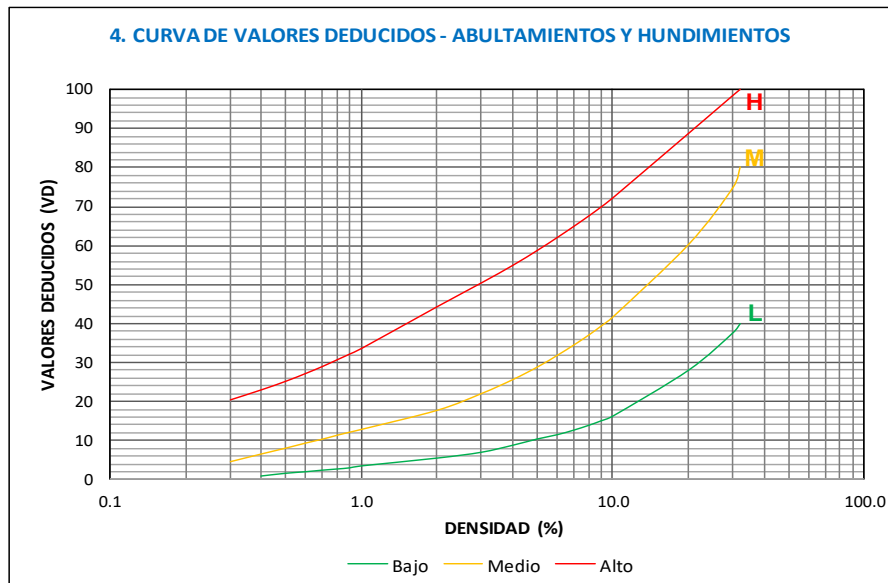
- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures 1993*. Washington: AASHTO.
- Águila, P. (1999). *Metodología para la determinación de rugosidad de los pavimentos*. Lima: Camineros S.A.C.
- Camacho, E., Elizondo, F., Loría, L., Corrales, & José. (2010). *Deterioros prematuros de la mezcla asfáltica en la Concesión de la Carretera San José-Caldera*. Costa Rica: Repositorio de la Universidad de Costa Rica.
- E-Asfalto. (2003). *Pavimentos*. Argentina: s/n.
- Guzman, M. (2017). Evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, aplicando el método del PCI. (*Tesis de pregrado*). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Junai, M. (2015). *Pavement performance measures using Android based Smartphone application*. India: Universidad de Osmania.
- Machaca, D., & Falcón, A. (2021). *Evaluación del estado de conservación y propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: puente Los Palos – carretera Panamericana Sur, Tacna - 2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Colombia.
- Perera, R., & Kohn, S. (2002). *Issues in Pavement Smoothness: A Summary Report*. Michigan, USA: National Cooperative Highway Research Program.
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *Evaluación de la Transitabilidad utilizando el Rugosímetro de Merlín monitoreo de conservación Carretera Cañete-Huancayo Km.110+000 al Km.112+000*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Provías, D. (2006). *Manual Técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.
- Rabanal, J. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014*. Cajamarca: Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

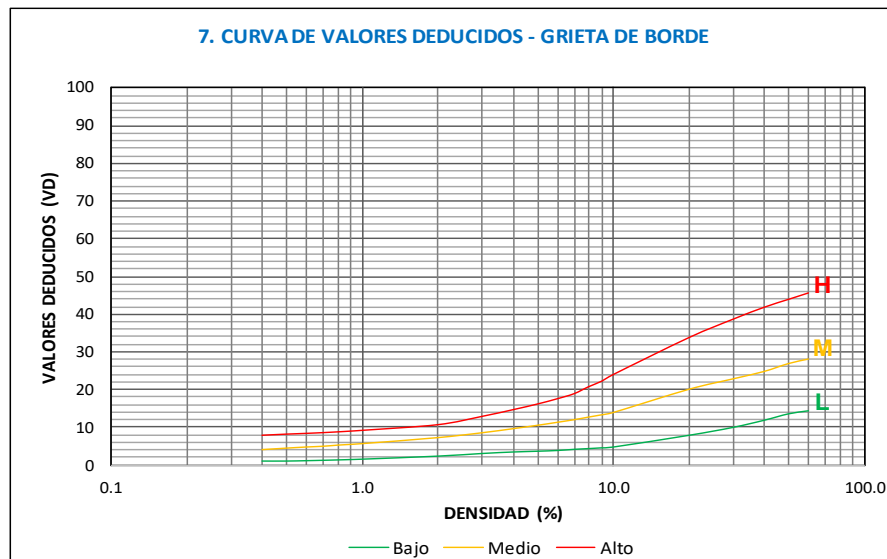
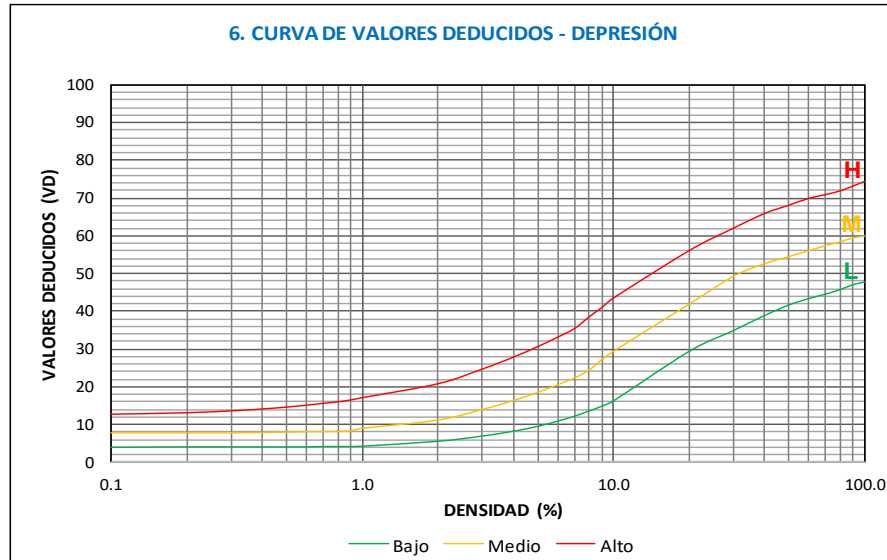
- Rico, A., & Del Castillo, H. (1984). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. LIMUSA.
- Robles, R. (2015). Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima. (*Tesis de pregrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Sayers, M., & Karamihis, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Vásquez, L. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. (*Manual del PCI*). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Vásquez, N. (2014). *Falla de Grietas por Fatigamiento en la calle Principal del sector Cañaveras del Municipio Independencia del Estado Yaracuy*. Venezuela: Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño".
- Vásquez, T. (2021). Evaluación del deterioro superficial de la carpeta asfáltica de la avenida La Cultura entre la avenida Los Poetas y la avenida Bohemia Tacneña, del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2021. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Vergara, A. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

## ANEXOS

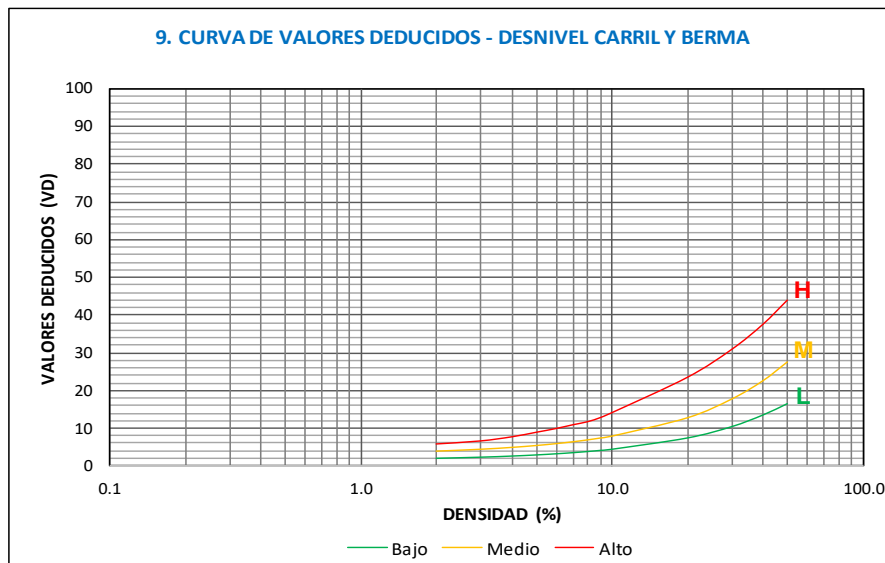
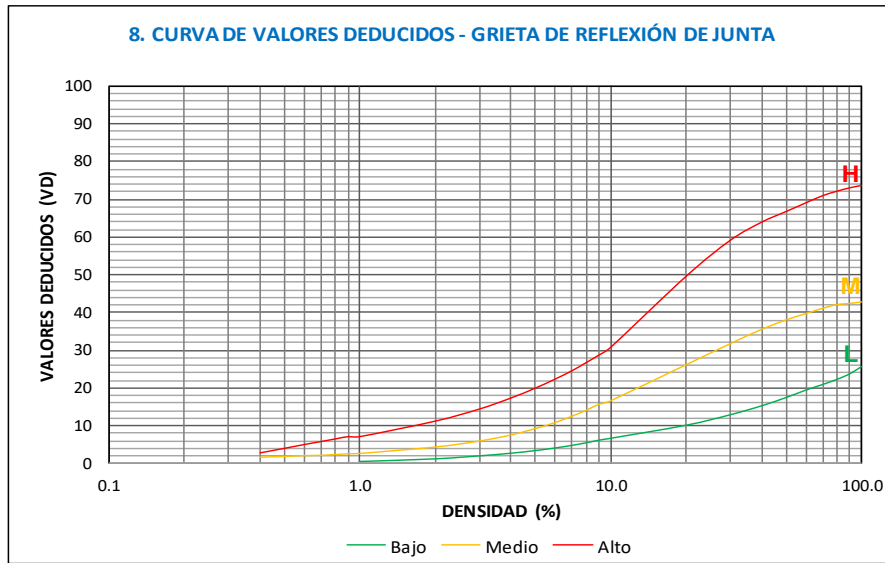
## Anexo 1. Curvas de Valores deducidos (VD)

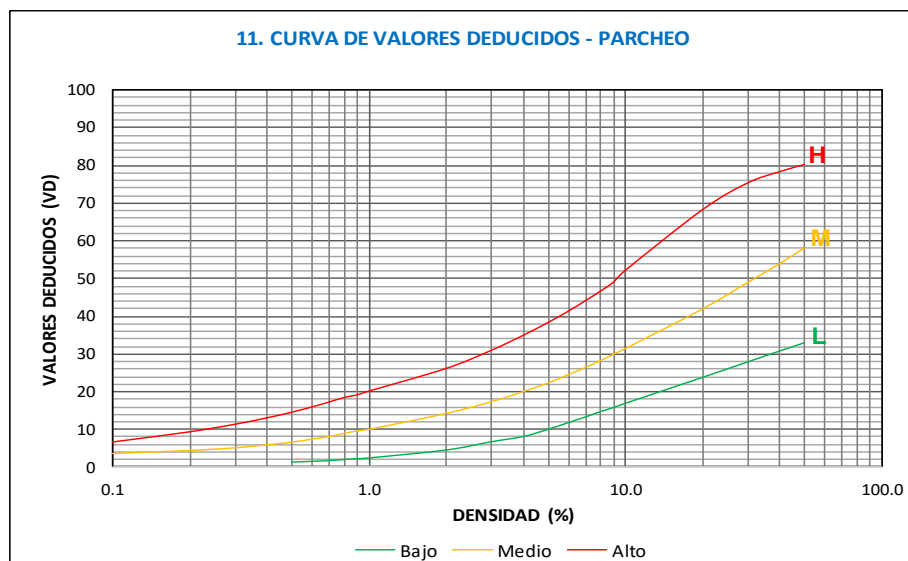
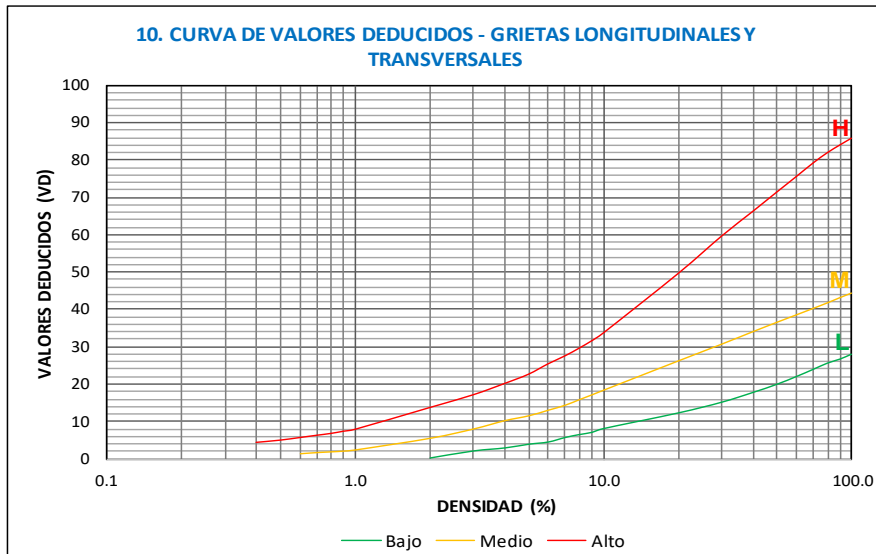


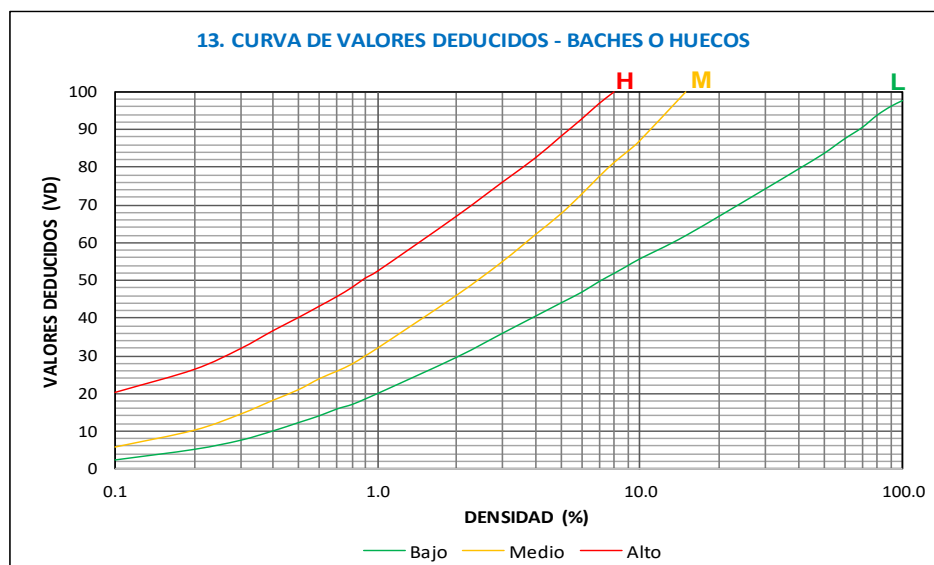
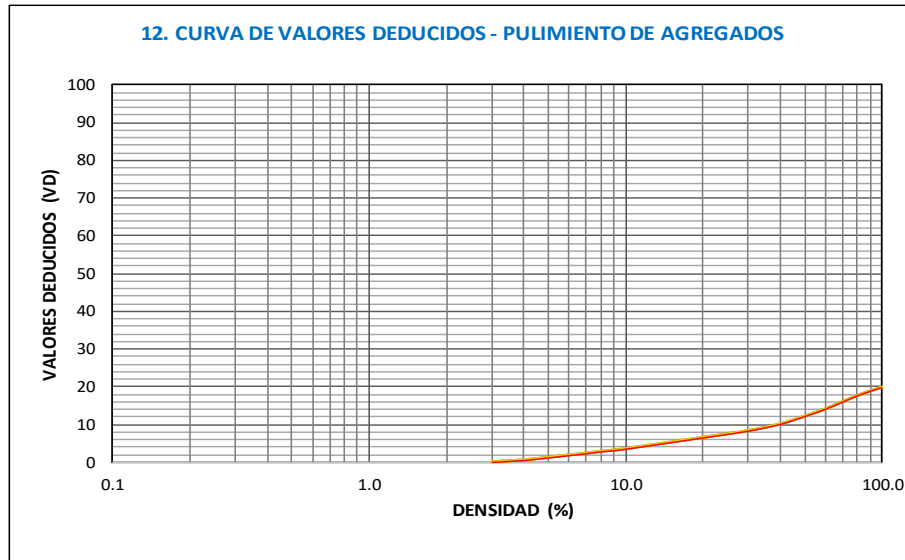


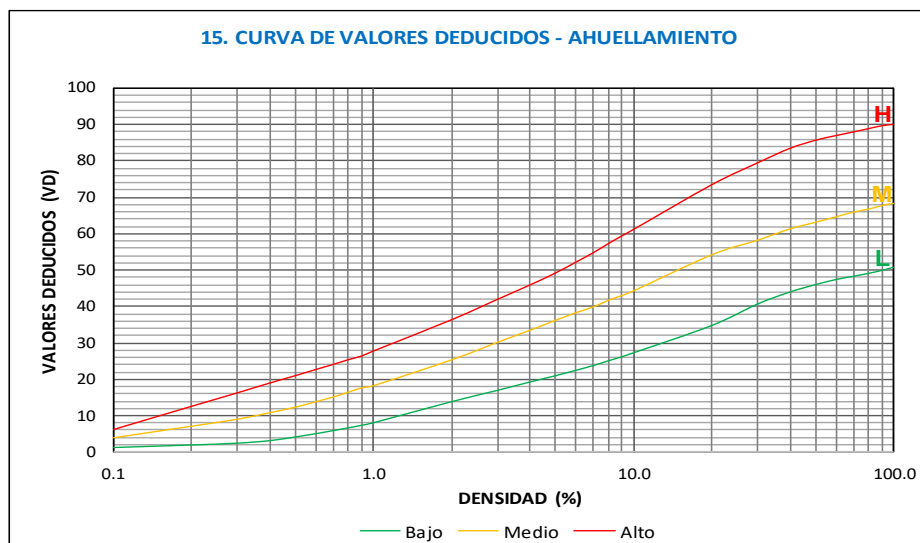
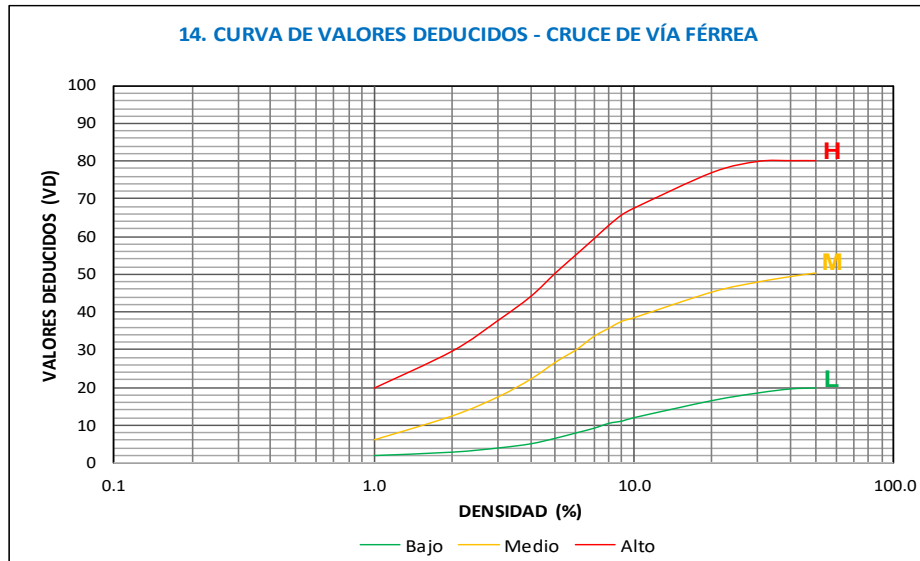


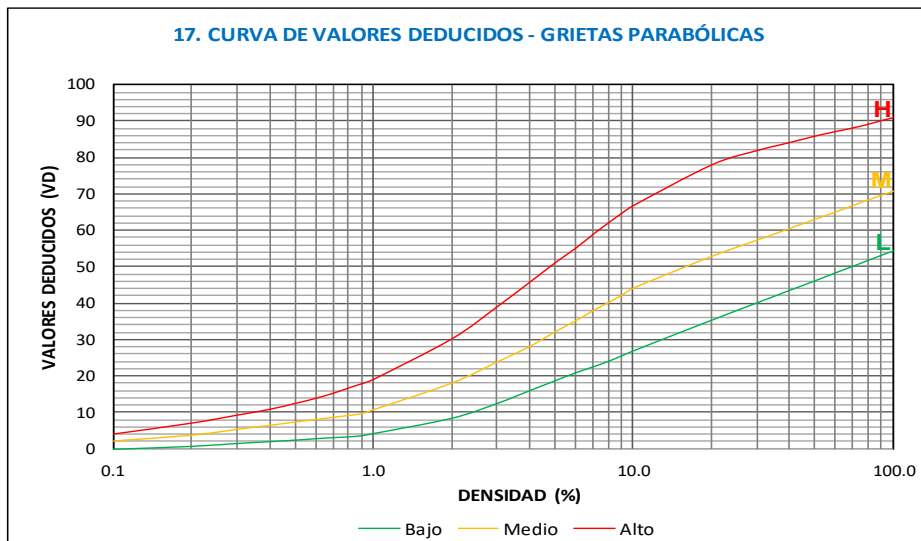
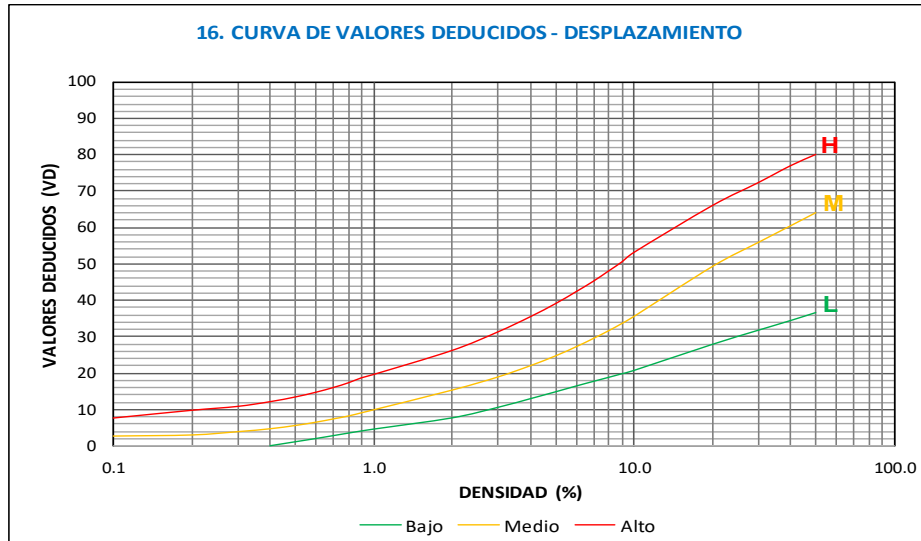


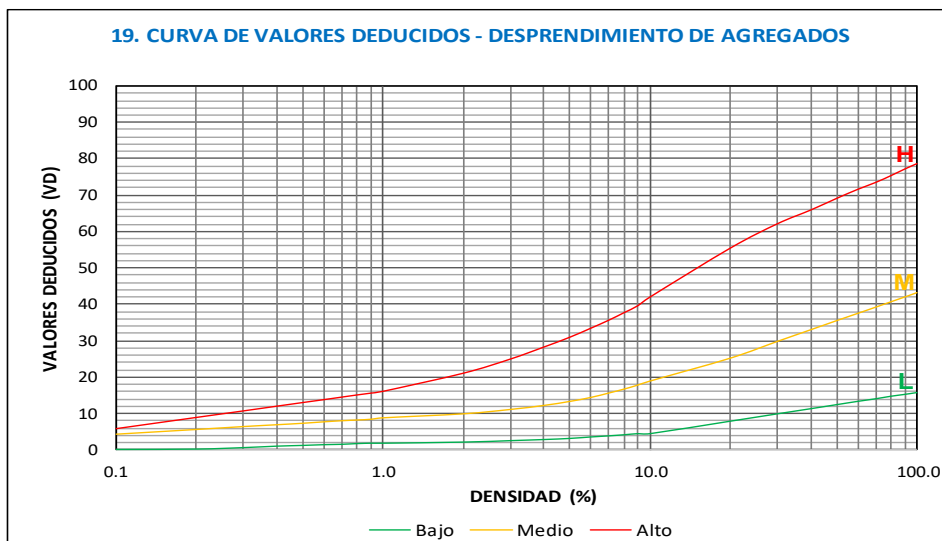
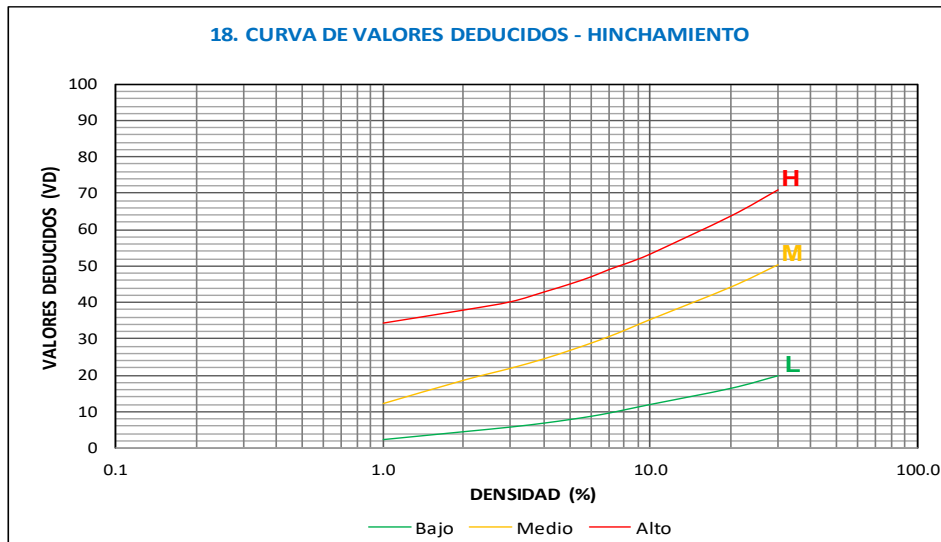




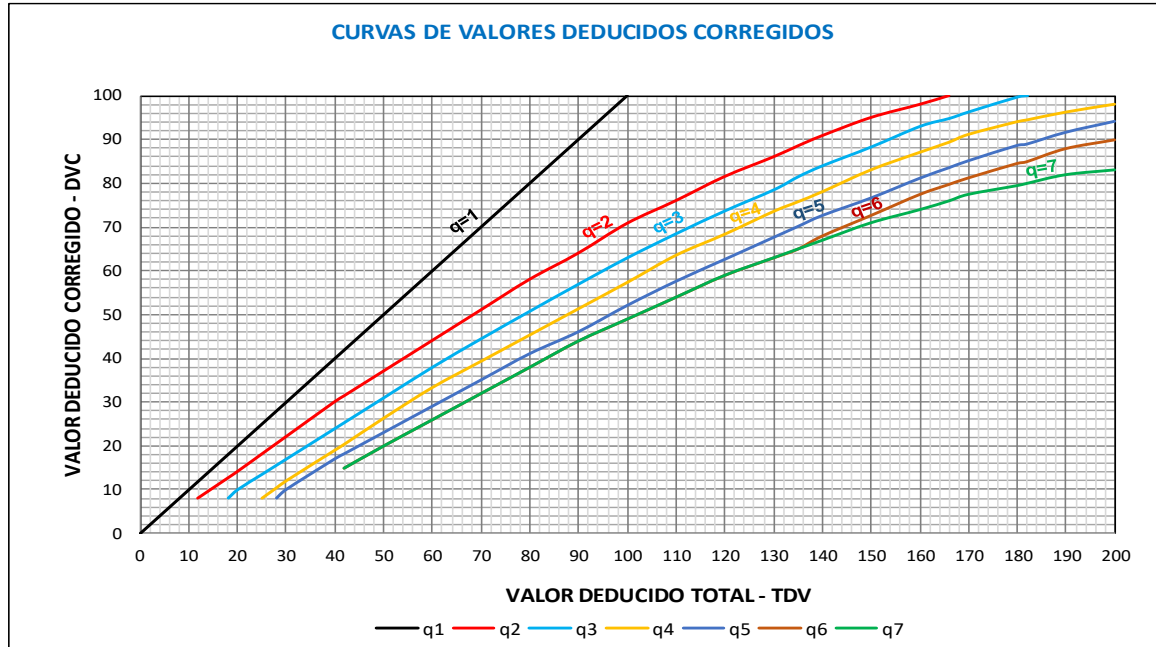








## Anexo 2. Curvas de Valores deducidos Corregidos (VDC)



### Anexo 3. Matriz de Consistencia

Título: “Deterioro superficial de la carpeta asfáltica y serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito G. Albarracín L. Tacna, 2021”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuál es el deterioro superficial de la carpeta asfáltica y la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021?</li> <li>¿Cuál es el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021?</li> </ol>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar el deterioro superficial de la carpeta asfáltica y la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021.</li> <li>Determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El deterioro superficial de la carpeta asfáltica y de la serviciabilidad vial de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021. presenta condiciones funcionales de regular a malo</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021. presenta índice del PCI en promedio mayor a 50 (regular)</li> <li>El índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín L. Tacna, 2021. Presenta condiciones de rugosidad de regular a malo.</li> </ol>	<p><b>Variable Independiente(X)</b></p> <p>Deterioro superficial de la carpeta</p> <p><b>Variable Dependiente(Y)</b></p> <p>Serviciabilidad vial</p>	<p><b>Indicadores:</b></p> <p>PCI Severidad Patologías Unidad de muestra</p> <p>IRI Rugosidad Regularidad Perfil</p> <p>PSI Serviciabilidad Funcionalidad Confort</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicativa</li> </ul> <p><b>Nivel de la Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprensivo</li> </ul> <p><b>Ámbito de Estudio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Avenida Antúnez de Mayolo.</li> </ul> <p><b>Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Toda la Avenida A. de Mayolo.</li> </ul> <p><b>Muestra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La avenida Antúnez de Mayolo</li> </ul> <p><b>Técnicas de Recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observación.</li> <li>Formato de campo</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Odómetro manual.</li> <li>Conos de seguridad.</li> <li>Ficha o formulario de observación.</li> <li>Guías y formatos de campo.</li> <li>Rugosímetro de MERLIN.</li> </ul>