



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO”

Presentado por:

Keith Francis Alarcón Alagón

Para optar al título profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2018



Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía eterna y darme lo necesario para seguir adelante, a mi hermana Marialida que desde el cielo me guía en cada reto de mis días, a mis padres Sergio y Dominga por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y la entera confianza que depositaron en mí y a mi hermanita Anne quien es la razón de mis logros y motivo de mi superación.



Agradecimiento

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres quienes me dieron su apoyo y comprensión en la realización de esta investigación.

A mi hermanita Anne, mi tío César y a Janeth por brindarme el apoyo necesario para la culminación de este trabajo.

A mi asesor Ingeniero Víctor Chacón por brindarme sus consejos, experiencias y guíame en cada etapa de la elaboración de esta tesis.

A mis jurados Ingeniero J. Perez e Ingeniero H. Zevallos por la orientación y los consejos que hicieron posible culminar la presente tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco por haberme inculcado y compartido de grandes conocimientos y experiencias.

A mis primos, amigos y compañeros de toda mi vida que me dieron ese apoyo moral para realizar este trabajo.

Finalmente, a todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente para la culminación de esta tesis.



Resumen

En el presente trabajo de investigación se analiza la influencia del estado superficial del pavimento flexible determinado por medio del método Pavement Condition Index (PCI) en el confort que este ofrece al usuario en términos de reducciones de velocidad y vibraciones.

Se subdividió la metodología PCI para cada carril de las vías, y así tener una mejor relación en el contraste de resultados; seguidamente se aplicó en el circuito de Sacsayhuaman el cual consta de 3 vías: vía Sacsayhuaman, vía Zona X y Anexo a la explanada, los cuales en conjunto tienen 3905 metros de pavimento flexible, después se determinó su calificación PCI para posteriormente dar alternativas de solución según corresponda.

Con la aplicación del método se registraron 71 unidades de muestra para la vía Sacsayhuaman, 27 para la vía Zona X y 6 para el anexo a la explanada y al realizar la subdivisión por carriles se registraron en la vía Sacsayhuaman, vía Zona X y Anexo a la explanada; 34, 13 y 3 unidades de muestra para cada carril respectivamente.

Los resultados se presentan de la siguiente manera; el estado de la vía Sacsayhuaman es malo con un PCI de 30.24, el carril derecho se encuentra en un estado malo con un PCI de 26.68 y el carril izquierdo también en un estado malo con un PCI de 30.38; el estado de la vía Zona X es muy malo con un PCI de 15.75, el carril derecho en estado muy malo con un PCI de 14.77 y el carril izquierdo también en un estado muy malo con un PCI de 11.23 y por último el anexo a la explanada se encuentra en un estado malo con un PCI de 28.05, el carril derecho en estado muy malo con un PCI de 22 y el carril izquierdo en estado malo con un PCI de 34.33.

Las reducciones de velocidad y vibraciones se obtuvieron por medio de la utilización de teléfonos inteligentes y aplicaciones, de las cuales el resultado indica que las reducciones significativas de velocidad y la presencia de vibraciones están relacionadas con el estado superficial del pavimento.

Los resultados finales de la investigación concluyen a que si una vía se encuentra en un estado muy malo o fallado, las reducciones significativas de velocidad serán más constantes, las vibraciones serán más intensas por lo que el confort de servicio que brinda dicha vía será pésima. Es por esto que la vía Zona X es la que brinda el peor confort de servicio debido a que tiene el estado superficial de esta vía es el más crítico de las 3 vías evaluadas.

Palabras claves: Estado, pavimento flexible, PCI, confort de servicio, reducciones de velocidad, vibraciones, Sacsayhuaman, Zona X, Anexo a la Explanada, carril.



Abstract

In the present research work, is analyzed the influence of the superficial state of the flexible pavement determined by means of the method Pavement Condition Index (PCI) in the comfort that this offers to the user in terms of reductions of speed and vibrations.

The PCI methodology was subdivided for each lane of the roads, and thus have a better relationship in the contrast of results; then it was applied in the circuit of Sacsayhuaman which consists of 3 roads: Sacsayhuaman road, Zone X road and Annex to the esplanade, which together have 3905 meters of flexible pavement, then its PCI rating was determined to later give alternative solutions as appropriate.

With the application of the method, 71 sample units were registered for the Sacsayhuaman road, 27 for the X Zone and 6 for the annex to the esplanade. and when carrying out the subdivision by lanes they were registered in the Sacsayhuaman road, Zone X road and Annex to the esplanade; 34, 13 and 3 sample units for each lane respectively.

The results are presented as follows; the state of the Sacsayhuaman road is bad with a PCI of 30.24, the right lane is in a bad state with a PCI of 26.68 and the left lane is also in a bad state with a PCI of 30.38; the status of the X-Zone road is very bad with a PCI of 15.75, the right lane in very bad condition with a PCI of 14.77 and the left lane also in a very bad state with a PCI of 11.23 and finally the annex to the esplanade is in a bad state with a PCI of 28.05, the right lane in a very bad state with a PCI of 22 and the left lane in a bad state with a PCI of 34.33.

The reductions of speed and vibrations were obtained through the use of smartphones and applications, of which the result indicates that significant reductions in speed and the presence of vibrations are related to the surface condition of the pavement.

The final results of the investigation conclude that if a road is in a very bad or failed state, the significant reductions in speed will be more constant, the vibrations will be more intense so the comfort of service provided by this route will be terrible. This is why the Zone X road is the one that provides the worst comfort of service because it has the superficial state of this road is the most critical of the 3 evaluated roads.

Keywords: State, flexible pavement, PCI, comfort of service, speed reductions, vibrations, Sacsayhuaman, Zone X, Annex to the Esplanade, lane.



Introducción

Actualmente la ciudad de Cusco que está en constante crecimiento por la demanda turística que tiene, es de vital importancia que los gobiernos locales ofrezcan una red vial en buenas condiciones. Especialmente en las zonas turísticas estas redes viales deben ofrecer un grado de confort bueno, lo cual es posible teniendo estas vías debidamente mantenidas y así no afectar la comodidad de los usuarios. Sin embargo, es usual observar nuestras redes viales en estados pésimos, los cuales afectan la perspectiva de los usuarios sobre nuestra región. En un pavimento dañado, es evidente que para mejorar su condición se debe realizar trabajos de reparación, los cuales son posibles gracias a una evaluación, diagnóstico de los daños y determinación del estado en el que se encuentran y así tener la certeza de utilizar un tratamiento adecuado.

Es así que, por razones antes mencionadas se propone evaluar el estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y su influencia en el confort de servicio del circuito de la explanada de Sacsayhuaman – Cusco; con el objetivo de analizar la influencia del estado del pavimento flexible en el confort que este ofrece al usuario en términos de reducciones de velocidad y vibraciones.

El método Pavement Condition Index (PCI), desde que se desarrolló en los años 1974 a 1976 en los Estados Unidos, representa un modo muy completo y objetivo para evaluar y calificar un pavimento por medio de inspecciones visuales, siendo formalmente aceptado, adaptado y publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. La fácil implementación y el hecho de aplicarlo sin la necesidad de usar herramientas especializadas lo hace un método de muy bajo costo el cual es muy eficiente. Este método cuantifica el estado actual de un pavimento con calificaciones que oscilan entre 0 “condición fallada” hasta 100 “condición excelente”.

En la presente investigación se subdividió la metodología PCI para cada carril de las vías y así tener una mejor perspectiva de la condición en la que se encuentra el pavimento, ya que al ser analizadas de forma separada, se puede relacionar la influencia que esta tiene sobre el confort en el usuario, este Confort de servicio está relacionado a las reducciones de velocidad y las vibraciones producto del mal estado del pavimento.

Las vibraciones se obtuvieron por medio de la aplicación Roadroid el cual por medio del acelerómetro que incorporan los teléfonos inteligentes en la actualidad nos da un estimado de



la severidad e intensidad de las vibraciones, igualmente se utilizó esta aplicación para medir las reducciones de velocidad que al ser promediados con la toma de datos en el recorrido sobre un vehículo directamente del velocímetro se calcularon las reducciones de velocidades. Estas vibraciones y reducciones de velocidad posteriormente se contrastaron con el resultado de aplicar la metodología PCI en cada carril dentro del circuito.

En las páginas siguientes, se expondrá el sustento teórico relacionado con la influencia de las fallas en el pavimento al confort de servicio. Así mismo se detallará cada procedimiento realizado para la obtención de resultados que son sumamente relevantes para los fines de esta investigación obteniendo de esta manera las afirmaciones o negaciones de las hipótesis en las conclusiones.



Índice General

Dedicatoria..... ii

Agradecimiento iii

Resumen iv

Abstract v

Introducción vi

Índice General viii

Índice de Tablas xiii

Índice de Figuras xv

Capítulo I: Planteamiento del Problema..... 19

1.1. Identificación del Problema..... 19

1.1.1. Descripción del Problema. 19

1.1.2. Formulación interrogativa del problema. 21

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General. 21

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos. 21

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación..... 22

1.2.1. Justificación Técnica. 22

1.2.2. Justificación social. 22

1.2.3. Justificación de la viabilidad. 23

1.2.4. Justificación por relevancia. 23

1.3. Limitaciones de la Investigación 24

1.4. Objetivo de la Investigación..... 25

1.4.1. Objetivo General. 25

1.4.2. Objetivos Específicos. 25

Capitulo II: Marco Teórico..... 26

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual 26

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional. 26

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional..... 28

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes..... 31

2.2.1. Pavimento..... 31

2.2.1.1. Conformación del Pavimento...... 31

2.2.1.2. Clasificación de Pavimentos. 32

2.2.2. Evaluación de Pavimentos..... 34

2.2.2.1. Importancia de una Evaluación de Pavimentos. 34



2.2.2.2. *Tipos de Evaluaciones de Pavimentos.* 34

2.2.3. *Fallas en los pavimentos.*..... 35

2.2.3.1. *Fallas estructurales.* 35

2.2.3.2. *Fallas de superficie o funcionales.* 36

2.2.4. *Método de Evaluación Superficial para Pavimentos Flexibles (PCI-Pavement Condition Index).*
..... 36

2.2.4.1. *Índice de Condición del Pavimento (PCI).*..... 37

2.2.4.2. *Procedimiento de Evaluación.* 37

2.2.4.3. *División del Pavimento en Unidades de Muestreo.*..... 38

2.2.4.4. *Determinación de las Unidades de Muestreo para la Evaluación.*..... 39

2.2.4.5. *Evaluación de la Condición.* 39

2.2.4.6. *Calculo del PCI de las Unidades de Muestreo.* 40

2.2.5. *Fallas Catalogadas en el Pavimento Flexible.* 43

2.2.5.1. *Piel de Cocodrilo.*..... 44

2.2.5.2. *Exudación.* 45

2.2.5.3. *Agrietamiento en Bloque.* 46

2.2.5.4. *Abultamientos y Hundimientos.* 48

2.2.5.5. *Corrugación.* 49

2.2.5.6. *Depresión.* 50

2.2.5.7. *Grieta de borde.* 50

2.2.5.8. *Grieta de Reflexión de Junta (de losas de concreto).*..... 51

2.2.5.9. *Desnivel Carril – Berma.* 53

2.2.5.10. *Grietas Longitudinales y Transversales.* 53

2.2.5.11. *Parcheo.* 55

2.2.5.12. *Pulimiento de Agregados.* 57

2.2.5.13. *Huecos.* 58

2.2.5.14. *Cruce de Vía Férrea.* 59

2.2.5.15. *Ahuellamiento.*..... 60

2.2.5.16. *Desplazamientos.*..... 61

2.2.5.17. *Grieta Parabólica.* 62

2.2.5.18. *Hinchamiento.* 63

2.2.5.19. *Desprendimiento de Agregados.* 64

2.2.6. *Mantenimiento de Pavimentos.* 65

2.2.6.1. *Niveles de Intervención.* 65



2.2.7. Confort en un Viaje. 67

2.2.8. Reducciones de Velocidad. 68

2.2.8.1. *Determinación de Variaciones de Velocidad.* 68

2.2.9. Vibraciones en un Viaje. 69

2.2.9.1. *Uso de Aplicación Roadroid en Teléfonos Inteligentes.*..... 69

2.3. Hipótesis 70

2.3.1. Hipótesis General. 70

2.3.2. Sub Hipótesis..... 71

2.4. Definición de Variables..... 71

2.4.1. Variables Independientes. 71

2.4.1.1. *Indicadores de variables Independientes.* 71

2.4.2. Variables Dependientes. 71

2.4.2.1. *Indicadores de Variables Dependientes.* 71

2.4.3. Cuadro de Operacionalizacion de variables. 71

Capitulo III: Metodología..... 73

3.1. Metodología de la Investigación 73

3.1.1. Tipo de Investigación. 73

3.1.2. Nivel de la Investigación. 73

3.1.3. Método de Investigación. 73

3.2. Diseño de la Investigación 74

3.2.1. Diseño Metodológico. 74

3.2.2. Diseño de Ingeniería..... 74

3.3. Población y Muestra 77

3.3.1. Población 77

3.3.1.1. *Descripción de la Población.* 77

3.3.1.2. *Cuantificación de la Población.* 77

3.3.2. Muestra..... 77

3.3.2.1. *Descripción de la Muestra.* 77

3.3.2.2. *Descripción de la Muestra.* 77

3.3.2.3. *Método de Muestreo.* 77

3.3.2.4. *Criterios de Evaluación de Muestra.*..... 78

3.3.3. *Criterios de Inclusión.* 78

3.4. Instrumentos 78

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos. 78



3.4.2. Instrumentos de Ingeniería. 79

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos..... 79

3.5.1. Recolección de Datos de campo para el Índice de Condición del Pavimento (PCI). 79

3.5.2. Recolección de Datos para velocidades y vibraciones. 87

3.6. Procedimientos de Análisis de Datos 90

3.6.1. Aplicación de la Metodología PCI en la Vía Sacsayhuaman. 90

3.6.1.1. *Aplicación para el ancho de calzada de la Vía Sacsayhuaman.* 90

3.6.1.2. *Aplicación para el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman.* 101

3.6.1.3. *Aplicación para el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman.* 105

3.6.2. Aplicación de la Metodología PCI en la Vía Zona X. 109

3.6.2.1. *Aplicación para el ancho de calzada de la Vía Zona X.* 109

3.6.2.2. *Aplicación para el carril derecho de la Vía Zona X.* 113

3.6.2.3. *Aplicación para el carril izquierdo de la Vía Zona X.* 116

3.6.3. Aplicación de la Metodología PCI en el Anexo a la Explanada. 119

3.6.3.1. *Aplicación para el ancho de calzada del Anexo a la Explanada.* 119

3.6.3.2. *Aplicación para el carril derecho del Anexo a la Explanada.* 123

3.6.3.3. *Aplicación para el carril izquierdo del Anexo a la Explanada.* 127

3.6.4. Aplicación de teléfonos inteligentes para determinación de Velocidades y Vibraciones. 132

3.6.4.1. *Aplicación para el carril derecho (ida) de la vía Sacsayhuaman.* 132

3.6.4.2. *Aplicación para el carril izquierdo (vuelta) de la vía Sacsayhuaman.* 140

3.6.4.3. *Aplicación para el carril derecho (ida) de la vía Zona X.* 147

3.6.4.4. *Aplicación para el carril izquierdo (vuelta) de la vía Zona X.* 151

3.6.4.5. *Aplicación para el carril derecho (ida) del Anexo a la Explanada.* 156

3.6.4.6. *Aplicación para el carril izquierdo (vuelta) del Anexo a la Explanada.*..... 159

Capitulo IV: Resultados 162

4.1. Resultados del PCI en la calzada de la Vía Sacsayhuaman..... 162

4.2. Resultados del PCI en el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman / velocidades y vibraciones ... 166

4.3. Resultados del PCI en el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman / velocidades y vibraciones . 171

4.4. Resultados del PCI en la calzada de la Vía Zona X 176

4.5. Resultados del PCI en el carril derecho de la Vía Zona X / velocidades y vibraciones 179

4.6. Resultados del PCI en el carril izquierdo de la Vía Zona X / velocidades y vibraciones..... 183

4.7. Resultados del PCI en la calzada del Anexo a la explanada 187

4.8. Resultados del PCI en el carril derecho del Anexo a la explanada / velocidades y vibraciones .. 189

4.9. Resultados del PCI en el carril izquierdo del Anexo a la explanada / velocidades y vibraciones 192



4.10. Propuestas de Alternativa de Solución	195
Capítulo V: Discusión	202
Glosario	204
Conclusiones	206
Recomendaciones	210
Referencias	211
Anexos.....	213



Índice de Tablas

Tabla 1: Distancias de vías a evaluar 20

Tabla 2: Escala de Clasificación PCI 37

Tabla 3: Se muestra las condiciones de escala del pavimento 38

Tabla 4: Niveles de Severidad para Huecos 58

Tabla 5: Escala de severidad de vibraciones 70

Tabla 6: Cuadro de Operacionalizacion de Variables 72

Tabla 7: Unidad de Muestra 01 de la Vía Sacsayhuaman..... 82

Tabla 8: Unidad de Muestra 02 de la Vía Sacsayhuaman..... 83

Tabla 9: Unidad de Muestra 01 del Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman 84

Tabla 10: Unidad de Muestra 05 del Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman 85

Tabla 11: Unidad de Muestra 01 de la Vía Zona X 86

Tabla 12: Unidad de Muestra 02 de la Vía Zona X 87

Tabla 13: Ejemplo para aplicación de la metodología - Unidad de Muestra 10 91

Tabla 14: Resumen de Evaluación Vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada 98

Tabla 15: Resumen parcial total de cada falla vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada..... 100

Tabla 16: Resumen de Evaluación Vía Sacsayhuaman – Carril derecho 102

Tabla 17: Resumen parcial total de cada falla vía Sacsayhuaman – Carril derecho 104

Tabla 18: Resumen de Evaluación Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 106

Tabla 19: Resumen parcial total de cada falla vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 108

Tabla 20: Resumen de Evaluación Vía Zona X – Ancho de calzada..... 110

Tabla 21: Resumen parcial total de cada falla vía Zona X – Ancho de calzada 112

Tabla 22: Resumen de Evaluación Vía Zona X – Carril derecho..... 114

Tabla 23: Resumen parcial total de cada falla vía Zona X – Carril derecho 115

Tabla 24: Resumen de Evaluación Vía Zona X – Carril izquierdo 117

Tabla 25: Resumen parcial total de cada falla vía Zona X – Carril izquierdo..... 118

Tabla 26: Resumen de Evaluación Anexo a la Explanada – Ancho de calzada 120

Tabla 27: Resumen parcial total de cada falla Anexo a la Explanada – Ancho de calzada.. 122

Tabla 28: Resumen de Evaluación Anexo a la Explanada – Carril derecho 124

Tabla 29: Resumen parcial total de cada falla Anexo a la Explanada – Carril derecho 126

Tabla 30: Resumen de Evaluación Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 128

Tabla 31: Resumen parcial total de cada falla Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 130

Tabla 32: Análisis de datos velocidades y vibraciones Vía Sacsayhuaman – Carril derecho134

Tabla 33: Análisis de datos velocidades y vibraciones Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo
..... 141

Tabla 34: Análisis de datos velocidades y vibraciones Vía Zona X – Carril derecho 148

Tabla 35: Análisis de datos velocidades y vibraciones Vía Zona X – Carril izquierdo..... 151

Tabla 36: Análisis de datos velocidades y vibraciones Anexo a la Explanada – Carril derecho
..... 157

Tabla 37: Análisis de datos velocidades y vibraciones Anexo a la Explanada – Carril
izquierdo 159

Tabla 38: Resultados del PCI en la calzada de la Vía Sacsayhuaman 162



Tabla 39: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada de la Vía Sacsayhuaman 164

Tabla 40: Resultados del PCI en el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman 166

Tabla 41: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman 167

Tabla 42: Resultados del PCI en el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman 171

Tabla 43: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman 172

Tabla 44: Resultados del PCI en la calzada de la Vía Zona X..... 176

Tabla 45: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada de la Vía Zona X 177

Tabla 46: Resultados del PCI en el carril derecho de la Vía Zona X..... 179

Tabla 47: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho de la Vía Zona X..... 179

Tabla 48: Resultados del PCI en el carril izquierdo de la Vía Zona X..... 183

Tabla 49: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo de la Vía Zona X..... 183

Tabla 50: Resultados del PCI en la calzada del Anexo a la Explanada..... 187

Tabla 51: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada del Anexo a la Explanada 187

Tabla 52: Resultados del PCI en el carril derecho del Anexo a la Explanada..... 189

Tabla 53: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho del Anexo a la Explanada..... 189

Tabla 54: Resultados del PCI en el carril izquierdo del Anexo a la Explanada 192

Tabla 55: Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo del Anexo a la Explanada..... 192

Tabla 56: Alternativa de Reparación por Tipo de Falla..... 195

Tabla 57: Nivel de Intervención respecto a la Condición de Pavimento 196

Tabla 58: Niveles de Intervención para la Vía Sacsayhuaman 197

Tabla 59: Niveles de Intervención para la Vía Zona X..... 200

Tabla 60: Niveles de Intervención para el Anexo a la Explanada 201

Tabla 61: Nivel de confort de servicio propuesto respecto al PCI realizado 202

**Índice de Figuras**

<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación del área del proyecto.	20
<i>Figura 2.</i> Circuito De La Explanada De Sacsayhuaman – Cusco-Perú.	21
<i>Figura 3.</i> Sección de un pavimento rígido.	32
<i>Figura 4.</i> Esquema de un pavimento semirrígido.	33
<i>Figura 5.</i> Esquema típico de pavimentos flexibles.	33
<i>Figura 6.</i> Hoja de registro de la Metodología PCI.	40
<i>Figura 7.</i> Curva Piel de Cocodrilo, Metodología PCI.	41
<i>Figura 8.</i> Curva de corrección del Valor Deducido.	42
<i>Figura 9.</i> Fallas en los Pavimentos Flexibles.	43
<i>Figura 10.</i> Piel de cocodrilo de alta severidad.	45
<i>Figura 11.</i> Exudación de baja severidad.	46
<i>Figura 12.</i> Agrietamiento en bloque de severidad media.	47
<i>Figura 13.</i> Abultamiento y hundimiento de severidad media.	48
<i>Figura 14.</i> Falla Corrugación severidad alta.	49
<i>Figura 15.</i> Falla Depresión de severidad alta.	50
<i>Figura 16.</i> Falla Grieta de Borde de severidad baja.	51
<i>Figura 17.</i> Falla Grieta de Reflexión de Junta de severidad media.	52
<i>Figura 18.</i> Desnivel Carril – Berma de severidad baja.	53
<i>Figura 19.</i> Grieta Longitudinal de severidad alta.	55
<i>Figura 20.</i> Parcheo de severidad alta.	56
<i>Figura 21.</i> Parcheo de Cortes Unitarios.	57
<i>Figura 22.</i> Pulimiento de Agregados.	58
<i>Figura 23.</i> Hueco de severidad alta.	59
<i>Figura 24.</i> Cruce de Vía Férrea de severidad media.	60
<i>Figura 25.</i> Ahuellamiento severidad alta.	61
<i>Figura 26.</i> Desplazamiento de severidad alta.	62
<i>Figura 27.</i> Grieta Parabólica de severidad alta.	63
<i>Figura 28.</i> Hinchamiento.	64
<i>Figura 29.</i> Desprendimiento de Agregados de severidad alta.	65
<i>Figura 30.</i> Logo Roadroid.	69
<i>Figura 31.</i> Esquema Metodológico.	74
<i>Figura 32.</i> Diagrama de flujo de la investigación.	76
<i>Figura 33.</i> Medición del ancho de calzada de la Vía.	79
<i>Figura 34.</i> Medición de la unidad de muestra.	80
<i>Figura 35.</i> Medición de las Fallas en el pavimento flexible.	81
<i>Figura 36.</i> Medición de las siguientes unidades de muestra.	81
<i>Figura 37.</i> Ubicación y colocación de celulares para toma de datos.	88
<i>Figura 38.</i> Calibración de la aplicación Roadroid.	88
<i>Figura 39.</i> Empiezo del recorrido.	89
<i>Figura 40.</i> Verificación de videos.	89
<i>Figura 41.</i> Curva Densidad – Valor Deducido (piel de cocodrilo)	93
<i>Figura 42.</i> Curva Densidad – Valor Deducido (huecos)	94



Figura 43. Curva de Valores Deducidos Corregidos. 96

Figura 44. Curva de Valores Deducidos Corregidos. 97

Figura 45. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada . 99

Figura 46. Distribución de falla Agrietamiento en Bloque Vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada..... 99

Figura 47. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada 101

Figura 48. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Sacsayhuaman – Carril derecho 103

Figura 49. Distribución de falla Agrietamiento en Bloque Vía Sacsayhuaman – Carril derecho 103

Figura 50. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Sacsayhuaman – Carril derecho..... 105

Figura 51. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo .. 107

Figura 52. Distribución de falla Agrietamiento en Bloque Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 107

Figura 53. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo..... 109

Figura 54. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Zona X – Ancho de calzada..... 111

Figura 55. Distribución de falla parcheo Vía Zona X – Ancho de calzada..... 111

Figura 56. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Zona X – Ancho de calzada 113

Figura 57. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Zona X – Carril derecho 114

Figura 58. Distribución de falla parcheo Vía Zona X – Carril derecho 114

Figura 59. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Zona X – Carril derecho 116

Figura 60. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Zona X – Carril izquierdo 117

Figura 61. Distribución de falla parcheo Vía Zona X – Carril izquierdo 117

Figura 62. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Zona X – Carril izquierdo 119

Figura 63. Distribución de falla desprendimiento de agregados Anexo a la Explanada – Ancho de calzada 121

Figura 64. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Anexo a la Explanada – Ancho de calzada 121

Figura 65. Porcentajes de fallas más frecuentes Anexo a la Explanada – Ancho de calzada 123

Figura 66. Distribución de falla desprendimiento de agregados Anexo a la Explanada – Carril derecho 125

Figura 67. Distribución de falla huecos Anexo a la Explanada – Carril derecho 125

Figura 68. Porcentajes de fallas más frecuentes Anexo a la Explanada – Carril derecho 127

Figura 69. Distribución de falla desprendimiento de agregados Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 129

Figura 70. Distribución de falla piel de cocodrilo Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 129

Figura 71. Porcentajes de fallas más frecuentes Anexo a la Explanada – Carril izquierdo.. 131

Figura 72. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Vía Sacsayhuaman – Carril derecho 139

Figura 73. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Vía Sacsayhuaman – Carril derecho.. 139

Figura 74. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Vía Sacsayhuaman – Carril derecho 140

Figura 75. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 145

Figura 76. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 146



Figura 77. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Vía Sacsayhuaman – Carril izquierdo 146

Figura 78. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Vía Zona X – Carril derecho..... 150

Figura 79. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Vía Zona X – Carril derecho 150

Figura 80. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Vía Zona X – Carril derecho..... 151

Figura 81. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Vía Zona X – Carril izquierdo 155

Figura 82. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Vía Zona X – Carril izquierdo 155

Figura 83. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Vía Zona X – Carril izquierdo 156

Figura 84. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Anexo a la Explanada – Carril derecho 157

Figura 85. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Anexo a la Explanada – Carril derecho 158

Figura 86. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Anexo a la Explanada – Carril derecho 158

Figura 87. Grafico velocidad/distancia del Velocímetro Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 160

Figura 88. Grafico velocidad/distancia de Roadroid Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 160

Figura 89. Grafico vibraciones/distancia de Roadroid Anexo a la Explanada – Carril izquierdo 161

Figura 90. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada de la Vía Sacsayhuaman 164

Figura 91. Perfil del PCI en la calzada de la Vía Sacsayhuaman (progresivas) 165

Figura 92. Perfil del PCI en la calzada de la Vía Sacsayhuaman (unidades de muestra)..... 165

Figura 93. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman 167

Figura 94. Perfil del PCI en el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman (progresivas) 168

Figura 95. Resultado Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Sacsayhuaman - Carril derecho 169

Figura 96. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Sacsayhuaman - Carril derecho 170

Figura 97. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Vía Sacsayhuaman - Carril derecho 170

Figura 98. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman 172

Figura 99. Perfil del PCI en el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman (progresivas) 173

Figura 100. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Sacsayhuaman - Carril izquierdo 174

Figura 101. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Sacsayhuaman - Carril izquierdo 175

Figura 102. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Vía Sacsayhuaman - Carril izquierdo 175

Figura 103. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada de la Vía Zona X 177



Figura 104. Perfil del PCI en la calzada de la Vía Zona X (progresivas)..... 178

Figura 105. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho de la Vía Zona X..... 180

Figura 106. Perfil del PCI en el carril derecho de la Vía Zona X (progresivas)..... 180

Figura 107. Resultado Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Zona X - Carril derecho 181

Figura 108. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Zona X - Carril derecho 182

Figura 109. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Vía Zona X - Carril derecho 182

Figura 110. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo de la Vía Zona X..... 184

Figura 111. Perfil del PCI en el carril izquierdo de la Vía Zona X (progresivas)..... 184

Figura 112. Resultado Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Zona X - Carril izquierdo 185

Figura 113. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Vía Zona X - Carril izquierdo 186

Figura 114. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Vía Zona X - Carril izquierdo 186

Figura 115. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en la calzada del Anexo a la Explanada 188

Figura 116. Perfil del PCI en la calzada del Anexo a la Explanada (progresivas)..... 188

Figura 117. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril derecho del Anexo a la Explanada..... 189

Figura 118. Resultado Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Anexo a la Explanada - Carril derecho 190

Figura 119. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Anexo a la Explanada - Carril derecho 191

Figura 120. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Anexo a la Explanada - Carril derecho 191

Figura 121. Porcentajes de Condición del Pavimento Flexible en el carril izquierdo del Anexo a la Explanada 192

Figura 122. Resultado Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Anexo a la Explanada - Carril izquierdo 193

Figura 123. Resultado de relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia Anexo a la Explanada - Carril izquierdo..... 194

Figura 124. Relación Velocidad-Vibración-PCI / Distancia con el Confort Anexo a la Explanada - Carril izquierdo..... 194



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema.

Los pavimentos flexibles urbanos y rurales cuya principal función es la de facilitar el transporte de vehículos y personas con la comodidad y seguridad, motivos por los cuales se construyeron; muestran con frecuencia fallas como huecos, fisuras o el deterioro completo de la carpeta asfáltica, lo cual afecta al normal desplazamiento de los vehículos.

En el circuito de Sacsayhuaman, la demanda turística que este tiene, hace que a diario vehículos transiten y transporten personas utilizando las vías que forman dicho circuito; el mal estado del pavimento flexible hace que un viaje por esta ruta sea una experiencia mala, y la perspectiva de confort que tienen los usuarios sea pésima debido a los pocos mantenimientos que se dan a esta red vial; motivo por el cual se realizó en esta investigación la evaluación del estado superficial de este pavimento por medio del método Pavement Condition Index (PCI) y la influencia que genera en el confort de servicio.

La ubicación geográfica de la presente investigación, está constituida en la ciudad del Cusco, la cual se encuentra situada en la zona central y sur oriental del Perú, exactamente la ubicación de la investigación denominada “El circuito de la explanada de Sacsayhuaman” está situado a nor-oeste de la ciudad de Cusco, toda la investigación fue realizada a una altura de aproximadamente 3580 m.s.n.m. Las evaluaciones fueron realizadas a lo largo de este circuito que enlaza las rutas de ingreso a la fortaleza de Sacsayhuaman y también sirve como vía auxiliar hacia el valle sagrado.

En la figura 1 observamos la ubicación geográfica de la zona en estudio.

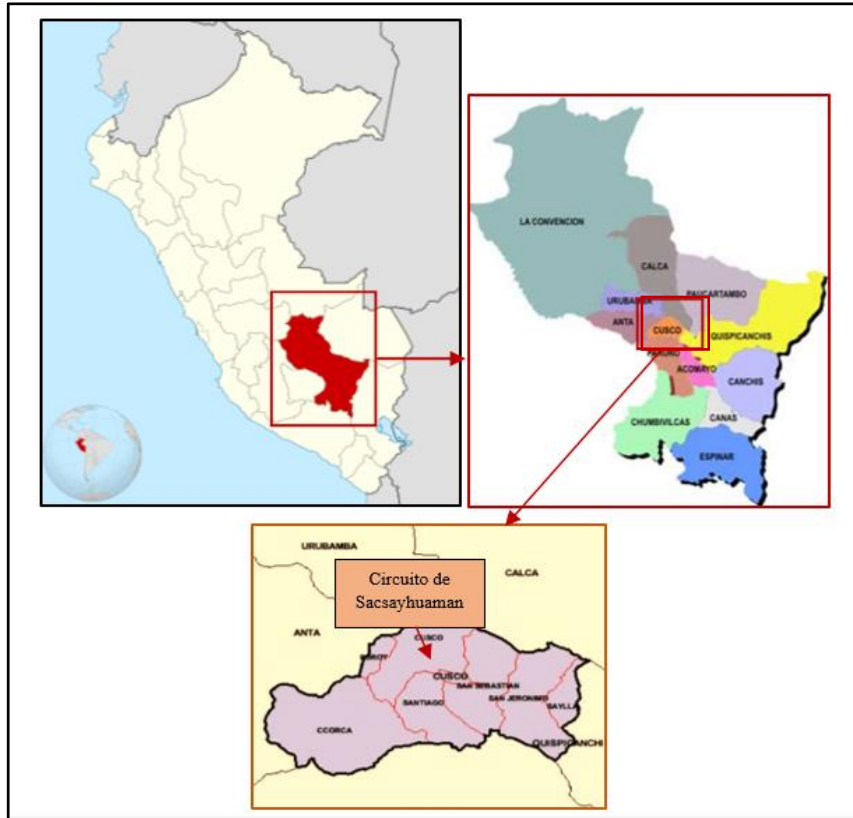


Figura 1. Mapa de ubicación del área del proyecto.

Fuente: Google Imágenes.com

El circuito de la explanada de Sacsayhuaman que pertenece al distrito de Cusco, Provincia de Cusco; comprende 3905 metros lineales de pavimento flexible.

El punto de inicio es el ingreso a Sacsayhuaman, el cual brinda el acceso hacia el circuito que comprende las vías arteriales de la explanada. El circuito será dividido por fines de evaluación y control en tres vías, los cuales son:

Tabla 1: Distancias de vías a evaluar

VÍA	INICIO	FIN	DISTANCIA
Vía Sacsayhuaman	Ingreso al circuito	Puesto de control	2525 metros
Vía Zona X	Intersección con vía hacia valle sagrado	Intersección con la vía Sacsayhuaman	1185 metros
Anexo a la explanada	Ingreso anexo al circuito	Intersección con la vía Sacsayhuaman	195 metros

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se puede observar el circuito de Sacsayhuaman.



Figura 2. Circuito De La Explanada De Sacsayhuaman – Cusco-Perú.

Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Formulación interrogativa del problema.

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General.

¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y su influencia en el confort de servicio del circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cusco?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos.

a) Problema específico n° 01

¿Cómo afectan las fallas en el pavimento a las reducciones de velocidad en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cusco?

b) Problema específico n° 02

¿Cómo influyen las fallas en el pavimento a la presencia de vibraciones en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cusco?

c) Problema específico n° 03

¿Cómo es el índice de condición del Pavimento de acuerdo a las vías y los carriles en estudio?

d) Problema específico n° 04



¿Qué alternativas de solución se puede proponer a las fallas existentes para el mantenimiento de las vías?

e) Problema específico n° 05

¿Qué vía del circuito será el que se encuentra en estado más crítico y que necesita inmediata intervención?

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación Técnica.

El estudio del estado superficial del pavimento flexible del circuito de la explanada de Sacsayhuaman por el método PCI indica la condición actual de este y si está operando en un nivel de servicio que sea óptimo de manera que el usuario pueda transitar esta vía sin afectar su confort. Los datos obtenidos de dicho estudio como son los tipos de fallas del pavimento, su severidad y extensión dan resultados para llegar a los fines de estudio. Así mismo, se determina si la vía brinda un confort de servicio adecuado para el usuario, en referencia a las reducciones de velocidad e intensidad de las vibraciones y servirá como fuente de información para los interesados en el tema.

También la evaluación permite conocer de acuerdo al estado en el que se encuentran los tramos de pavimento, las medidas correctivas oportunas; consiguiendo con ellas cumplir el objetivo de una mejor calidad de viaje al usuario.

1.2.2. Justificación social.

Los beneficiarios principales de esta investigación son personas nacionales y extranjeros que se encuentran haciendo uso del Circuito de Sacsayhuaman y necesitan el grado de confort que solo una vía en buenas condiciones puede ofrecer.

La investigación también contribuye a todo el ámbito de la construcción y evaluación de nuestra región en temas de evaluaciones de pavimentos ya que trabajos similares encontramos muy pocos.

Por último, esta investigación está dirigida a los estudiantes de ingeniería civil para su mayor conocimiento acerca de la evaluación del estado superficial del pavimento utilizando el método del Pavement Condition Index (PCI) y la influencia en el confort que este brinde al usuario.



1.2.3. Justificación de la viabilidad.

La presente investigación la metodología PCI utilizada es un método el cual no presenta dificultades en su aplicación; no es costosa, debido a que no utiliza instrumentos ni herramientas especializadas. La zona de estudio tiene fácil acceso y el trabajo se realiza de manera continua, ya que se cuenta con un tráfico relativamente reducido. Los trabajos para la obtención de datos de velocidades y vibraciones sobre los vehículos se realizaron sin inconvenientes y también de forma continua.

El circuito de Sacsayhuaman al ser parte de una zona turística, tiene trabajadores del Ministerio de Cultura y por ende para realizar trabajos en este se pidieron los permisos correspondientes a las entidades competentes.

Se utilizaron las normas vigentes tanto nacionales como internacionales según sea el caso, por ejemplo la ASTM D 6433-07, Manuales de Carreteras, Norma CE.010, etc. Para mayor confiabilidad de resultados se utilizó como herramienta diferentes tipos de software tales como Microsoft Excel, CivilCad 3D, AutoCAD, etc.

1.2.4. Justificación por relevancia.

Consciente de que el desarrollo integral de una región y de un País es un proceso continuo, el cual no tiene un final establecido; y más, el caso de Cusco que está en pleno crecimiento económico y una de las fuentes primordiales es el turismo; es importante tener las redes viales debidamente mantenidas para así no perjudicar a la población local, nacional y extranjera.

Es por lo mencionado la importancia de aplicar métodos confiables que den certeza sobre el estado actual del pavimento y las acciones a tomar para poder mejorar la calidad de tránsito de las vías de nuestra región; también es importante porque obtendremos datos de la influencia de las fallas al grado de confort en el usuario ya que dicho confort que estos perciben está influenciado estrictamente por la condición del pavimento, estos datos serán recopilados gracias a acciones planificadas cuidadosamente y así proponer una futura mejora de la vía en cuestiones de confort al usuario.



1.3. Limitaciones de la Investigación

- a) El análisis y evaluación de las vías es exclusivamente de la carpeta de rodadura, no se consideró el ámbito estructural.
- b) El estudio realizado es exclusivamente para vías de pavimento flexible.
- c) En la evaluación de pavimentos solo se tomaron en cuenta las fallas visibles en la carpeta de rodadura, mas no en elementos de seguridad tanto vertical como horizontal.
- d) En la investigación no se tomó en cuenta el impacto de las fallas en el pavimento en la seguridad vial, ni el diseño geométrico con el cual se construyeron las vías, ya que es otro tema de investigación.
- e) La obtención de datos de velocidades e intensidades de las vibraciones se realizaron en condiciones de manejo normal en un vehículo particular y se restringieron a la conducción sobre el carril correspondiente sin invasión al otro; no se condicionó acciones de aceleración o desaceleración, tampoco se consideró las características de los vehículos tales como suspensiones, calidad de ruedas, estabilizadores, sistemas de ayuda al manejo, etc. ni costumbres del conductor.
- f) A pesar de la importancia del tráfico, no se presentan desarrollos de obtención de IMDA, ya que esta investigación no va enfocado para este.
- g) La aplicación Roadroid utilizada es la versión 2.3.5, y esta aplicación en la recolección de datos de vibraciones durante el manejo en el circuito solo está programada para captar las vibraciones producidas en el eje Z por lo cual es precisa para esta investigación. También esta aplicación está configurada para un uso en vehículos pequeños (autos pequeños o medianos, sedanes y station wagon)
- h) El vehículo utilizado en la recolección de datos de variaciones de velocidades y vibraciones fue un auto de marca Renault modelo Sandero Stepway.
- i) El teléfono inteligente utilizado para ejecutar la aplicación Roadroid fue el Huawei P10 y para filmar la pantalla del velocímetro un Samsung j5.
- j) No se realizaron estudios de planificación de costos para las acciones a tomar dependiendo el estado del pavimento, solo son propuestas.



1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General.

Determinar el estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y su influencia en el confort de servicio del circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cusco.

1.4.2. Objetivos Específicos.

a) Objetivo específico n°01

Determinar cómo afectan las fallas en el pavimento a la reducción de velocidad en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman– Cusco.

b) Objetivo específico n°02

Analizar la influencia de las fallas en el pavimento a la presencia de vibraciones en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman– Cusco.

c) Objetivo específico n°03

Determinar el índice de condición del pavimento de acuerdo a las vías y los carriles en estudio.

d) Objetivo específico n°04

Identificar las alternativas de solución frente a las fallas existentes para el mantenimiento de las vías.

e) Objetivo específico n°05

Determinar que vía del circuito será el que se encuentra en estado más crítico y que necesita inmediata intervención.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional.

Autor: Jaime Enrique Rabanal Pajares

Título: “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”

Año: 2014

Institución: Universidad Privada del Norte

Resumen

La tesis en mención emplea el método Pavement Condition Index (PCI) para la valoración del estado del pavimento de la Vía de Evitamiento Norte de la Ciudad de Cajamarca, Las secciones que se estudiaron constaron de dos carriles que propician un ancho de circulación de 6.10 m en una longitud de 2400 m. Su superficie total de 14 640 m² se subdividió en unidades de análisis o inspección de 37.5 m de largo y 228.75 m² de área cada una.

De esta manera la sección estará formada por 64 unidades de prueba, las que fueron todas identificadas en el terreno mediante sus límites y un número.

El objetivo principal de la tesis es realizar el análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento.

En esta tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte entre el Jr. San Ginez y la Antigua Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2014, según la evaluación mediante el método del Índice del condición del Pavimento (PCI) tiene una valor de $PCI = 49$ y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es Regular.
- Las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en el pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte son: baches en mal estado, Piel de



Cocodrilo y agrietamientos Longitudinales, Transversales y Agrietamiento en bloque.

- El 42% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 54); después le sigue un 33% de unidades en mal estado (PCI igual a 39); un 15%, en buen estado (PCI entre 56 y 65).

No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100). Agrupando los resultados en los tramo 1 (U7 – U32) presenta un PCI de 54, pavimento Regular; y el tramo 2 (U32-U64), un PCI de 44, pavimento regular.

- Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción del tramo analizado, se calcula el PCI ponderado de 49 por lo tanto el pavimento es Regular cumpliendo con la hipótesis.

Autores: Armando Medina Palacios, Marcos De La Cruz Puma

Título: “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”

Año: 2015

Institución: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.

Resumen

En la tesis mencionada el objetivo principal es determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez, con lo cual se podrá determinar si la vía esta apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

En esta Tesis se llegó a las siguientes conclusiones:

- El estado del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las secciones identificadas. El pavimento flexible del Jr. José Gálvez actualmente está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.
- Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición malo la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ningún unidades de muestra en condiciones de excelente.



- Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados.
- El costo de mantenimiento y rehabilitación del Jr. José Gálvez evaluado es de 135534.27 nuevos soles, con lo cual se logra pasar el pavimento de una condición regular a excelente.
- El ratio de costo por m² de área del Jr. José Gálvez evaluado para pasar el pavimento de una condición regular a excelente es de 19.56 nuevos soles/m².

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.

Autor: Julián Andrés Pinilla Valencia

Título: “Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de la Libertad – Malteria desde el k0+000 hasta el k6+000”

Año: 2007

Institución: Universidad Nacional De Colombia

Resumen

En este trabajo de investigación se realizó la evaluación de la condición del pavimento sobre la carretera sector puente de la Libertad – Malteria desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 6+000, luego comparó metodologías norteamericana PCI y la metodología francesa VIZIR.

En esta Tesis se llegó a las siguientes conclusiones:

- En la Vía Puente De La Libertad – Fresno en el Sector Puente De La Libertad – Maltería Desde El PR0+000 hasta El PR6+000 de acuerdo a los datos tomados y la evaluación efectuada a las condiciones superficiales del pavimento para cada una de las metodologías adoptadas se obtiene como resultado las siguientes calificaciones: Metodología francesa VIZIR dio como resultado un Índice de Deterioro Superficial “Is” igual a 3 catalogado como REGULAR, y la metodología norteamericana PCI dio como resultado un índice numérico igual a 50, calificación general REGULAR. Las dos metodologías califican el tramo de 6 km de vía en forma similar como REGULAR.



- Comparando las dos metodologías para calcular las condiciones del pavimento, podemos observar que la metodología más conservadora es la desarrollada por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos llamada pavement condition index (PCI), ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelente estado, además cuenta con 19 patologías para evaluar la superficie de un pavimento asfáltico, teniendo en consideración los daños estructurales y superficiales.

En comparación con la metodología francesa VIZIR adoptada por el INVIAS, ésta sólo tiene 3 rangos de calificación las cuales son: 1-2 superficie en buenas condiciones, 3-4 superficies en regular estado y 5-6 y 7 superficies en deficiente condición. La metodología VIZIR sólo tiene en cuenta los daños tipo A que son daños estructurales, y desprecia los daños tipo B que son superficiales.

- La metodología PCI evalúa todas las condiciones de daños que pueden afectar un pavimento asfáltico sin dejar por fuera ningún tipo de daño como lo hace la metodología VIZIR, ya que esta deja por fuera de la evaluación los daños funcionales.
- Aunque las dos metodologías son claras en los pasos que se deben seguir para la evaluación y calificación del estado de la capa de rodadura, la metodología VIZIR es más sencilla y de fácil aplicación, los cálculos para ponderar la calificación son más rápidos, mientras la metodología PCI es un poco más compleja y demorada.

Autor: María Elena Cazorla Artilles

Título: “Metodología para la evaluación del pavimento flexible y propuesta”

Año: 2010

Institución: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría

Resumen

Es la tesis se planteó una metodología para evaluar pavimentos flexibles en carreteras de Cuba, país en la que no se tiene una metodología establecida para realizar dichas evaluaciones, el método planteado por la tesista fue comparado con resultados, procedimientos y análisis establecidos en la metodología PCI.



El objetivo de la tesis es establecer una metodología de evaluación de deterioros a partir de la inspección visual.

En esta Tesis se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró obtener una metodología válida para el diagnóstico del estado del pavimento flexible de tramos de carreteras en cuba mediante Inspección Visual.
- Se logró un método de inspección visual que unificando el uso del “Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles” y el cálculo del Índice de Estado del Pavimento se obtuviera una evaluación lógica y correcta del estado del pavimento para cada tramo, al ser revisados los resultados con un método alto comprobado como es ya conocido el PCI.
- Se comprueba la factibilidad y eficiencia del uso del método de Inspección Visual, el cual permite el estudio de las causas de los deterioros, modo de evaluación y actuaciones necesarias a realizar en función de la evaluación obtenida.
- La calificación del estado del pavimento a partir de los resultados de la Inspección Visual y cuantificación de sus deterioros, determina cuales requieren estudios con equipos.
- Se logra una economía de los recursos materiales, si lo comparamos con las prácticas actuales de recapeo para todo el tramo de vía.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Pavimento.

“El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014, pág. 23).

Un pavimento puede definirse también de diferentes formas, según manifestó (Huang, 2002) el pavimento es una estructura que aporta una superficie adecuada para operar un vehículo a una velocidad determinada en forma cómoda y segura en cualquier circunstancia; o bien, como “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactos. Los cuales han de resistir adecuadamente los esfuerzos de las cargas repetidas del tránsito” (Montejo, 2006, pág. 1).

2.2.1.1. Conformación del Pavimento.

a) Subrasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

b) Subbase

Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua.

c) Base

(Huamán, 2013), refiere que la base es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Además permite la circulación de vehículos mientras se construye la capa de rodadura.

d) Capa de rodadura

“Es la parte superior de un pavimento que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito durante la vida útil de ésta” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014, pág. 24).

2.2.1.2. Clasificación de Pavimentos.

Es importante conocer la clasificación de los pavimentos, para poderlos distinguir entre ellos y así poder realizar una evaluación adecuada.

La siguiente clasificación es la presentada por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014), el cual lo clasifica en tres tipos de pavimentos.

a) Pavimento Rígido

El pavimento rígido es una estructura compuesta específicamente por una capa superior o de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico, la cual se encuentra apoyada sobre una base granular o sobre la subrasante.

Este pavimento tiene un costo inicial más elevado que el de un pavimento flexible y el periodo de vida varía de 20 a 40 años, los mantenimientos que requiere son mínimos y generalmente son tratamientos de juntas.

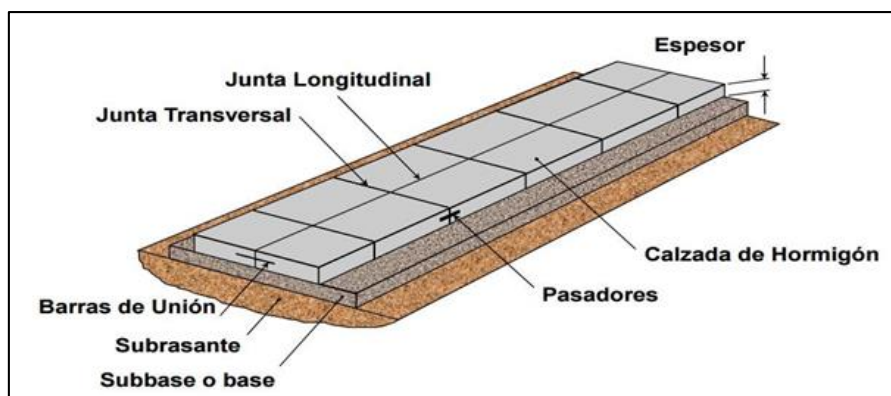


Figura 3. Sección de un pavimento rígido.

Fuente: American Concrete Pavement Association (ACAP)

b) Pavimento Semirrígido

Un pavimento semirrígido contiene la misma estructura de un pavimento flexible, con la variación que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento,

emulsión o químicos; los cuales permitan incrementar la capacidad portante del suelo. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados

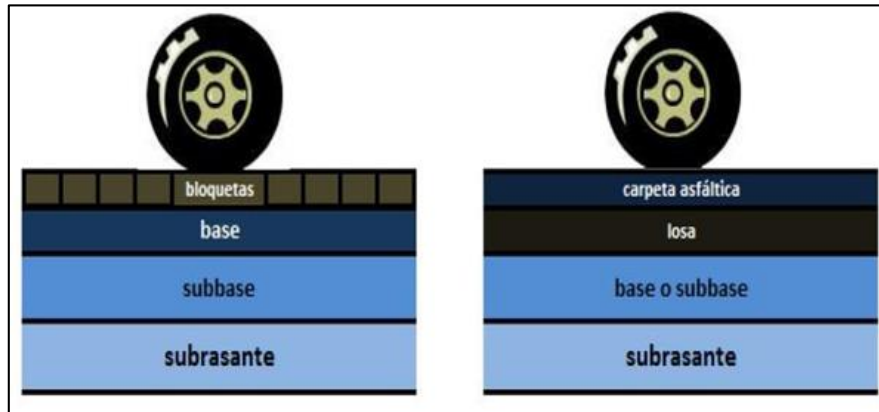


Figura 4. Esquema de un pavimento semirrígido.

Fuente: (Rodríguez, 2009).

c) Pavimento Flexible

Es un pavimento cuya capa de rodadura es una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, apoyada sobre capas granulares denominadas subbase y base, todas apoyadas sobre la subrasante.

El pavimento flexible es más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimientos periódicos para cumplir con su vida útil o de servicio.

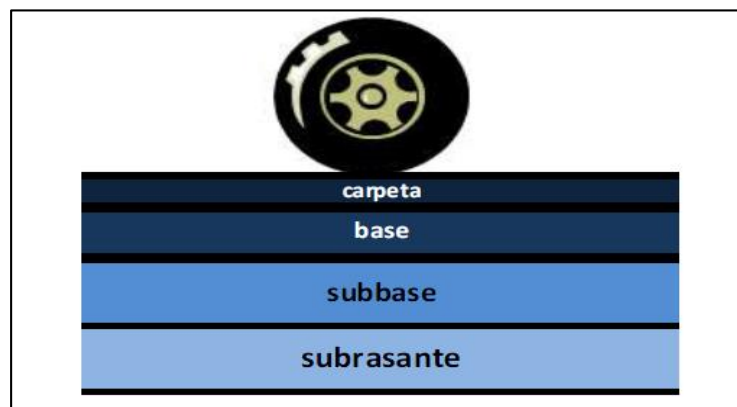


Figura 5. Esquema típico de pavimentos flexibles.

Fuente: (Rodríguez, 2009)



2.2.2. Evaluación de Pavimentos.

Según lo manifestado por (Solminihac, 2005) la evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

2.2.2.1. Importancia de una Evaluación de Pavimentos.

La evaluación de pavimentos es muy importante para conocer el estado superficial en el que actualmente se encuentra una vía, esta evaluación realizada periódicamente podrá predecir el nivel de vida de una red y también permitirá optimizar y disminuir los gastos por rehabilitación, pues si las fallas presentes en la superficie son tratadas de forma temprana se prolongará la vida del pavimento y de esta manera ahorrar en futuros gastos.

2.2.2.2. Tipos de Evaluaciones de Pavimentos.

Existen diferentes tipos para evaluar pavimentos, seguidamente se presentan 3 tipos de evaluar pavimentos.

a) Evaluación Estructural

(Gonzales, 2002) refiere que, en una evaluación estructural existen los ensayos destructivos y los no destructivos. Los ensayos destructivos son aquellos que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura y estos son conocidos como calicatas.

Por otro lado los ensayos no destructivos son aquellos que son realizados por medidas de deflexiones producidas por cargas y así medir la respuesta de la estructura, este ensayo se realiza comúnmente por el empleo de la Viga Benkelman.

b) Evaluación de Adherencia

Según lo manifestado por (Gonzales, 2002), la adherencia neumático-calzada es una característica que tiene el pavimento la cual tiene influencia con la seguridad del usuario. Una buena adherencia representa la



disminución de distancia de frenado y la correcta trayectoria del vehículo en rodaje.

c) Evaluación Superficial

Una evaluación superficial o también llamada funcional, es aquella evaluación realizada en una vía con el objetivo de determinar los diferentes deterioros presentes, los cuales afectan al pavimento y al usuario.

(Leguía, P., & Pacheco, H., 2016), manifiestan que existen diferentes métodos para la evaluación superficial de los pavimentos. Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren de equipos experimentados.

La evaluación visual que se realiza, es una de las herramientas más importantes en la aplicación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación.

2.2.3. Fallas en los pavimentos.

“La incidencia de factores de distinto origen determina alteraciones de la superficie de rodadura de los pavimentos flexibles que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014, pág. 194).

Las fallas que se presentan en los pavimentos pueden ser divididas en 2 grandes grupos los cuales son fallas estructurales y fallas de superficie o funcionales.

2.2.3.1. Fallas estructurales.

Según (Montejo, 2006), comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitudes que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.



2.2.3.2. Fallas de superficie o funcionales.

Según lo manifestado por (Montejo, 2006), son las fallas en la superficie de rodamiento o en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada. Estas fallas no brindan el paso seguro sobre él, los vehículos no viajan de forma cómoda.

Este tipo de fallas se corrigen regularizando la superficie y confiriéndole la necesaria impermeabilidad y rugosidad. Ello se logra con capas asfálticas delgadas.

Las fallas establecidas para evaluar en esta investigación son referenciadas por la Metodología PCI y están descritas a detalle en el ítem 2.2.5.

2.2.4. Método de Evaluación Superficial para Pavimentos Flexibles (PCI-Pavement Condition Index).

El método Pavement Condition Index (PCI), fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 por el cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, específicamente por los ingenieros M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978; el método fue aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estándar por las agencias Estadounidenses, como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD) y el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM (American Society for Testing and Materials) como método de análisis y aplicación, es conocida como (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D 6433-07, 2004)).

Esta metodología es muy completa para la evaluación y calificación del estado de un pavimento flexible. La metodología es una de las más objetivas, de fácil aplicación y no requiere de instrumentos ni herramientas costosas.

La norma (ASTM D 6433-07, 2004), menciona que este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

2.2.4.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI).

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. (Vásquez, 2002, pág. 2)

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelente estado. En la tabla N°02 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de condición del pavimento.

Tabla 2: *Escala de Clasificación PCI*

PCI	Clasificación
85 - 100	Excelente
70 - 85	Muy Bueno
55 - 70	Bueno
40 - 55	Regular
25 - 40	Malo
10 - 25	Muy Malo
0 - 10	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según (ASTM D 6433-07, 2004).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada falla.

2.2.4.2. Procedimiento de Evaluación.

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprenderá de dos etapas; la primera de trabajo en campo en el cual se identificarán las fallas teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de las mismas, posteriormente la segunda etapa será para cálculos aplicando la metodología.

Para la primera etapa tener en cuenta:



- a) La Clase, relacionada con el tipo de falla presente en la superficie del pavimento; las 19 fallas presentadas por el método se detallan en el ítem 2.2.5.
- b) La severidad, representa el grado de criticidad de la falla, mientras más severo sea el daño su medida de corrección será más importante, igualmente la severidad de las 19 fallas se explican en el ítem 2.2.5.
- c) La extensión, será el área o longitud medida de cada falla sobre el pavimento.

En la evaluación de campo, una vez definidas las unidades de muestreo se inspeccionará cada una de ellas con la finalidad de obtener la clase, severidad y extensión de cada falla presente, y se registrará toda la información en el formato de evaluación correspondiente.

La segunda etapa se realizará con los cálculos establecidos por la metodología el cual implica uso de ecuaciones, gráficos, herramientas, etc.

2.2.4.3. División del Pavimento en Unidades de Muestreo.

Según (ASTM D 6433-07, 2004) una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la evaluación del pavimento.

Se divide la vía en secciones o unidades de muestra, cuyas dimensiones varían de acuerdo al ancho de vía a evaluar.

Vías con capa de rodadura asfáltica y ancho menor a 7.30 metros. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 230.0 ± 93.0 m². En la siguiente tabla se presentan algunas relaciones de longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 3: *Se muestra las condiciones de escala del pavimento*

Ancho de Calzada (m)	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

Fuente: Método de Evaluación del PCI (ASTM D 6433-07, 2004)



No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en el cálculo de PCI. Se recomienda que las unidades de muestra estén dentro de los rangos antes mencionados y por ningún motivo excederlos.

La forma más eficaz de determinar la longitud de la unidad de muestreo es dividiendo $230 \text{ m}^2 / (\text{ancho de la vía expresado en metros})$, de esta manera se asegura que el área de la unidad de muestra este en el rango. Claro que a esta longitud le podemos añadir o restar metros pero verificándolos siempre.

2.2.4.4. Determinación de las Unidades de Muestreo para la Evaluación.

En la evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo de no ser posible el número de muestras deben de ser calculadas por medio de ecuaciones presentadas en la ASTM D 6433-07.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco, todas las unidades deberán evaluarse.

En la investigación presente se analizaron todas las unidades de muestra presentes en el circuito de Sacsayhuaman por lo que se obviaron dichos procedimientos de selecciones de unidades para inspección y el de selección de unidades de muestreo adicionales.

2.2.4.5. Evaluación de la Condición.

El procedimiento de la evaluación varía dependiendo el tipo de pavimento a evaluar, por lo cual se debe seguir los procedimientos descritos en los anteriores ítems.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos.

a) Materiales y equipos:

Según (ASTM D 5340-98, 2004) los materiales son:

- Odómetro manual para medir las longitudes y áreas de daños.
- Regla (listones de madera) y cinta métrica para establecer las profundidades de ahuellamientos y depresiones.
- Hoja de registro, documento donde se registrará toda la información obtenida durante la evaluación, tener la cantidad suficiente.

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: _____			Sección: _____			Unidad de muestra: _____			
Ejecutor: _____			Fecha: _____			Área: _____			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	

Figura 6. Hoja de registro de la Metodología PCI.

Fuente: (ASTM D 6433-07, 2004)

b) Procedimiento

Se inspecciona la unidad de muestreo para obtener el tipo, cantidad y severidad de las fallas. Registrar ordenadamente en las hojas de registro con sus respectivas consideraciones.

c) Consideraciones

El inspector deberá implementar las medidas de seguridad para su desplazamiento durante la recolección de datos. Deberá prever de dispositivos de señalización y advertencia para evitar posibles inconvenientes.

2.2.4.6. *Calculo del PCI de las Unidades de Muestreo.*

Al completar la recolección de datos y la inspección de campo, la información obtenida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser forma manual o computarizada.

Se procederá a explicar las etapas correspondientes.

Etapas 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD)

1.a) Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de falla y se registra en las columnas dadas en el formato. La falla puede medirse en área, longitud o unidad según sea su tipo. Ver formato en el Anexo 2.

- 1.b) Se divide la cantidad de cada clase de falla, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y se expresa el resultado en porcentaje. Esta será la Densidad de cada falla, con su respectivo nivel de severidad dentro de la unidad de muestreo.
- 1.c) Se determina el Valor Deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las curvas respectivas las cuales se encuentran en el Anexo 3.

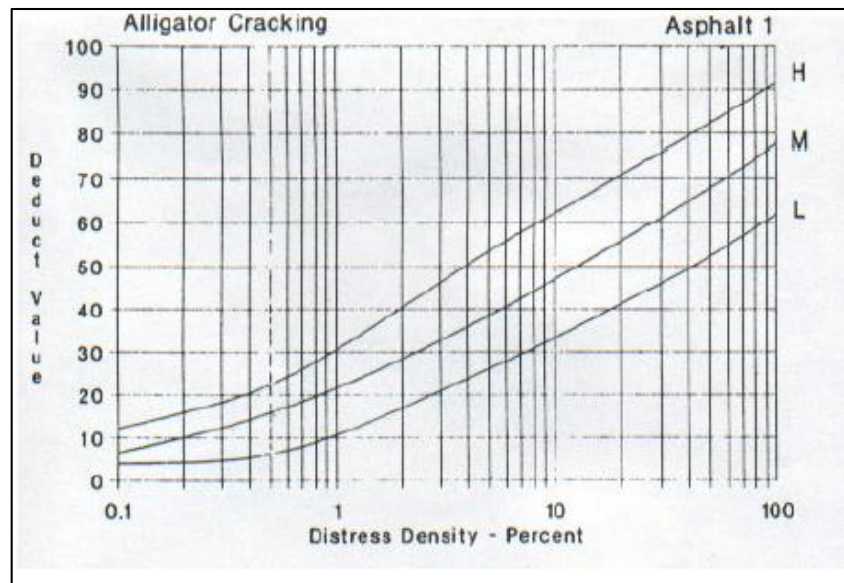


Figura 7. Curva Piel de Cocodrilo, Metodología PCI.

Fuente: (ASTM D 6433-07, 2004)

Etap 2: Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- 2.a) Si ninguno o tan solo uno de los Valores Deducidos es mayor que 2, se usa el Valor Deducido Total en lugar del Mayor Valor Deducido (CDV), obtenido en la Etapa 4. De no ser el caso se prosigue con 2.b y 2.c.
- 2.b) Se listan los Valores Deducidos individuales de mayor a menor.
- 2.c) Se determina el Número Máximo de Valores Deducidos (m) utilizando la siguiente ecuación.

$$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i - Número Máximo de admisible de Valores Deducidos, influyendo la fracción para la unidad de muestreo i . ($m_i \leq 10$)

HDV_i - Mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

2.d) El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapas 3: Determinación del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

3.a) Se Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.

3.b) Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.

3.c) Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección presentada en el Anexo 4.

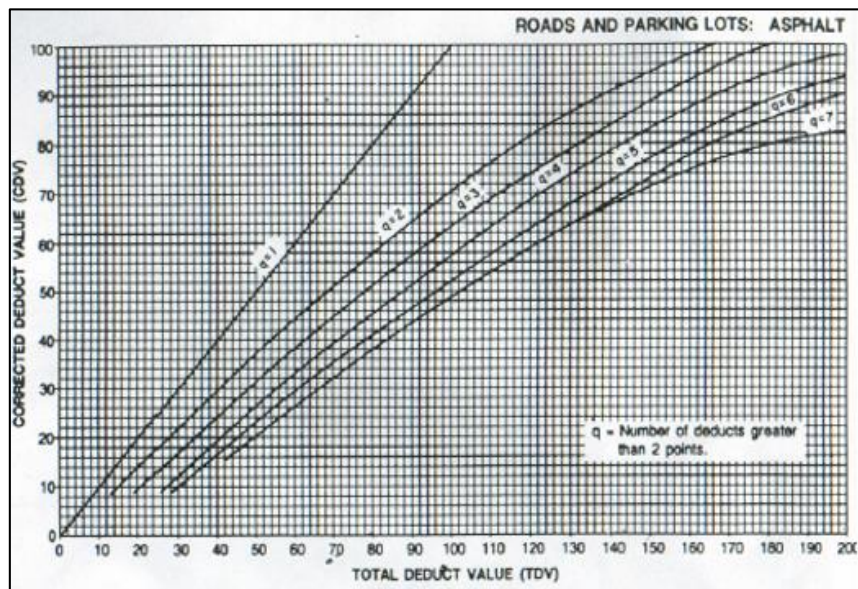


Figura 8. Curva de corrección del Valor Deducido.

Fuente: (ASTM D 6433-07, 2004)

3.d) Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a y 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3. e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4: Calculo de PCI

4.a) Determine el PCI de la unidad de muestreo restando el Máximo CDV de 100, obtenido en la Etapa 3

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

“Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo” (ASTM D 6433-07, 2004).

2.2.5. Fallas Catalogadas en el Pavimento Flexible.

Las fallas consideradas por la metodología PCI son un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que son comunes en la degradación de un pavimento flexible.

Para los pavimentos flexibles los tipos de falla son agrupados en 4 categorías, fisuras y grietas, deformaciones superficiales, desprendimientos y otras.

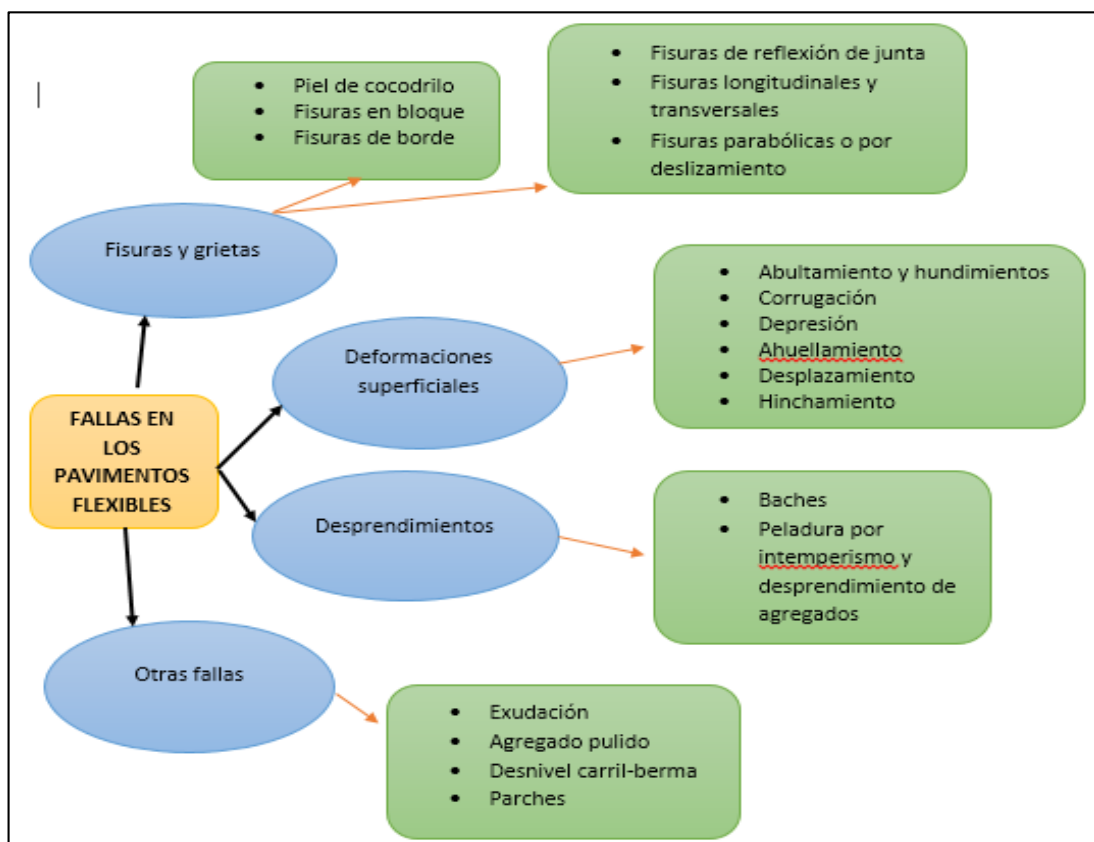


Figura 9. Fallas en los Pavimentos Flexibles.

Fuente: Elaboración propia.



Es importante que el evaluador del pavimento esté familiarizado con los tipos de falla, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método

A continuación se procede a explicar cada tipo de las fallas que afectan al pavimento flexible.

2.2.5.1. Piel de Cocodrilo.

Según (Vásquez, 2002), la falla piel de cocodrilo es una serie de grietas interconectadas que son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas.

Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

Por lo general, el fisuramiento indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al fin de su vida útil.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Niveles de severidad.

- L (Low: Bajo): Grietas finas y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, su ancho es menor a 10mm ($s < 10\text{mm}$).
- M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L. Estas grietas que pueden estar ligeramente descascaradas y su ancho varía entre 10mm a 30 mm ($10\text{mm} < s < 30\text{mm}$).
- H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes.

Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito y su ancho puede ser mayor a 30mm.

Medida

Se miden metros cuadrados de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Figura de representación de la falla.

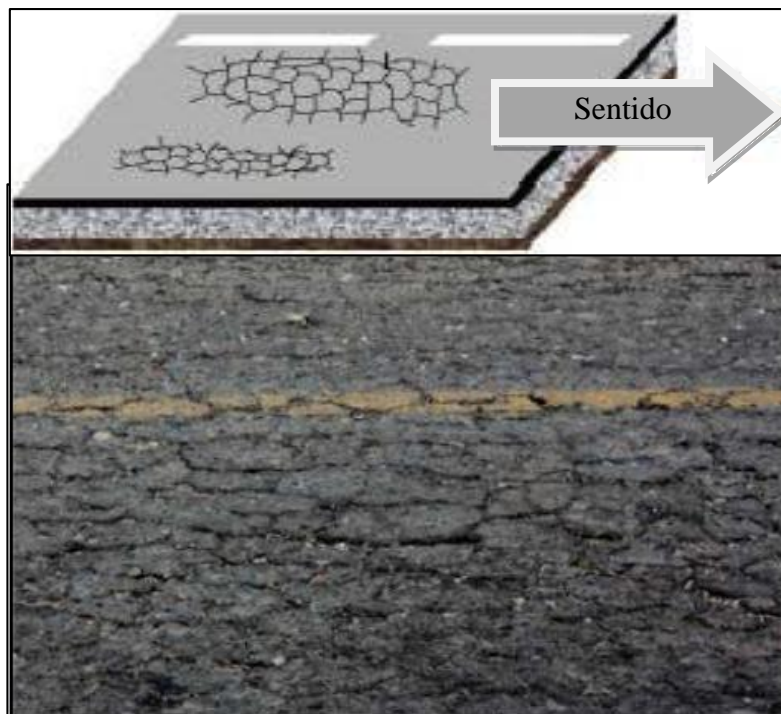


Figura 10. Piel de cocodrilo de alta severidad.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.2. Exudación.

“La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa” (Vásquez, 2002, pág. 12).

La exudación es originada por excesivo contenido de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas

temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Niveles de severidad.

- L: Se hace visible la coloración algo brillante de la superficie. El asfalto no se pega a los zapatos ni a los vehículos.
- M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos en días cálidos.
- H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos en días cálidos.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

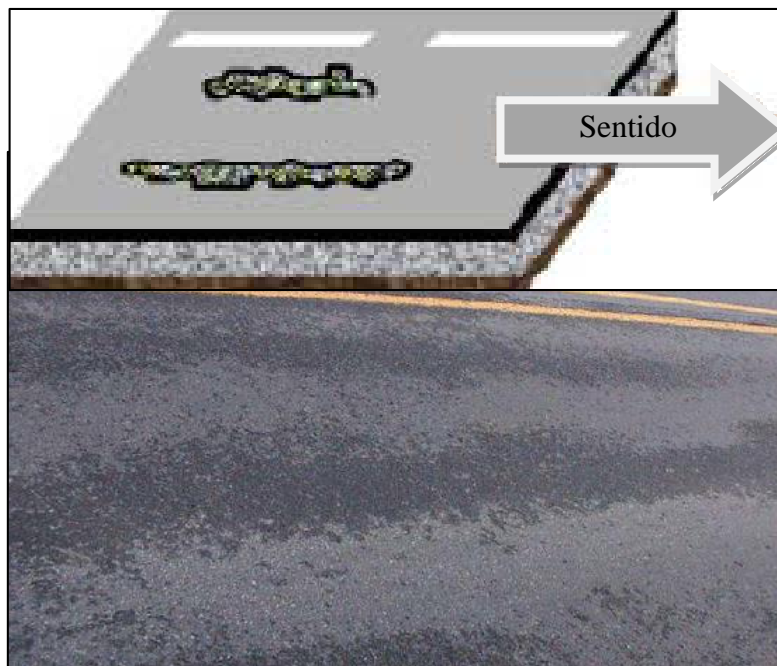


Figura 11. Exudación de baja severidad.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.3. Agrietamiento en Bloque.

Según (ASTM D 6433-07, 2004), los agrietamientos en bloque son grietas interconectadas que formando pedazos aproximadamente rectangulares que pueden variar en tamaño de 0.30m x 0.3m a 3.0m x 3.0m. Las grietas en

bloque se originan principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de falla se diferencia de la piel de cocodrilo ya que esta forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos.

Niveles de severidad.

- L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, ancho menor a 10mm.
- M: Bloques definidos por grietas de severidad media, su ancho varía entre 10mm a 30 mm ($10\text{mm} < s < 30\text{mm}$).
- H: Bloques definidos por grietas de alta severidad, ancho mayor a 30mm.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

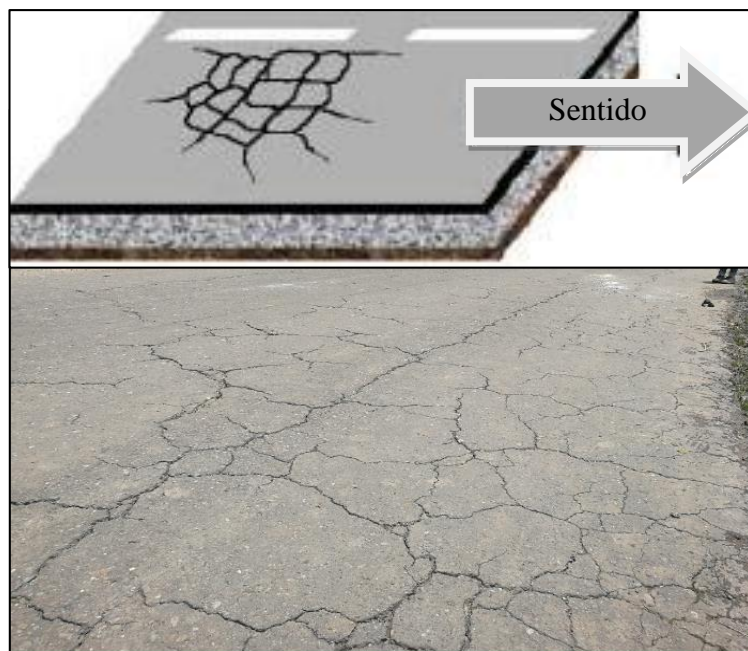


Figura 12. Agrietamiento en bloque de severidad media.

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.4. Abultamientos y Hundimientos.

Según manifiesta (Vásquez, 2002), los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Niveles de severidad

- L: Los abultamientos o hundimientos originan baja incidencia en la comodidad de manejo. Máxima altura L: menor a 25.0mm.
- M: Los abultamientos o hundimientos originan moderada incidencia en la comodidad de manejo, obligando a reducir la velocidad. M: 25.0 a 51.0mm.
- H: Los abultamientos o hundimientos originan alta incidencia en la comodidad de manejo. H: Más de 51.0mm

Medida

Se miden en metros cuadrados. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

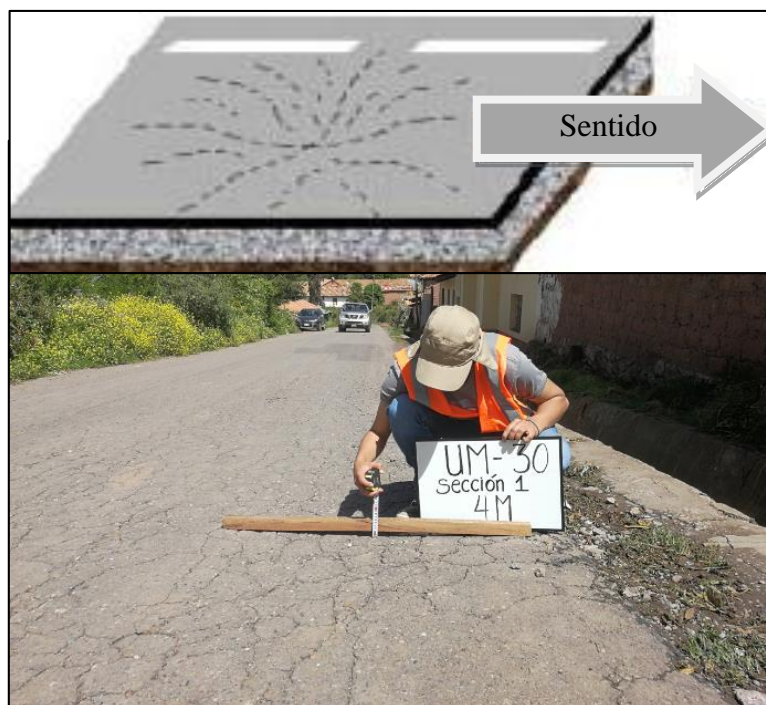


Figura 13. Abultamiento y hundimiento de severidad media.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.5. *Corrugación.*

Según (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001), la corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestable. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Niveles de severidad

- L: Corrugaciones producen cierta vibración en el vehículo.
- M: Corrugaciones producen vibraciones de mediana severidad.
- H: Corrugaciones producen excesiva vibración y sacudidas en el vehículo y causa una sustancial incomodidad y requiere la reducción de velocidad.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada.

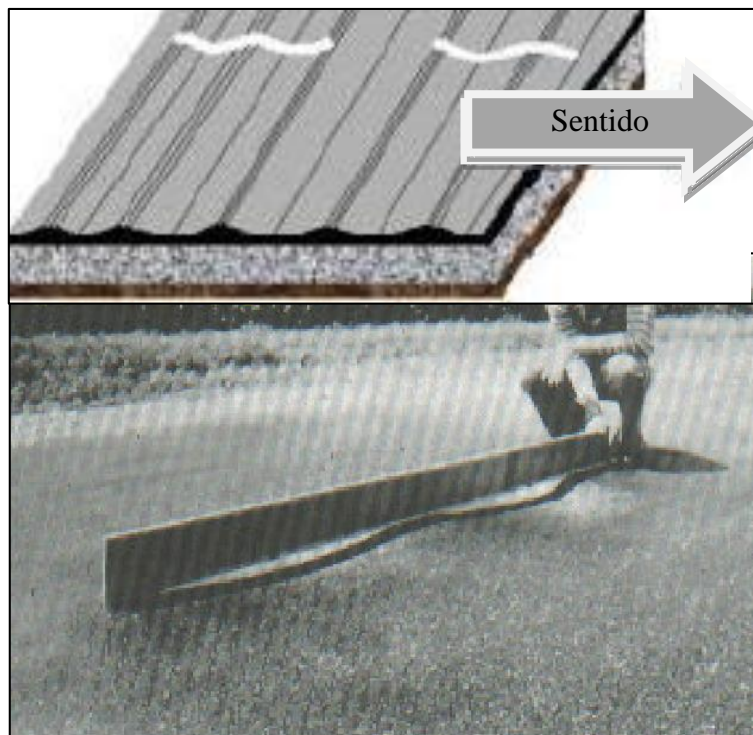


Figura 14. Falla Corrugación severidad alta.

Fuente: (Vásquez, 2002)

2.2.5.6. Depresión.

Según (ASTM D 6433-07, 2004), son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta y originan alguna rugosidad.

Niveles de severidad.

La severidad de la depresión se medirá en la máxima profundidad:

- L: 13.0 a 25.0mm.
- M: 25.0 a 51.0mm.
- H: Más de 51.0mm.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada.



Figura 15. Falla Depresión de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.7. Grieta de borde.

Según indica (Vásquez, 2002), las grietas de borde son paralelas a la vía, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse

por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.

Niveles de severidad.

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento, ancho menor a 10mm.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento, su ancho varía entre 10mm a 30 mm ($10\text{mm} < s < 30\text{mm}$).
- H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. Ancho mayor a 30mm.

Medida

La grieta de borde se mide en metros lineales.



Figura 16. Falla Grieta de Borde de severidad baja.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.8. Grieta de Reflexión de Junta (de losas de concreto).

La (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001), refiere que este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto

asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta.

Niveles de Severidad

- L: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0mm.
 2. Grieta rellena de cualquier ancho.
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento.
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio
 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado.



Figura 17. Falla Grieta de Reflexión de Junta de severidad media.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.9. Desnivel Carril – Berma.

Según (ASTM D 6433-07, 2004), el desnivel carril - berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Niveles de severidad.

- L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.00 y 51.00mm.
- M: La diferencia está entre 51.00 mm y 102.00mm.
- H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00mm.

Medida

El desnivel carril - berma se miden en metros lineales.



Figura 18. Desnivel Carril – Berma de severidad baja.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.10. Grietas Longitudinales y Transversales.

Según (Vásquez, 2002), las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.



2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Niveles de Severidad

- L: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm
 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 30.0mm.
 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 30.0mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
 2. Grieta sin relleno de más de 30.0 mm de ancho.
 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente

debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

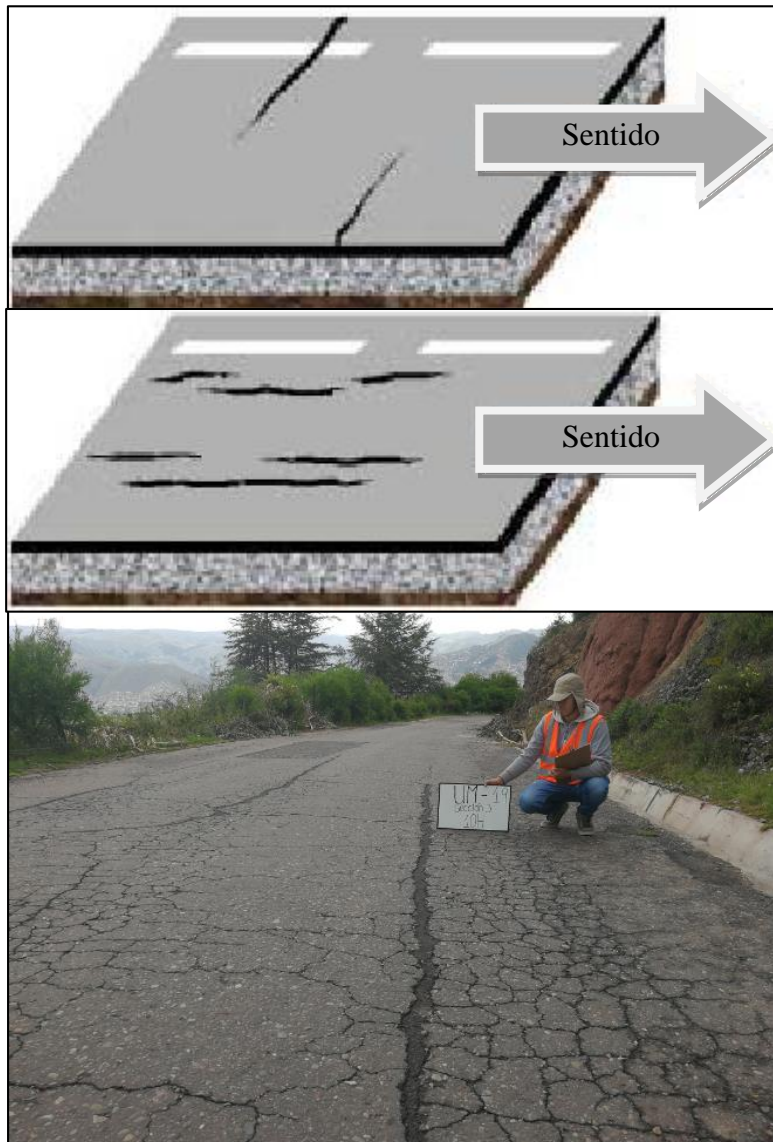


Figura 19. Grieta Longitudinal de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.11. Parcheo.

Según lo manifestado (ASTM D 6433-07, 2004), un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

Niveles de Severidad.

- L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio.
- M: El parche está moderadamente deteriorado.
- H: El parche está muy deteriorado, necesita ser reemplazado.

Medida.

Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche.



Figura 20. Parcheo de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Parcheo de Cortes Unitarios.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.12. Pulimiento de Agregados.

Según lo manifestado por (Vásquez, 2002), este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente.

Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo

Niveles de severidad.

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.



Figura 22. Pulimiento de Agregados.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.13. Huecos.

Según (Vásquez, 2002), los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo.

Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 4: Niveles de Severidad para Huecos

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203	203 a 457	457 a 762
12.7 a 25.4mm	L	L	M
25.4 a 50.8mm	L	M	H
>50.8mm	M	H	H

Fuente: Método de Evaluación del PCI (ASTM D 6433-07, 2004)

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

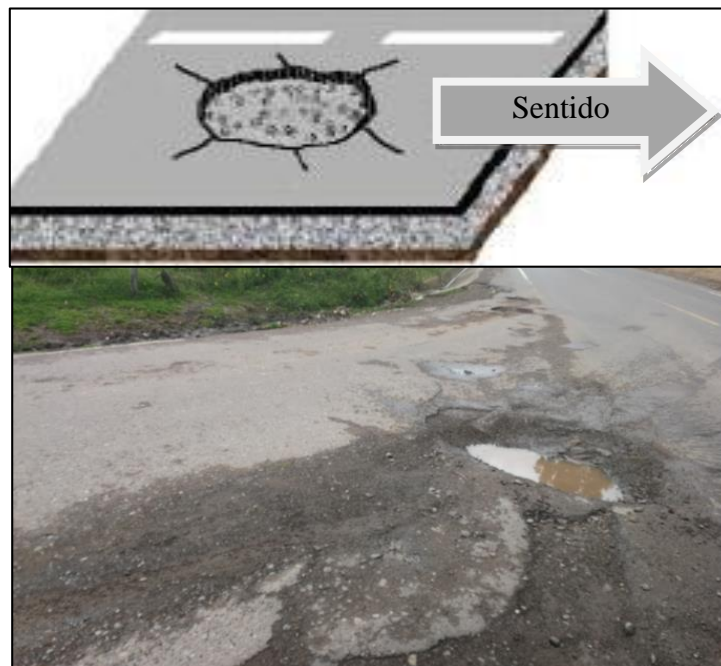


Figura 23. Hueco de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.14. Cruce de Vía Férrea.

Según la (ASTM D 6433-07, 2004), los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Niveles de severidad

- L: El cruce de vía férrea produce incomodidad leve.
- M: El cruce de vía férrea produce incomodidad media.
- H: El cruce de vía férrea produce incomodidad alta.

Medida

El área del cruce se mide en metros cuadrados de área afectada.



Figura 24. Cruce de Vía Férrea de severidad media.

Fuente: (Vásquez, 2002).

2.2.5.15. Ahuellamiento.

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. (Vásquez, 2002, pág. 37).

Niveles de severidad

La severidad se da por la profundidad media del ahuellamiento:

- L: 6.0 a 13.0mm.
- M: >13.0 mm a 25.0mm.
- H: > 25.0mm.

Medida

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada. Se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

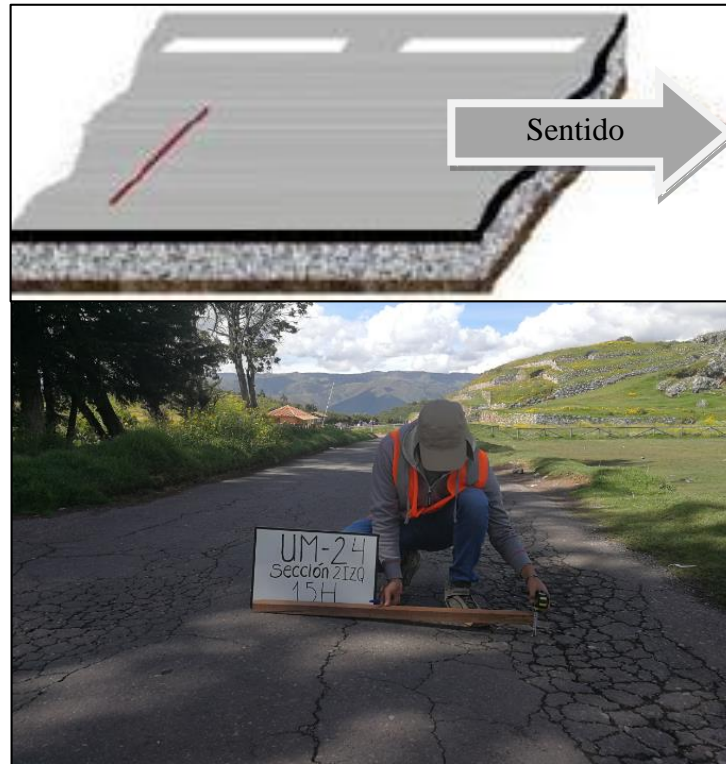


Figura 25. Ahuellamiento severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.16. Desplazamientos.

Según (ASTM D 6433-07, 2004), el desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie.

Niveles de severidad

- L: El desplazamiento causa vibraciones en el vehículo leves.
- M: El desplazamiento causa vibraciones medias.
- H: El desplazamiento causa vibraciones altas.

Medida

Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada.



Figura 26. Desplazamiento de severidad alta.

Fuente: (ASTM D 6433-07, 2004)

2.2.5.17. Grieta Parabólica.

Según la (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001), son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Nivel de severidad

- L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0mm.
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 30.0mm.
 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 30.0mm.
 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida

El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.



Figura 27. Grieta Parabólica de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.18. Hinchamiento.

Según manifestó (Vásquez, 2002), el hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.

Nivel de severidad

- L: El hinchamiento causa incomodidad en el tránsito de baja severidad.
- M: El hinchamiento causa incomodidad de severidad media.
- H: El hinchamiento causa incomodidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada.

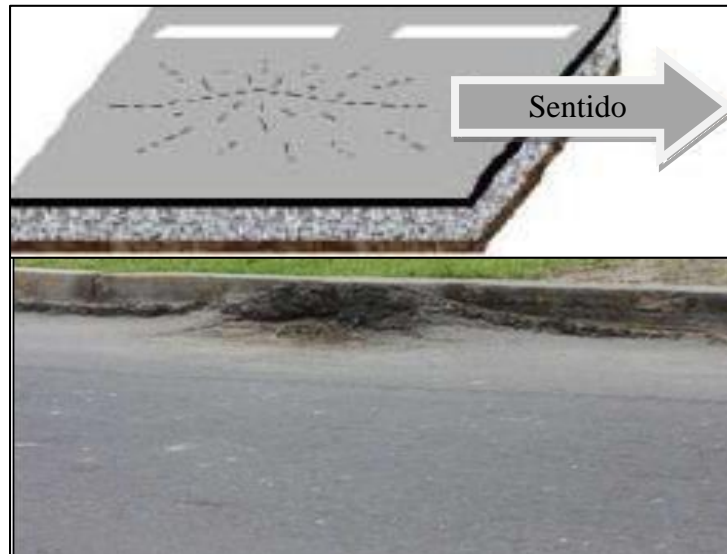


Figura 28. Hinchamiento.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.19. Desprendimiento de Agregados.

“La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado” (Vásquez, 2002).

Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.

Niveles de severidad

- L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante.
- M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada.
- H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.

Medida

El desprendimiento se mide en metros cuadrados de área afectada.

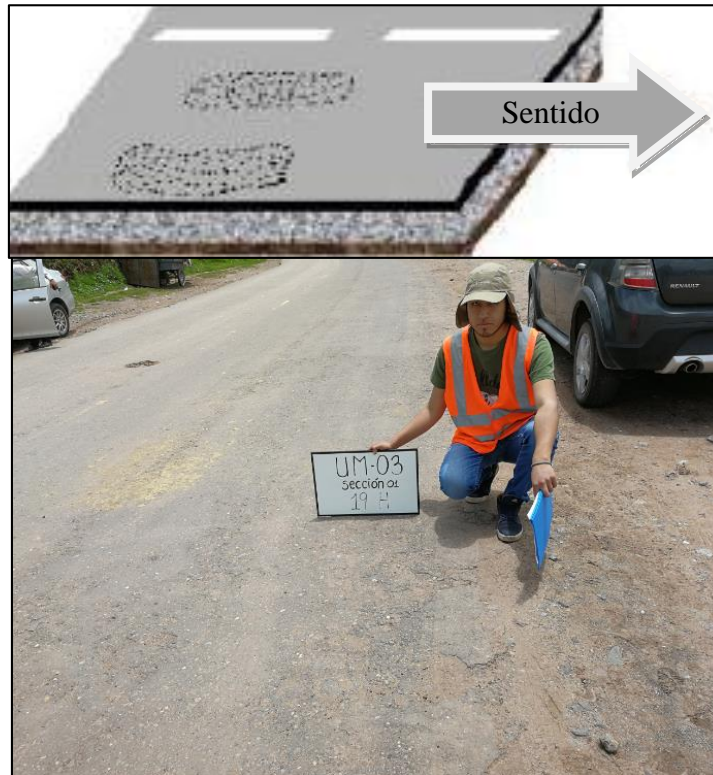


Figura 29. Desprendimiento de Agregados de severidad alta.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Mantenimiento de Pavimentos.

Se denomina mantenimiento a aquellos trabajos, actividades, operaciones, acciones y cuidados constantes o periódicos que se ejecutan para que la estructura vial preserve su condición estructural, superficial y de seguridad.

Los mantenimientos también tienen efectos de asegurar la satisfacción de los usuarios dándoles el confort que una vía en óptimas condiciones ofrece y el cual pierde durante su tiempo de vida.

Según (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010) el mantenimiento de los pavimentos se realiza con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, manteniendo el orden, la circulación y el tránsito.

2.2.6.1. Niveles de Intervención.

Existen distintos niveles de intervención para la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios. Desde una intervención simple (mantenimiento rutinario) hasta una intervención más complicada y más costosa (rehabilitación o reconstrucción).



a) Mantenimiento Rutinario

“Mantenimiento rutinario, requerido de manera continua en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. Por ejemplo: barrido, corte de grass, limpieza de drenes y cunetas, mantenimiento de alcantarillas y mantenimiento de la señalización” (Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Dentro del mantenimiento rutinario se consideran las siguientes tareas.

- Limpieza de calzada.
- Mantenimiento de alcantarillas y señalizaciones.
- Parcheos parciales y superficiales..
- Sellado de grietas de severidad baja y media.
- Control de la vegetación (corte de grass y limpieza de cunetas).

El mantenimiento rutinario se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía.

b) Mantenimiento Periódico

Según lo mencionado por (Menéndez, 2003), las actividades del mantenimiento periódico se realizan cada cierto número de años y consisten en el tratamiento y renovación de la superficie, buscando restablecer características de la carpeta asfáltica.

Dentro del mantenimiento periódico se consideran los siguientes trabajos.

- Reparación de huecos (parcheo profundo) y bordes.
- Sellado de grietas de severidades altas.
- Sellado de la superficie.
- Reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas.
- Reparación de señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito) y de bermas.
- Re-sellado de juntas.

El mantenimiento periódico se orienta a establecer algunas características de la superficie, este tipo de mantenimiento se realiza



cada cierto número de años o en intervalos preestablecidos durante el año.

c) Rehabilitación

Según manifiesta (Menéndez, 2003), consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.

Dentro de la rehabilitación se realiza.

- Restablecimiento de la capacidad estructural y funcional del pavimento.
- Mejoramiento del sistema de drenaje.
- Reconstrucción del pavimento.

En la mayoría de los casos, la rehabilitación solo es necesaria cuando no ha existido una conservación vial adecuada.

2.2.7. Confort en un Viaje.

(Sánchez & Solminihac, 1989), refiere a que en un camino o vía pavimentada el confort será proporcionado por el estado superficial que este tiene, el cual será percibido por el usuario.

Según lo manifestado por (Universidad de Costa Rica, 2012), los pavimentos que se encuentran en un estado deteriorado hacen que el confort en el viaje sea afectado, esto implica que la velocidad de operación se reduzca y haya presencia de vibraciones debido a las fallas en el pavimento.

Según afirman los expertos, un pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario. Sin embargo, el confort es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.



2.2.8. Reducciones de Velocidad.

Las reducciones de velocidad durante la circulación en una vía estarán afectas por diferentes aspectos, alguno de estos pueden ser; diseño geométrico, presencia de fallas en el pavimento, circunstancias de clima, manejo en zona rural o zona urbana, señales de regulación de tránsito, circunstancias geológicas, entre otras.

Estas reducciones de velocidad durante un manejo normal no deben de ser problema si son referidas a la velocidad de diseño el cual es la velocidad máxima con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto; ni tampoco el diseño geométrico de la vía, señales de tránsito o la zona en la que se realiza dicho manejo; estas por ser cuestiones de seguridad y diseño. Sin embargo, si las reducciones de velocidad son producto de la presencia de fallas en el pavimento, estas influyen directamente en el confort que el usuario percibe de la vía durante su viaje o circulación sobre esta ya que constantemente reducirá bruscamente la velocidad por evitar estas fallas y así evitar circunstancias y accidentes.

Es importante determinar las variaciones de velocidad con fines de esta investigación, por lo cual en el siguiente ítem se plantea cómo determinarlo.

2.2.8.1. Determinación de Variaciones de Velocidad.

Para determinar las variaciones de velocidad en el manejo sobre una vía actualmente se tiene diferentes modos de hacerlos. Por ejemplo: registro del velocímetro del vehículo, utilización de GPS, registró velocidad/tiempo, uso de celulares inteligentes, entre otros.

En la investigación las variaciones de velocidad se determinaron por medio del registro del velocímetro y el uso de celulares inteligentes, a continuación se explica.

a) Registro del velocímetro

El registro de las velocidades directamente del velocímetro del vehículo es una forma de obtener las variaciones de velocidad durante un viaje por una zona determinada.

Este registro se logra haciendo la toma de datos de velocidad en cada segundo transcurrido, la cual al ser recopilada en un software como Excel obtendremos una curva de velocidad/tiempo. Ver ítem 3.6.4.

b) Roadroid para determinación de variación de velocidad

La aplicación para celulares inteligentes Roadroid es una herramienta de fácil uso, el cual por medio del GPS incorporado en los celulares realiza la recolección de datos de velocidad por unidad de tiempo. Ver ítem 3.6.4.

2.2.9. Vibraciones en un Viaje.

Las vibraciones producidas por el estado del pavimento en el vehículo, están ligadas a los tipos de fallas presentes en este. Las vibraciones variarán su intensidad dependiendo el tipo de falla.

2.2.9.1. Uso de Aplicación Roadroid en Teléfonos Inteligentes.

Roadroid es una aplicación diseñada para teléfonos inteligentes con sistema Android el cual capta las vibraciones producidas en el vehículo por medio del acelerómetro (dispositivo que mide la aceleración y las fuerzas inducidas por la gravedad) del teléfono. Además, utiliza el GPS incorporado en el teléfono y los datos móviles para determinar la velocidad del vehículo en el recorrido de un circuito.



Figura 30. Logo Roadroid.

Fuente: (Roadroid, 2014).

Roadroid propone una escala de vibraciones las cuales varían según la intensidad producida en el vehículo, esta escala se representa en la pantalla del móvil cuando la aplicación está en ejecución y variará dependiendo las circunstancias durante el manejo.

Para usar correctamente la aplicación y obtener datos objetivos se necesitan de instrumentos y equipos como:

- Celular inteligente moderno con Sistema Android (en lo posible el celular debe contar con la opción de grabación de pantalla)
- Sujetador de celular de colocación en la parabrisas del vehículo.
- GPS en el teléfono con datos móviles activos.
- Y por supuesto, un vehículo.

Tabla 5: *Escala de severidad de vibraciones*

DESCRIPCIÓN		SEVERIDAD	
1	VIBRACIONES	BAJA	
2			
3			
4		MEDIA	
5			
6		ALTA	
7			
8		MUY ALTA	
9			
10		EXCESIVA	

Fuente: Adaptado de (Roadroid, 2014).

Roadroid durante su ejecución estará realizando la recolección de datos, los cuales darán resultados muy precisos y estos no estarán afectados por factores externos tales como la trayectoria, el amortiguamiento del vehículo, aceleraciones entre otros; debido a la calibración de la posición del equipo que solicita la aplicación, y solo permite recolectar datos de las variaciones en el eje Z o eje vertical. En el ítem 3.6.4 se explica cómo se utiliza la aplicación Roadroid para obtener datos de las intensidades de las vibraciones.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General.

El estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) tiene considerable influencia en el confort de servicio del circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cusco.



2.3.2. Sub Hipótesis.

a) Sub Hipótesis n°01

Las fallas en el pavimento afectan significativamente a la reducción de velocidad en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman– Cusco.

b) Sub Hipótesis n°02

Las fallas en el pavimento tienen considerable influencia en la presencia de vibraciones en el circuito de la explanada de Sacsayhuaman– Cusco.

c) Sub Hipótesis n°03

La vía con menor valor de PCI es el que corresponde a la Zona X y los carriles más deteriorados son los del lado derecho.

d) Sub Hipótesis n°04

En base a los valores de PCI de las vías se planteará las alternativas de solución frente a las fallas existentes en el pavimento

e) Sub Hipótesis n°05

La vía en estado más crítico es el de la Vía Zona X y necesita intervención inmediata.

2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes.

Estado superficial del pavimento aplicando método (PCI)

2.4.1.1. Indicadores de variables Independientes.

- Tipo
- Severidad
- Extensión

2.4.2. Variables Dependientes.

Confort de servicio

2.4.2.1. Indicadores de Variables Dependientes.

- Variación de velocidad (▲Km/hr)
- Severidad de las vibraciones

2.4.3. Cuadro de Operacionalización de variables.



Tabla 6: Cuadro de Operacionalización de Variables

Tipo de variable	Denominación de la Variable	Definición de la variable	Nivel o dimensión	Indicador	Instrumento metodológico
Independiente	Estado superficial del pavimento aplicando método (PCI)	El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en estado fallado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. La metodología PCI da resultados objetivos de la condición del pavimento y gracias a esto se puede dar alternativas de solución.	Fallas en el pavimento	Tipo	-Hojas de evaluación del método Pavement Condition Index PCI.
				Severidad	-Odómetro.
				Extensión	-Wincha. -Cinta métrica. -Regla y listones.
Dependiente	Confort de Servicio	El confort es aquello que produce bienestar. En un pavimento la calidad de rodaje debe ofrecer un viaje confortable para que el usuario tenga esa comodidad al transitar dicha vía con una velocidad el cual no tenga alteraciones significativas y realizar dicho recorrido con sensaciones de vibraciones no excesivas las cuales afectarían al confort en su viaje.	Reducciones de velocidad	Variación en la velocidad (▲Km/hr)	-Teléfonos inteligentes. -Velocímetro del Vehículo. -Teléfonos Inteligentes con GPS. -Aplicación Roadroid para obtener datos de velocidades.
			Vibraciones	Severidad de las vibraciones.	-teléfonos inteligentes -Aplicación Roadroid para obtener datos de vibraciones. -Pruebas de confort sobre vehículos particulares

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a los propósitos de la investigación y a la naturaleza de los problemas propuestos, se empleó para el desarrollo de la investigación el tipo aplicada, ya que tiene como objetivo resolver un determinado problema, el cual es conocer el estado superficial de las vías y descriptiva ya que tiene por finalidad detallar estos hechos tal y como son observados, en este caso se aplicó conocimiento y criterios de ingeniería civil y gracias a ello obtendremos la mejor alternativa de posibles acciones a realizarse.

Es de enfoque “cuantitativo” ya que la recolección de datos se hizo de forma numérica y debido a la aplicación de la metodología PCI obtendremos resultados en una escala numérica varía desde el 0 hasta el 100.

Así mismo de los resultados de variaciones de velocidad y vibraciones obtendré datos cuantitativos debido a que todos los datos recolectados y calculados son numéricos.

3.1.2. Nivel de la Investigación.

El nivel de la investigación es “descriptivo”, ya que tiene por propósito describir tipos de fallas presentados en el pavimento flexible, los niveles de severidad y la extensión de estos, además de detallar el procedimiento de inspección a realizarse.

La base de esta investigación está en la toma de datos en campo a través de formatos de evaluación, de registro y encuestas, cuyos resultados se representan a través de tablas de registro, de campo, diagramas de sectores, gráficos de barras y todo tipo de diagrama referentes.

3.1.3. Método de Investigación.

El método que se empleó en la investigación es “Hipotético - Deductivo” ya que se propuso una hipótesis producto de mis inferencias del conjunto de datos obtenidos, las cuales obtuve del método estudiado y para llegar a concluir las inferencias propuestas fueron comprobarlas experimentalmente.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño Metodológico.

El diseño metodológico de la investigación es “no experimental”, ya que las condiciones de la carretera y la variable independiente (Índice de Condición del Pavimento) no han sido alteradas ni manipuladas de ninguna forma.

También se ha considerado que el diseño es del tipo Transversal, porque la recolección de datos se ha realizado en un solo momento, es decir entre febrero, marzo y abril del 2018.

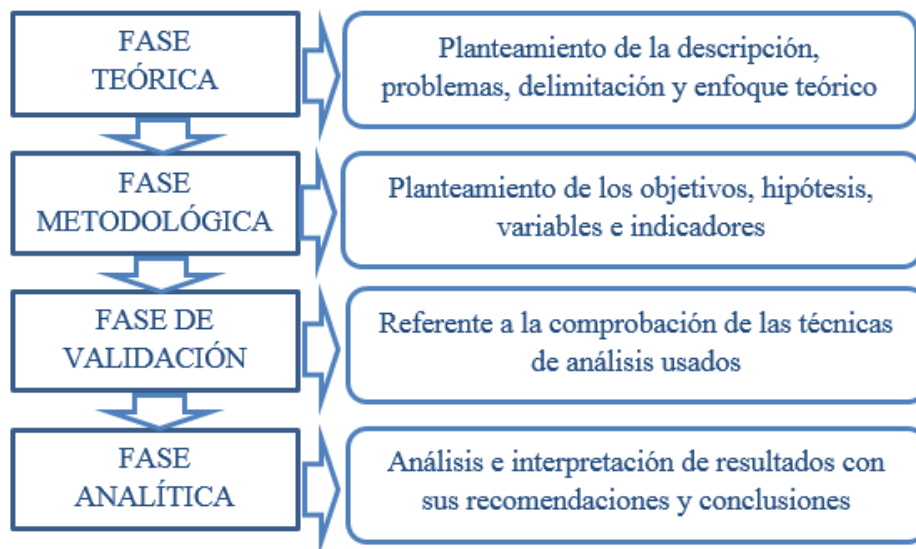


Figura 31. Esquema Metodológico.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Diseño de Ingeniería.

El diseño de ingeniería será realizado por un proceso que comprende todas las actividades necesarias para la realización y aplicación de la metodología propuesta y de la toma de datos de todo lo necesario para obtener resultados claros y precisos. Estos procesos tendrán sus etapas como se mencionaron en ítems anteriores y son resumidos a continuación.

La primera etapa para la evaluación de un pavimento es la investigación de campo o la recopilación de información.



Esta investigación comprende la búsqueda de la información disponible, reconocimiento in situ de las fallas y del lugar en estudio y otros aspectos necesarios para la evaluación

La segunda etapa, para la obtención de registros de velocidad y vibraciones se planteará medidas rigurosas para obtener datos concisos y así poder ver la influencia que tiene el estado superficial del pavimento en el confort de servicio para la investigación.

En lo posible debe recopilarse la mayor cantidad de información disponible sobre la evaluación así como de la información para obtener datos de registros de velocidad y vibraciones que determinaran los objetivos planteados.

Luego de realizar la recopilación de datos y trabajos de campo, procederemos a analizar estos datos con ayuda de herramientas informáticas.

Se validarán los datos y seguidamente se analizarán los datos para obtener los resultados.

Se contrastarán los resultados con las hipótesis planteadas.

Se dará las discusiones respectivas en base a los resultados y así formular las conclusiones pertinentes al estudio.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo de la investigación.

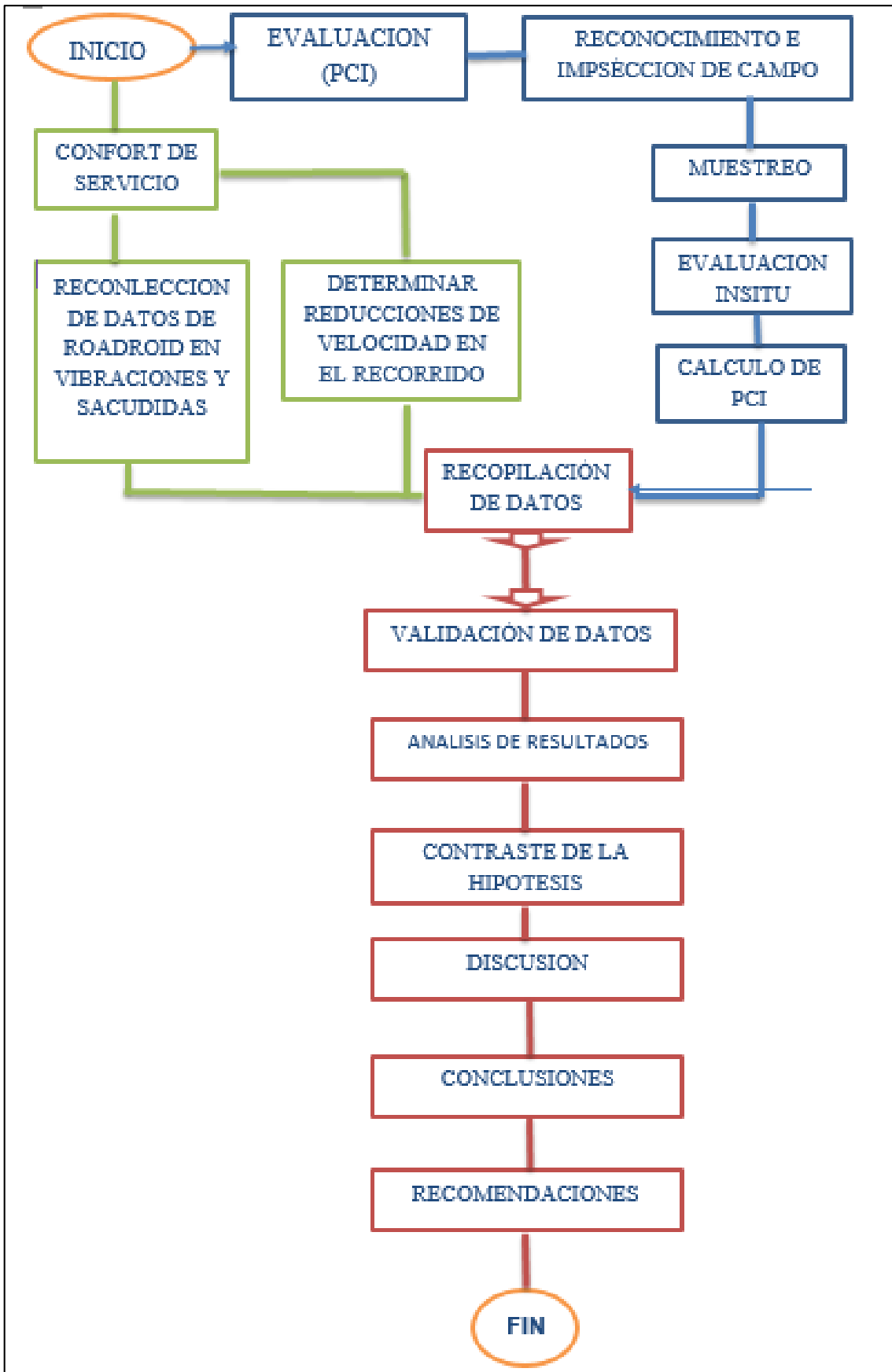


Figura 32. Diagrama de flujo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población.

3.3.1.1. Descripción de la Población.

La población para la siguiente evaluación son todas las vías de pavimento flexible de la ciudad de Cusco, que estén cercanas a la explanada de Sacsayhuaman.

3.3.1.2. Cuantificación de la Población.

La población para la siguiente evaluación está conformada por 6 tramos de vías de pavimento flexible.

- Vía Valle sagrado
- Vía Sacsayhuaman
- Vía Zona X
- Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman
- Vía de ingreso al circuito Saphi - Explanada Sacsayhuaman
- Vía ingreso a Q'enqo

3.3.2. Muestra.

3.3.2.1. Descripción de la Muestra.

La muestra de la investigación es el circuito de Sacsayhuaman

3.3.2.2. Descripción de la Muestra.

La muestra de la investigación está conformada por las tres vías que conforman el circuito de Sacsayhuaman y que son de pavimento flexible.

- Vía Sacsayhuaman
- Vía Zona X
- Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman

3.3.2.3. Método de Muestreo.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método de muestreo probabilístico, debido a que todos los elementos de mi población pueden ser

elegidos, pero para esta investigación se eligieron las muestras por la necesidad de análisis.

3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra.

La muestra se evaluó y analizó con guías y formatos, los cuales fueron diseñados para un mejor entendimiento de la aplicación de la metodología PCI, de igual manera se diseñaron formatos para la recolección de datos de vibraciones y sacudidas.

La evaluación tuvo diferentes etapas; como evaluación inicial se realizó un recorrido personal y vehicular, posteriormente la evaluación detallada la cual se realizó mediante una recopilación de datos para identificarlos, clasificarlos y efectuar el correspondiente análisis. Por otro lado la recolección de datos se realizó cuidadosamente para que estos sean confiables.

3.3.3. Criterios de Inclusión.

Se tomaron los siguientes criterios de inclusión para las vías estudiadas.

- Las vías deben ser de pavimento flexible.
- Las vías deben servir de ingreso o de conexión a la explanada de Sacsayhuaman.
- Las vías a evaluar deben tener una antigüedad mayor a 4 años.
- Las vías deben de permitir y ser libres para la evaluación en su totalidad.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.

Los instrumentos de recolección de datos para la variable independiente son:

- Formatos de evaluación del método Pavement Condition Index PCI (elaborado y condicionado por mi persona)
- Curvas de evaluación para cálculos de PCI (elaborados y condicionados por mi persona)

Los instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente son:

- Formatos de recolección de datos para variaciones de velocidad y vibraciones (elaborado y condicionado por mi persona)

Estos instrumentos se encuentran en el los Anexos 2,3 y 4.

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.

- Wincha
- Cinta métrica
- Regla metálica y listones de madera
- Teléfonos inteligente modernos
- Aplicación Roadroid (para obtener datos de vibraciones y velocidades)
- Velocímetro del vehículo
- Prueba de confort sobre vehículos particulares

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

3.5.1. Recolección de Datos de campo para el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

a) Equipos utilizados en la prueba

- Cinta métrica
- Wincha de mano (50m)
- Regla metálica o regla de madera (listón de madera)

b) Procedimiento

- b.1) Primero se realizó un recorrido a pie por todas las vías que comprende el circuito, midiendo el ancho de calzada de la vía cuando estas variaban. Con este procedimiento se realizaron los cálculos para definir las unidades de muestra y las distancias entre estas.



Figura 33. Medición del ancho de calzada de la Vía.

Fuente: Elaboración propia.

b.2) Una vez calculadas las unidades de muestra y dependiendo la distancia entre ellas, se regresará a campo a recolectar los datos en los respectivos formatos que se diseñaron. Las longitudes de las unidades de muestra se realizaron como lo indicado en el ítem 2.2.4.3.

Para el ejemplo se tomó la unidad de muestra 01 de la vía Sacsayhuaman el cual tiene un ancho de 7.10 metros como se mostró en la figura 33. La longitud de la unidad de muestra se calculó por medio de la división de $230.00\text{m}^2 / 7.10\text{m}$, lo cual resulta 32.39 metros, pero se aproximó a 32.50 metros.

b.3) Ya en campo, con los resultados de gabinete que se obtuvieron se procede a medir, en este caso la unidades de muestra 01 es de 32.50 metros de distancia.



Figura 34. Medición de la unidad de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

b.4) Se realiza el análisis y la recolección de datos de la unidad de muestra dentro de los 230.75 metros cuadrados (32.50 de largo y 7.10 de ancho).



Figura 35. Medición de las Fallas en el pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia.

Las fallas se medirán teniendo en cuenta su tipo, severidad y extensión. En la figura anterior se muestra la recolección de datos, este caso la falla representa a un parche de severidad media localizado en la unidad de muestra 01 y la sección 01 (ancho de vía de 7.10).

b.5) Una vez terminada la recolección de datos de la unidad de muestra se procede a medir los 32.50 metros para realizar el análisis de la siguiente unidad de muestra y de igual manera medir las fallas en esta.



Figura 36. Medición de las siguientes unidades de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

b.6) Se repiten los procedimientos desde el paso b.3 hasta el b.5, hasta terminar la recolección de datos de toda la vía.

b.7) Se realizarán todos estos pasos para todas las vías del circuito, tener en cuenta las variaciones de anchos de carril ya que si este varía, el largo y el área de la unidad de muestra será diferente. La recolección de datos se realizó para el total de la vía (ancho de calzada de la vía) y también para cada carril ya sea el derecho o el izquierdo.

c) Toma de Datos

A continuación se muestra el formato con las tomas de datos. Solo se mostraran 6 hojas de registro de un total de 104 unidades de muestra de las vías, el total de estas se pueden apreciar en los anexos. (El resumen de toda la recolección de datos se muestra en los ítems 3.6.1.1 al 3.6.3.3)

➤ Vía Sacsayhuaman:

Tabla 7: Unidad de Muestra 01 de la Vía Sacsayhuaman

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																						
METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)		UAC																																																																										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																																																												
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																										
NOMBRE DE VÍA:		VIA SACSAYHUAMAN		EJECUTOR:		Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																																						
UNIDAD DE MUESTREO:		UM-01		FECHA:		05/03/2018																																																																						
PROGRESIVA INICIAL (km):		0+000.00		SECCIÓN:		1																																																																						
PROGRESIVA FINAL (km):		0+032.50																																																																										
ANCHO DE LA VIA (m):		7.10																																																																										
ÁREA DE MUESTREO (m):		230.75																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>		N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																										
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																										
2	Exudación	m2																																																																										
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																										
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																										
5	Corrugación	m2																																																																										
6	Depresión	m2																																																																										
7	Grieta de Borde	m																																																																										
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																										
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																										
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																										
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																										
11	Parqueo	m2																																																																										
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																										
13	Huecos	und																																																																										
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																										
15	Ahuellamiento	m2																																																																										
16	Desplazamiento	m2																																																																										
17	Grieta Parabólica	m2																																																																										
18	Hinchamiento	m2																																																																										
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																										
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																												
LOW (BAJO)	L																																																																											
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																											
HIGH (ALTO)	H																																																																											
							ETAPA 1																																																																					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																																		
9	H	8.00																																																																										
11	L	0.12	8.50	0.72	0.13	0.49	1.26	0.63																																																																				
11	M	0.54	0.25	0.36																																																																								
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																																																				
13	M	1.00	1.00	1.00																																																																								
13	H	1.00	1.00																																																																									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Unidad de Muestra 02 de la Vía Sacsayhuaman

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE		UAC																																																																
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																
NOMBRE DE VÍA:	VIA SACSAYHUAMAN	EJECUTOR:	Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																															
UNIDAD DE MUESTREO:	UM-02	FECHA:	05/03/2018																																																															
PROGRESIVA INICIAL (km):	0+032.50	SECCIÓN:	1																																																															
PROGRESIVA FINAL (km):	0+065.00																																																																	
ANCHO DE LA VIA (m):	7.10																																																																	
ÁREA DE MUESTREO (m):	230.75																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>		N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																
2	Exudación	m2																																																																
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																
5	Corrugación	m2																																																																
6	Depresión	m2																																																																
7	Grieta de Borde	m																																																																
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																
11	Parqueo	m2																																																																
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																
13	Huecos	und																																																																
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																
15	Ahuellamiento	m2																																																																
16	Desplazamiento	m2																																																																
17	Grieta Parabólica	m2																																																																
18	Hinchamiento	m2																																																																
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H																																																							
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																		
LOW (BAJO)	L																																																																	
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																	
HIGH (ALTO)	H																																																																	
ETAPA 1																																																																		
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																								
4	M	0.90																																																																
6	M	10.20	1.20																																																															
11	L	2.56	1.80	1.00																																																														
11	M	1.57	2.52	1.44																																																														
11	H	11.00																																																																
13	H	1.00	1.00																																																															

Fuente: Elaboración propia.

➤ Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman:

Tabla 9: Unidad de Muestra 01 del Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS					UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																									
METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)					FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA																																																																									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE					ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																									
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																												
NOMBRE DE VÍA:		ANEXO A LA EXPLANADA		EJECUTOR:		Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																																								
UNIDAD DE MUESTREO:		UM-01		FECHA:		08/03/2018																																																																								
PROGRESIVA INICIAL (Km):		0+000.00		SECCIÓN:		1																																																																								
PROGRESIVA FINAL (Km):		0+032.50																																																																												
ANCHO DE LA VIA (m):		7.10																																																																												
ÁREA DE MUESTREO (m2):		230.75																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																												
2	Exudación	m2																																																																												
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																												
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																												
5	Corrugación	m2																																																																												
6	Depresión	m2																																																																												
7	Grieta de Borde	m																																																																												
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																												
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																												
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																												
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
11	Parqueo	m2																																																																												
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																												
13	Huecos	und																																																																												
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																												
15	Ahuellamiento	m2																																																																												
16	Desplazamiento	m2																																																																												
17	Grieta Parabólica	m2																																																																												
18	Hinchamiento	m2																																																																												
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																												
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																														
LOW (BAJO)	L																																																																													
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																													
HIGH (ALTO)	H																																																																													
ETAPA 1																																																																														
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																																				
1	L	9.00																																																																												
3	L	10.00	2.25																																																																											
11	L	0.42	0.30	0.72	0.12																																																																									
11	M	0.64	0.48																																																																											
13	M	1.00	1.00	1.00	5.00																																																																									
13	H	1.00																																																																												
19	L	13.50																																																																												

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 10: Unidad de Muestra 05 del Anexo a la Explanada de Sacsayhuaman

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS										
METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO								
NOMBRE DE VÍA:		ANEXO A LA EXPLANADA								
UNIDAD DE MUESTREO:		UM-05		EJECUTOR:		Br. Keith Francis Alarcón Alagón				
PROGRESIVA INICIAL (Km):		0+130.00		FECHA:		08/03/2018				
PROGRESIVA FINAL (Km):		0+162.50		SECCIÓN:		1				
ANCHO DE LA VIA (m):		7.10								
ÁREA DE MUESTREO (m2):		230.75								
N°	TIPO DE FALLA	Unidad	N°	TIPO DE FALLA	Unidad	NIVEL DE SEVERIDAD				
1	Piel de Cocodrilo	m2	11	Parcheo	m2	LOW (BAJO)	L			
2	Exudación	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	MEDIUM (MEDIO)	M			
3	Agrietamiento en Bloque	m2	13	Huecos	und	HIGH (ALTO)	H			
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	14	Cruce de vía férrea	m2					
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2					
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2					
7	Grieta de Borde	m	17	Grieta Parabólica	m2					
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m2					
9	Desnivel Carril /Berma	m	19	Desprendimiento de Agregados	m2					
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
ETAPA 1										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	L	0.96								
11	M	12.00								
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00					
13	H	1.00	1.00							
19	M	18								
19	H	24								

Fuente: Elaboración propia.

➤ Vía Zona X:

Tabla 11: Unidad de Muestra 01 de la Vía Zona X

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS		METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE		 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																								
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																												
NOMBRE DE VÍA:		VIA ZONA X				EJECUTOR:		Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																																						
UNIDAD DE MUESTREO:		UM-01				FECHA:		09/03/2018																																																																						
PROGRESIVA INICIAL (km):		0+000.00				SECCIÓN:		1																																																																						
PROGRESIVA FINAL (km):		0+028.00																																																																												
ANCHO DE LA VIA (m):		6.00																																																																												
ÁREA DE MUESTREO (m):		168.00																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																												
2	Exudación	m2																																																																												
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																												
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																												
5	Corrugación	m2																																																																												
6	Depresión	m2																																																																												
7	Grieta de Borde	m																																																																												
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																												
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																												
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																												
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
11	Parqueo	m2																																																																												
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																												
13	Huecos	und																																																																												
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																												
15	Ahuellamiento	m2																																																																												
16	Desplazamiento	m2																																																																												
17	Grieta Parabólica	m2																																																																												
18	Hinchamiento	m2																																																																												
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																												
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																														
LOW (BAJO)	L																																																																													
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																													
HIGH (ALTO)	H																																																																													
								ETAPA 1																																																																						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																																				
1	L	20.00	12.00																																																																											
3	M	2.00	4.00	6.00																																																																										
10	L	10.00	4.50	4.00																																																																										
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																																																							
17	L	10.00																																																																												
19	L	4.00	12.00																																																																											

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Unidad de Muestra 02 de la Vía Zona X

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS																																																																														
METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																																																																														
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																																																														
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:			EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																											
NOMBRE DE VÍA:			VIA ZONA X																																																																											
UNIDAD DE MUESTREO:			UM-02		EJECUTOR:			Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																																						
PROGRESIVA INICIAL (km):			0+028.00		FECHA:			09/03/2018																																																																						
PROGRESIVA FINAL (km):			0+060.00		SECCIÓN:			2																																																																						
ANCHO DE LA VIA (m):			5.00																																																																											
ÁREA DE MUESTREO (m):			160.00																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																												
2	Exudación	m2																																																																												
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																												
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																												
5	Corrugación	m2																																																																												
6	Depresión	m2																																																																												
7	Grieta de Borde	m																																																																												
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																												
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																												
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																												
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																												
11	Parqueo	m2																																																																												
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																												
13	Huecos	und																																																																												
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																												
15	Ahuellamiento	m2																																																																												
16	Desplazamiento	m2																																																																												
17	Grieta Parabólica	m2																																																																												
18	Hinchamiento	m2																																																																												
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																												
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																														
LOW (BAJO)	L																																																																													
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																													
HIGH (ALTO)	H																																																																													
ETAPA 1																																																																														
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																																			
1	L	10.00	4.00																																																																											
3	M	8.00																																																																												
10	L	8.00	4.50	2.00																																																																										
10	M	9.00	4.00																																																																											
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																																																						
17	L	4.00																																																																												
19	L	20.00	4.00																																																																											

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Recolección de Datos para velocidades y vibraciones.

a) Equipos utilizados en la prueba

- Vehículo motorizado
- Teléfonos inteligente modernos (2 unidades)
- Aplicación Roadroid (para obtener datos de vibraciones y velocidades)

b) Procedimiento

b.1) Primero se realizó un reconocimiento vehicular de las vías del circuito.

b.2) Se ubican los puntos estratégicos dentro del vehículo para filmar el velocímetro, de igual manera se procede a colocar el sujetador de celular en el parabrisas superior del vehículo para que sostenga el celular inteligente.



Figura 37. Ubicación y colocación de celulares para toma de datos.

Fuente: Elaboración propia.

- b.3) Con el vehículo estacionado se procede a calibrar el celular en el que se instaló la aplicación Roadroid que recolectara datos de las vibraciones. En la figura siguiente se observa la calibración de la aplicación Roadroid antes de ponerlo en ejecución (En lo posible el celular deberá contar con la opción de filmación de pantalla para así no usar un tercer teléfono).

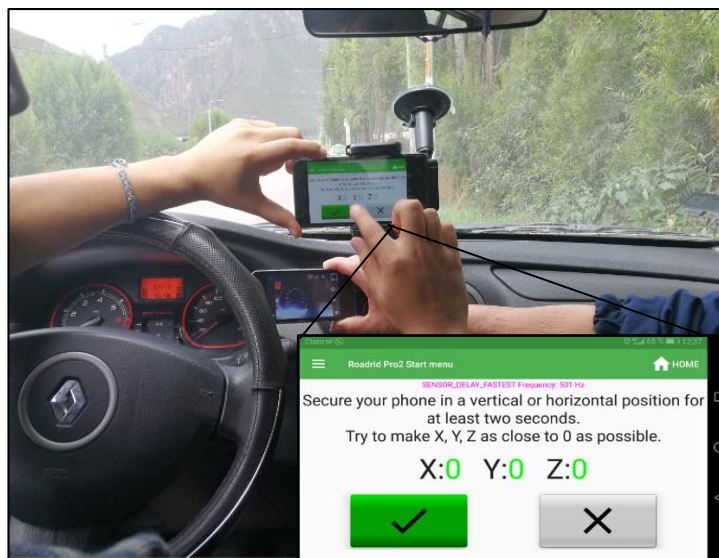


Figura 38. Calibración de la aplicación Roadroid.

Fuente: Elaboración propia.

- b.4) Una vez calibrada la aplicación, se empieza el recorrido para lo cual el vehículo antes de ingresar a la vía deberá tener una velocidad de inicio.

El manejo del vehículo deberá realizarse como lo indicado en las limitaciones de esta investigación. Ver ítem 1.3. (e).

Para iniciar la filmación se deberá dar una orden de inicio para así poder sincronizar los videos a la hora de analizar los datos.



Figura 39. Empiezo del recorrido.

Fuente: Elaboración propia.

b.5) Ya concluido el recorrido sobre el carril de la vía se procede a revisar los videos y dar un visto bueno de acuerdo a la visibilidad de estos. Caso contrario se volverá a hacer el recorrido.



Figura 40. Verificación de videos.

Fuente: Elaboración propia.



b.6) Ya concluido y verificado el recorrido de la vía se procederá a realizar los pasos b.2 a b.5 para las siguientes vías en sus carriles correspondientes.

c) Toma de Datos

La toma de datos se realizó por medio de los vídeos de los cuales se procedió a analizar dichos datos obtenidos en el ítem 3.6.4.

Se obtuvieron 2 videos por cada viaje (Roadroid y velocímetro), es decir en cada vía se obtuvo 2 videos yendo por el carril derecho y 2 videos por el izquierdo. Al finalizar el recorrido en todo el circuito se obtuvieron un total de 12 videos.

3.6. Procedimientos de Análisis de Datos

3.6.1. Aplicación de la Metodología PCI en la Vía Sacsayhuaman.

3.6.1.1. Aplicación para el ancho de calzada de la Vía Sacsayhuaman.

a) Procesamiento o cálculo de pruebas

Se detallará a continuación la aplicación de la metodología, realizando el cálculo del PCI a una unidad de muestra seleccionada aleatoriamente de un total de 71 en esta vía.

Se realizará esta selección con el fin de observar los procedimientos paso a paso, esto incluye la evaluación superficial, evaluación de la condición y el cálculo del PCI de la unidad de muestra seleccionada.

La unidad de muestra será la “UM-10“, a continuación se muestra la tabla donde se encuentran todos los datos recolectados, los procedimientos realizados por etapas y los resultados para la unidad. Cabe indicar que el total de las unidades de muestras evaluadas se encuentran en el anexo 8.

Tabla 13: Ejemplo para aplicación de la metodología - Unidad de Muestra 10

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS																																																																																
METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																																																																																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																																																																																
HOJA DE REGISTRO PARA PROYECTO - TESIS:		EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT DE SERVICIO DEL CIRCUITO DE LA EXPLANADA DE SACSAYHUAMAN – CUSCO																																																																														
NOMBRE DE VÍA:		VIA SACSAYHUAMAN			EJECUTOR:		Br. Keith Francis Alarcón Alagón																																																																									
UNIDAD DE MUESTREO:		UM-10			FECHA:		05/03/2018																																																																									
PROGRESIVA INICIAL (km):		0+292.50			SECCIÓN:		1																																																																									
PROGRESIVA FINAL (km):		0+325.00																																																																														
ANCHO DE LA VIA (m):		7.10																																																																														
ÁREA DE MUESTREO (m):		230.75																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril /Berma</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	1	Piel de Cocodrilo	m2	2	Exudación	m2	3	Agrietamiento en Bloque	m2	4	Abultamientos y Hundimientos	m2	5	Corrugación	m2	6	Depresión	m2	7	Grieta de Borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel Carril /Berma	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>TIPO DE FALLA</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>			N°	TIPO DE FALLA	Unidad	11	Parqueo	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2	13	Huecos	und	14	Cruce de vía férrea	m2	15	Ahuellamiento	m2	16	Desplazamiento	m2	17	Grieta Parabólica	m2	18	Hinchamiento	m2	19	Desprendimiento de Agregados	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW (BAJO)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM (MEDIO)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH (ALTO)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>				NIVEL DE SEVERIDAD		LOW (BAJO)	L	MEDIUM (MEDIO)	M	HIGH (ALTO)	H
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																														
1	Piel de Cocodrilo	m2																																																																														
2	Exudación	m2																																																																														
3	Agrietamiento en Bloque	m2																																																																														
4	Abultamientos y Hundimientos	m2																																																																														
5	Corrugación	m2																																																																														
6	Depresión	m2																																																																														
7	Grieta de Borde	m																																																																														
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																																														
9	Desnivel Carril /Berma	m																																																																														
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m																																																																														
N°	TIPO DE FALLA	Unidad																																																																														
11	Parqueo	m2																																																																														
12	Pulimiento de Agregados	m2																																																																														
13	Huecos	und																																																																														
14	Cruce de vía férrea	m2																																																																														
15	Ahuellamiento	m2																																																																														
16	Desplazamiento	m2																																																																														
17	Grieta Parabólica	m2																																																																														
18	Hinchamiento	m2																																																																														
19	Desprendimiento de Agregados	m2																																																																														
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																
LOW (BAJO)	L																																																																															
MEDIUM (MEDIO)	M																																																																															
HIGH (ALTO)	H																																																																															
ETAPA 1																																																																																
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)																																																																						
1	L	3.05						3.05	1.32	12.68																																																																						
6	H	0.40						0.40	0.17	13.31																																																																						
10	H	6.10						6.10	2.64	14.88																																																																						
11	L	1.10	0.45	1.80	1.04	0.50	0.20	5.09	2.21	5.19																																																																						
11	M	1.32	0.72					2.04	0.88	9.72																																																																						
13	M	1.00	1.00	1.00				3.00	1.30	37.34																																																																						
13	H	1.00	1.00					2.00	0.87	49.70																																																																						
19	H	3.75	9.00					12.75	5.53	32.31																																																																						
									TOTAL (VD) =	175.13																																																																						
ETAPA 2																																																																																
Número de valores deducidos >2 (q) :		8		"el valor es mayor a 1 por lo tanto se procede con la corrección"																																																																												
Mayor valor deducido (HDV):		49.70																																																																														
Número máximo de valores deducidos (mi):		5.6																																																																														
ETAPA 3																																																																																
N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	Valor deducido corregido (CDV)																																																																						
1	49.70	37.34	32.31	14.88	13.31	7.61		155.15	6	75.22																																																																						
2	49.70	37.34	32.31	14.88	13.31	2.00		149.54	5	76.51																																																																						
3	49.70	37.34	32.31	14.88	2.00	2.00		138.23	4	77.28																																																																						
4	49.70	37.34	32.31	2.00	2.00	2.00		125.35	3	76.51																																																																						
5	49.70	37.34	2.00	2.00	2.00	2.00		95.04	2	67.22																																																																						
6	49.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		59.70	1	59.7																																																																						
7																																																																																
8																																																																																
9																																																																																
10																																																																																
									Máx CDV =	77.28																																																																						
ETAPA 4																																																																																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) :					PCI = 100 - (Máx CDV o Total VD)																																																																											
					PCI = 22.72																																																																											
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :					MUY MALO																																																																											

Fuente: Elaboración propia.



Para la unidad de muestra 10 se calculó su área de muestreo el cual es 230.75 metros cuadrados y tiene la longitud de 32.50 metros con un ancho de calzada de 7.10 metros, la unidad empieza en la progresiva 0+292.50 y finaliza en la progresiva 0+325.00.

Como lo indicado en el ítem 3.5.1 se procedió a recolectar las fallas con sus respectivos tipos, severidades y extensiones.

Las fallas recolectadas en la unidad de muestra fueron de:

- Fallas de severidad baja (L): piel de cocodrilo (3.05m²) y parcheo (1.10, 0.45, 1.8, 1.04, 0.50, 0.20 m²).
- Fallas de severidad media (M): parcheo (1.32, 0.72m²) y huecos (3 unidades).
- Fallas de severidad alta (H): depresión (0.40m²); grietas Long. y Transv. (6.10m²); huecos (2 unidades) y desprendimiento de agregados (3.75, 9m²).

Luego se procederá con el cálculo de PCI de la unidad con las siguientes etapas.

Etapas 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD)

- 1.a) Se totalizó cada tipo y nivel de severidad de falla y se registró en las columnas dadas en el formato.
- 1.b) Se calculó la densidad de cada falla para la cual se dividió la cantidad de cada tipo de falla, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y se expresa el resultado en porcentaje.

Para el ejemplo utilizado.

Total falla piel de cocodrilo severidad LOW (baja) = 3.05m²

Densidad = $(3.05\text{m}^2) / (230.75\text{m}^2) * 100 = 1.32\%$.

- 1.c) Se procedió a determinar el Valor Deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las curvas respectivas. A continuación se muestran algunos resultados del ejemplo.

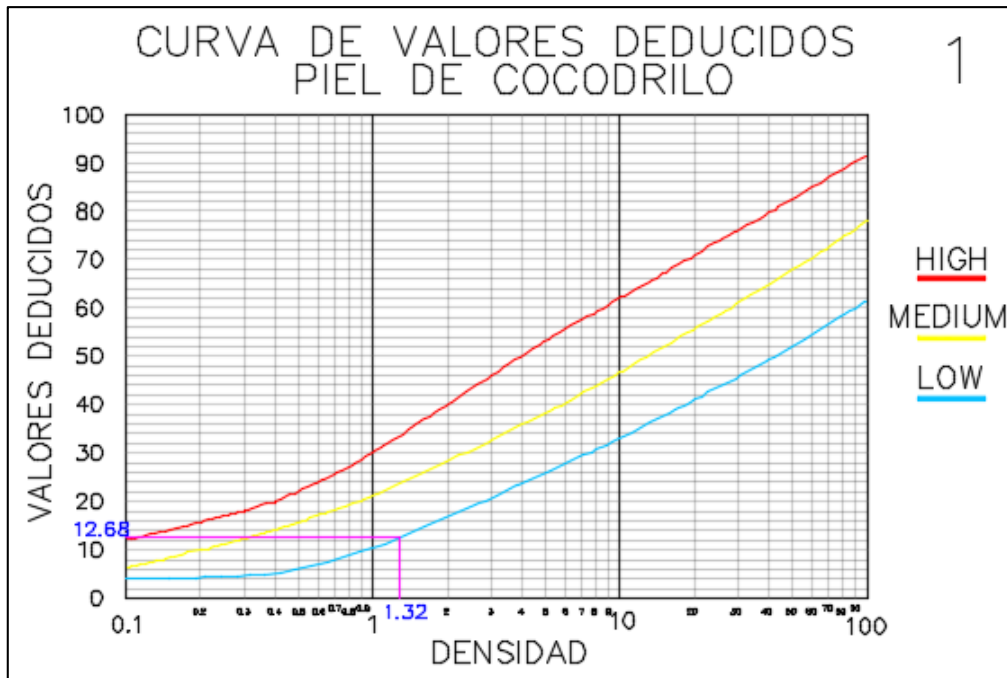


Figura 41. Curva Densidad – Valor Deducido (piel de cocodrilo)

Fuente: Elaboración propia

La anterior curva de valores deducidos fue elaborada en el software CivilCAD 3d, al igual que las demás curvas de las 19 fallas de la metodología PCI. Realizar la curva en un formato DWG sirvió para obtener datos más precisos al intersectar la densidad de cada falla con la curva que indica su severidad.

Para la unidad de muestra 10, el cual es el ejemplo; tenemos una densidad de 1.32 en una falla piel de cocodrilo de severidad baja para lo cual entramos a la curva de valores deducidos con dicha densidad y lo intersectamos en la curva de LOW (baja); en el formato DWG cada curva de valor deducido esta escalado al eje “y” por lo cual al trazar una línea desde el valor de la densidad hacia la curva con la severidad respectiva, simplemente hacemos lectura de la distancia que el software mide. Para el ejemplo con una densidad de 1.32 resultó un valor deducido de 12.68 en la curva de severidad LOW (baja) para la falla piel de cocodrilo.

Este valor se coloca en la columna de “VALOR DEDUCIDO (VD) del formato de la tabla 13.

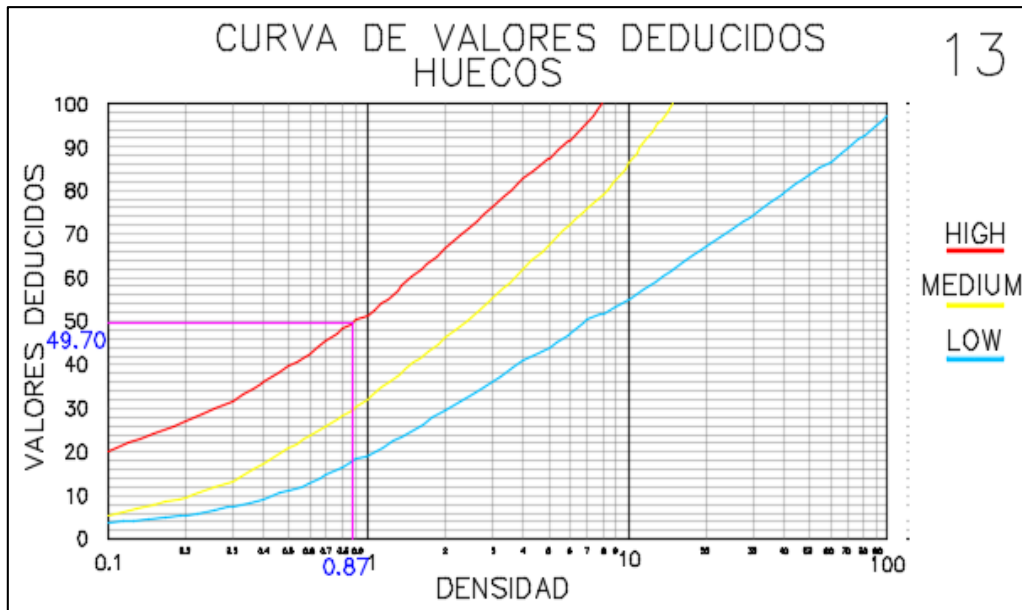


Figura 42. Curva Densidad – Valor Deducido (huecos)

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior es la curva de valores deducidos para la falla huecos, en este caso la densidad es de 0.87 de la severidad de HIGH (alto) por ende se traza la línea desde dicha densidad y lo intersectamos con la curva de severidad alta, resultando ser 49.70, se procede a colocar el valor en la columna de “VALOR DEDUCIDO (VD) del formato de la tabla 13. Este procedimiento se realiza para todas las fallas con su respectiva severidad y son colocadas en orden en el formato.

Etapas 2: Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- 2.a) Si después de realizar la etapa anterior ninguno o tan solo uno de los Valores Deducidos es mayor que 2, se usa el Valor Deducido Total en lugar del Mayor Valor Deducido (CDV), obtenido en la Etapa 4. De no ser el caso se prosigue con 2.b y 2.c.

Para el ejemplo todos los valores deducidos son mayores a 2.

- 2.b) Se listan los Valores Deducidos individuales de mayor a menor.

49.70, 37.34, 32.31, 14.88, 13.31, 12.68, 9.72, 5.19.

(8 valores son mayores a 2 por lo tanto se procede con la corrección). Cabe mencionar que como máximo se corregirán 10 valores.



2.c) Se determinó el Número Máximo de Valores Deducidos (m) utilizando la siguiente ecuación.

$$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i -Número Máximo de admisible de Valores Deducidos, influyendo la fracción para la unidad de muestreo i . ($m_i \leq 10$)

HDV_i - Mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

Para el ejemplo el HDV_i es 49.70

$$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - 49.70)$$

$$m_i = 5.6$$

2.d) El número de valores individuales deducidos se redujo a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Tenemos 8 valores mayores que 2, pero el número máximo de valores deducidos es 5.6 por lo que se procederá a reducir los 8 valores de la siguiente manera: se tomarán los 5 mayores valores deducidos más el 0.6 del sexto valor (60% del sexto valor $0.6 * 12.68$).

$$49.70, 37.34, 32.31, 14.88, 13.31, 7.61$$

Estos valores indican cuales son las fallas que afectan más al pavimento de la unidad de muestra.

Etapas 3: Determinación del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

3.a) Se Determinó el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0. Estos valores deducidos son los resultados de la anterior etapa 2.d.

$$49.70, 37.34, 32.31, 14.88, 13.31, 7.61$$

(6 valores deducidos mayores que 2. después de la reducción)

3.b) Se determinó el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.

$$49.70 + 37.34 + 32.31 + 14.88 + 13.31 + 7.61 = 155.15$$

(Para un “ q ” de 6 por ser la primera fila)

- 3.c) Se determinó el CDV con q y el “Valor Deducido Total” para la primera fila en la curva de corrección.

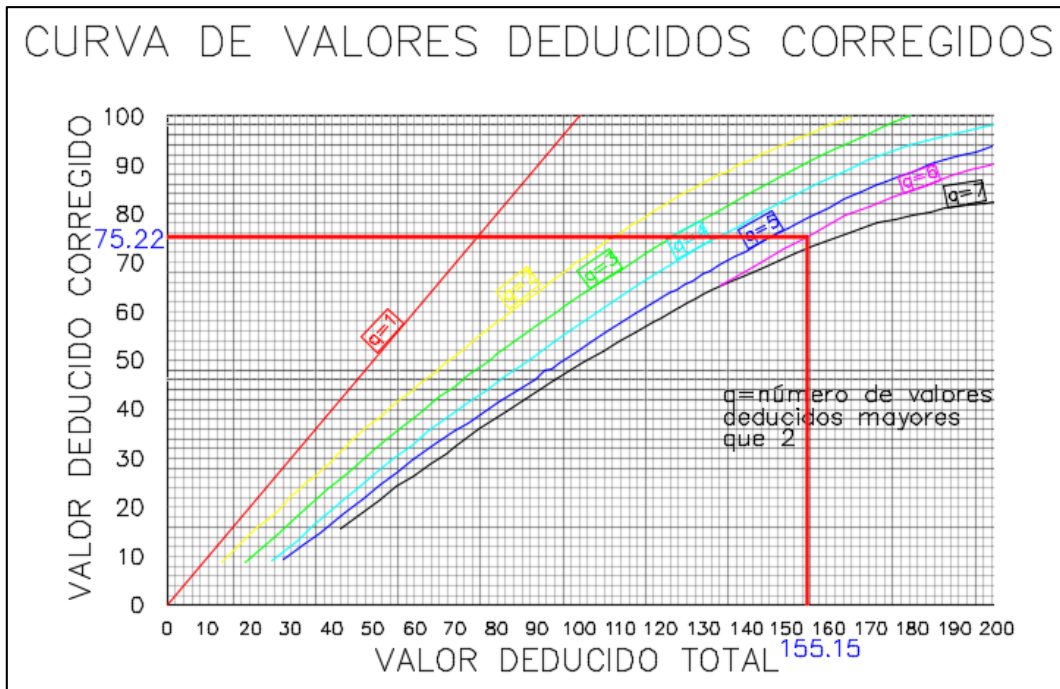


Figura 43. Curva de Valores Deducidos Corregidos.

Fuente: Elaboración propia

La anterior curva de valores deducidos corregidos también fue elaborada en el software CivilCAD 3d. Realizar la curva en un formato DWG sirvió para obtener datos más precisos al intersectar el valor deducido total con la curva que indica su valor de “ q ”.

En el ejemplo; tenemos un valor deducido total de la primera fila de 155.15, para lo cual entramos a la curva de valores deducidos corregidos con dicho valor y lo intersectamos en la curva de $q = 6$; en el formato DWG la curva de valores deducidos corregidos esta escalado al eje “ y ” por lo cual al trazar una línea desde el valor deducido total hacia la curva con el “ q ” respectivo, simplemente hacemos lectura de la distancia que el software mide. Para el ejemplo con un valor deducido total de 155.15 resultó un valor deducido corregido de 75.22 en la curva de $q=6$. Este valor se coloca en la columna de “VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)” del formato de la tabla 13.

- 3.d) En la siguiente fila se reduce a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0

49.70, 37.34, 32.31, 14.88, 13.31, 2

Por lo que el valor deducido total sería

$$49.70 + 37.34 + 32.31 + 14.88 + 13.31 + 2 = 149.54$$

(Para un “q” de 5 por ser la segunda fila)

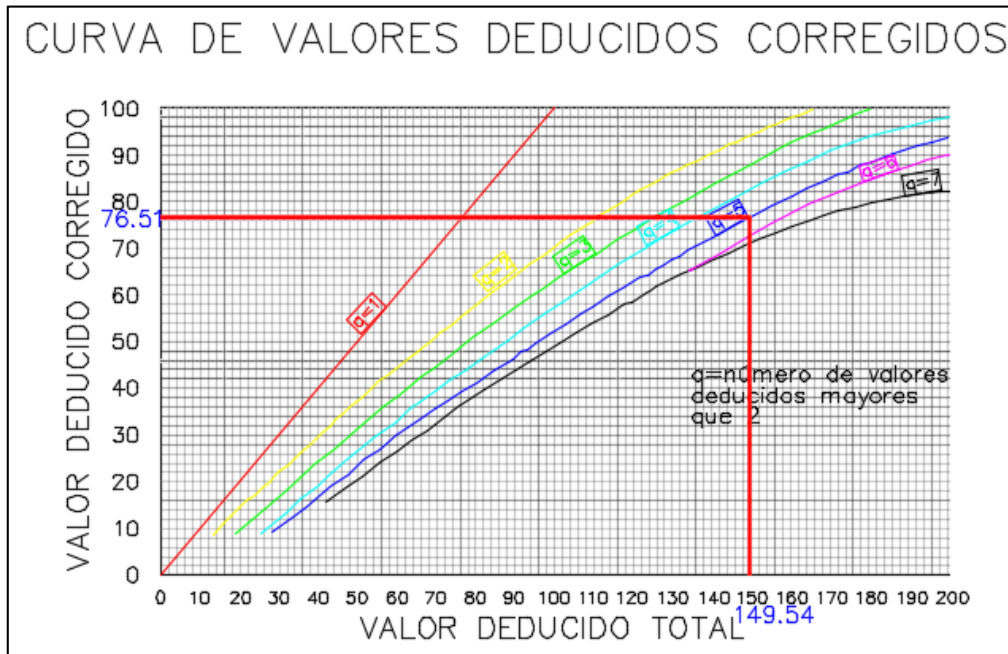


Figura 44. Curva de Valores Deducidos Corregidos.

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento se realiza hasta que “q” sea igual a 1 como se observa en la tabla 13.

3.e) Se obtiene el máximo valor deducido corregido el cual sería el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

El mayor de los CDV es 77.28

Etapas 4: Cálculo de PCI

4.a) Finalmente se calculó el PCI de la unidad de muestreo restando el Máximo CDV de 100, obtenido en la Etapa 3

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

$$PCI = 100 - 77.28$$

$$PCI = 22.72$$

Según la escala de clasificación PCI le corresponde una condición de estado de pavimento de “MUY MALO”.

A continuación se muestra 2 figuras de las fallas más representativas del ancho de calzada de la vía. El total de las distribuciones se encuentra en el anexo 5.

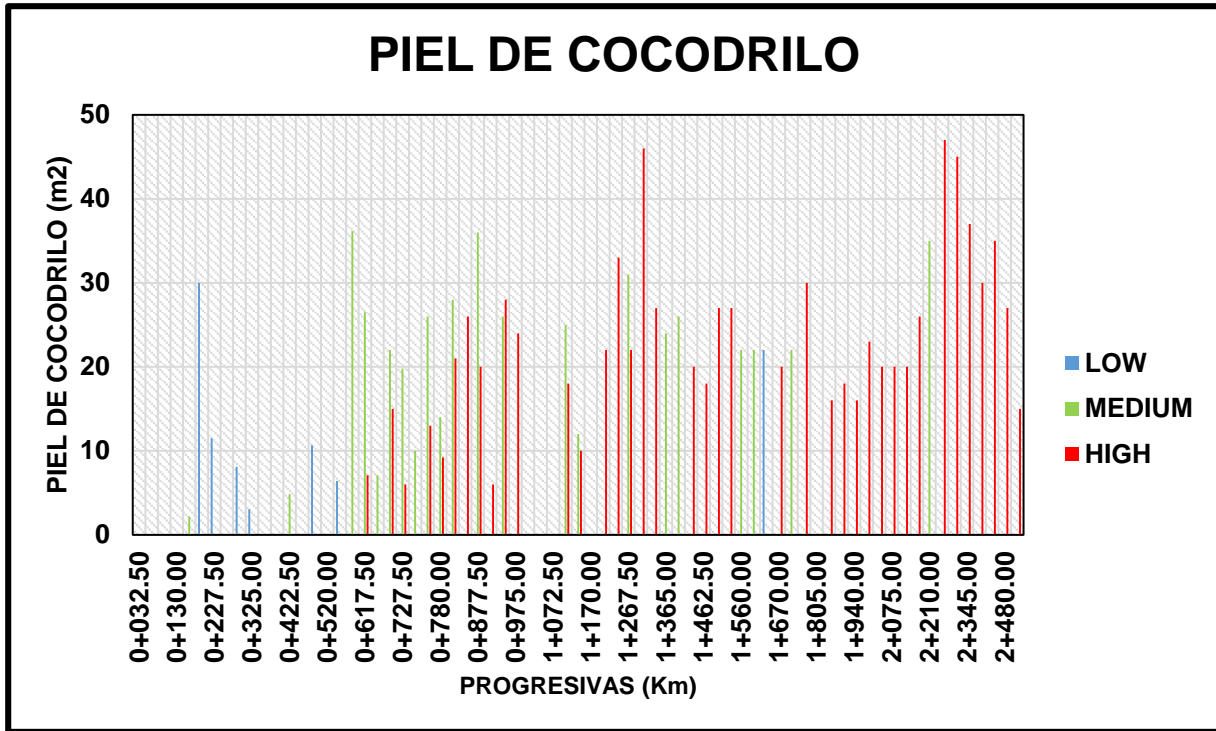


Figura 45. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada

Fuente: Elaboración propia

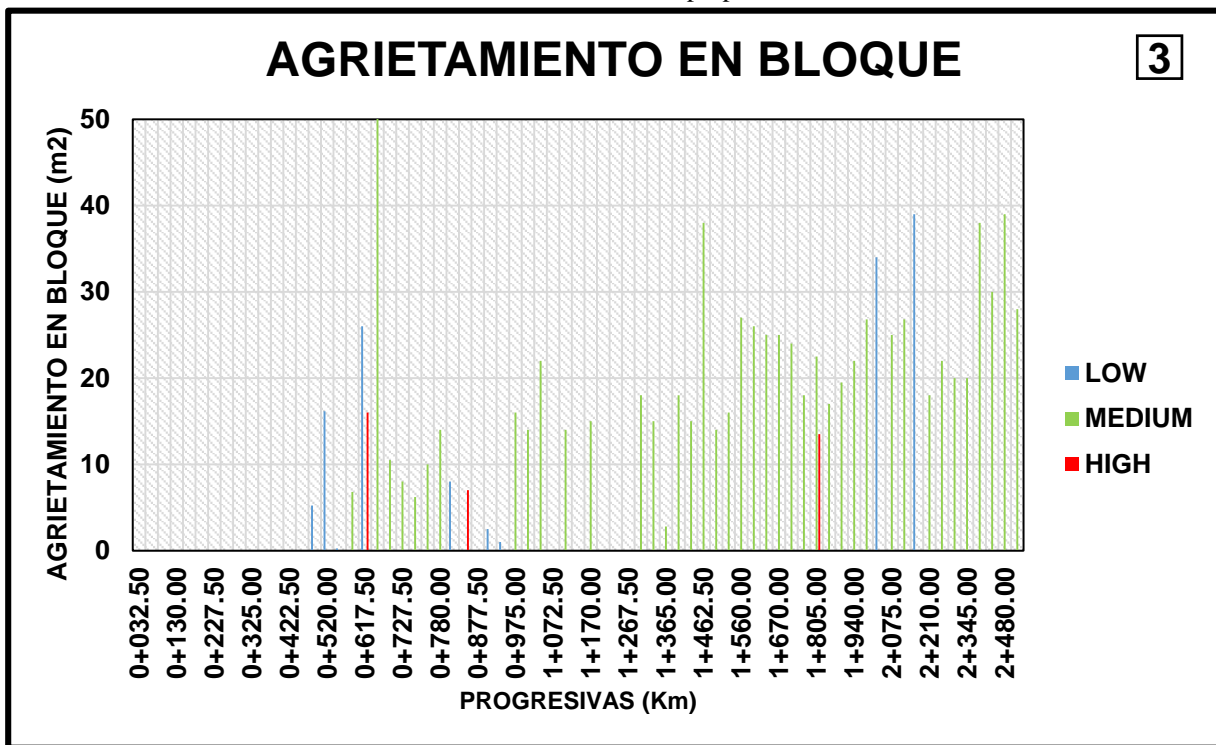


Figura 46. Distribución de falla Agrietamiento en Bloque Vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada

Fuente: Elaboración propia

Resumen del parcial total de cada falla en la vía.

Tabla 15: *Resumen parcial total de cada falla vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada*

N°	TIPO DE FALLA	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD	TOTAL PARCIAL
1	Piel de Cocodrilo	m2	L	91.70
			M	477.56
			H	890.30
2	Exudación	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
3	Agrietamiento en Bloque	m2	L	132.13
			M	872.90
			H	36.50
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	L	7.77
			M	19.29
			H	0.61
5	Corrugación	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
6	Depresión	m2	L	8.36
			M	35.80
			H	16.04
7	Grieta de Borde	m	L	11.50
			M	8.60
			H	0.00
8	Grieta de reflexión de junta	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
9	Desnivel Carril /Berma	m	L	165.00
			M	83.00
			H	0.00
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	L	667.00
			M	1474.30
			H	133.40
11	Parcheo	m2	L	135.23
			M	254.06
			H	24.24
12	Pulimiento de Agregados	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
13	Huecos	und	L	16.00
			M	44.00
			H	43.00
14	Cruce de vía férrea	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
15	Ahuellamiento	m2	L	10.00
			M	8.00
			H	43.60
16	Desplazamiento	m2	L	0.00
			M	0.55
			H	0.00
17	Grieta Parabólica	m2	L	48.00
			M	28.50
			H	4.00
18	Hinchamiento	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
19	Desprendimiento de Agregados	m2	L	217.80
			M	225.00
			H	113.76

Fuente: Elaboración propia

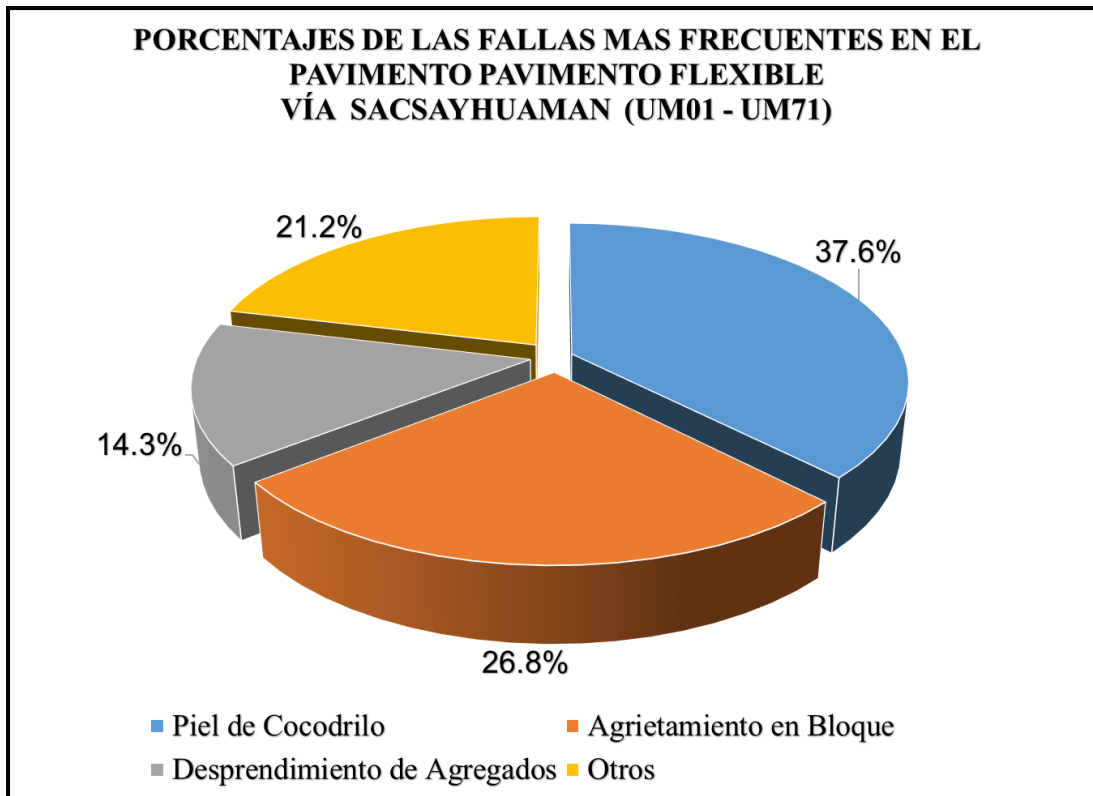


Figura 47. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Sacsayhuaman – Ancho de calzada

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología PCI en el ancho de calzada de la vía tenemos un total de 71 unidades de muestra en 2,525 metros lineales de pavimento flexible y se observó lo siguiente.

- Solo se encontraron 12 fallas de las 19 especificadas en la metodología.
- La falla que se presenta con más frecuencia es la de piel de cocodrilo con un 37.6% del total de las fallas que hay en la vía.
- La falla piel de cocodrilo de severidad alta tiene 890.3m² y esta afecta más al pavimento en esta vía el cual tiene 12,721m² aprox.
- Las unidades de muestra que tiene el estado superficial más dañado son 8 con un PCI menor de 10 el cual representa a una clasificación de fallado.

3.6.1.2. Aplicación para el carril derecho de la Vía Sacsayhuaman.

a) Procesamiento o cálculo de pruebas

El procedimiento es el mismo que del ítem 3.6.1.1.

A continuación se muestra 2 figuras de las fallas más representativas del carril derecho de la vía. El total de las distribuciones se encuentra en el anexo 5.

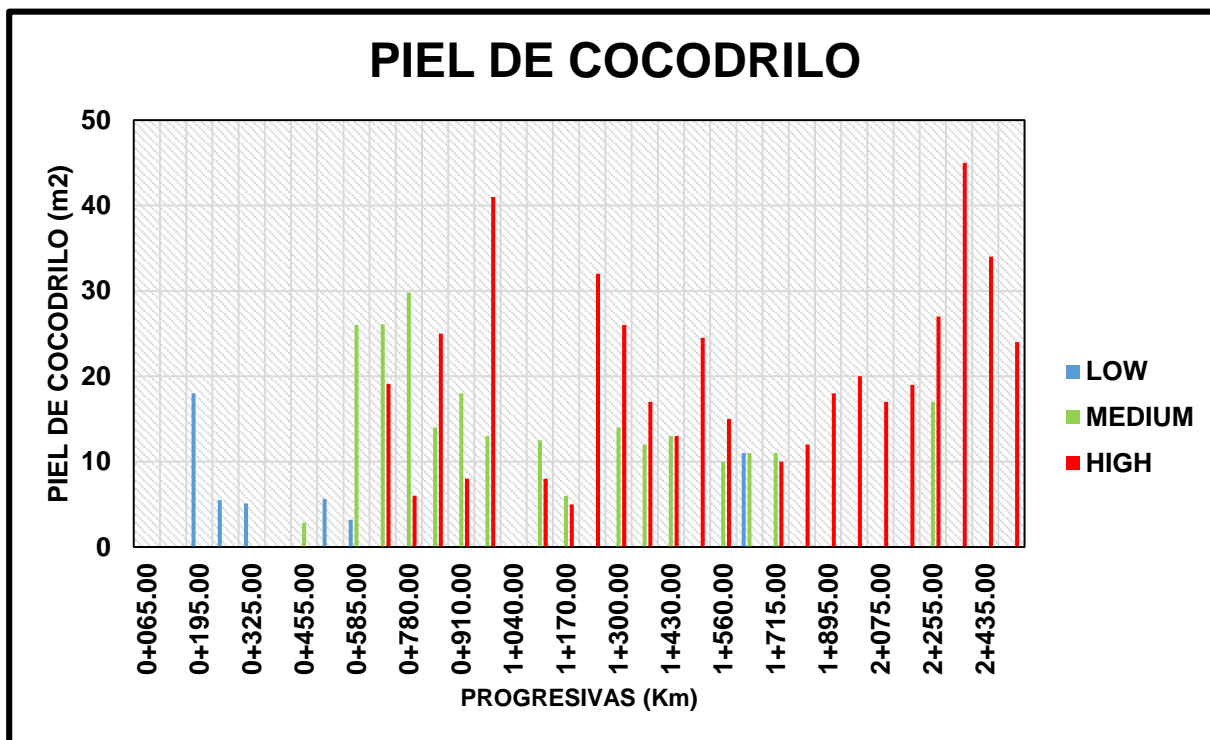


Figura 48. Distribución de falla Piel de Cocodrilo Vía Sacsayhuaman – Carril derecho

Fuente: Elaboración propia

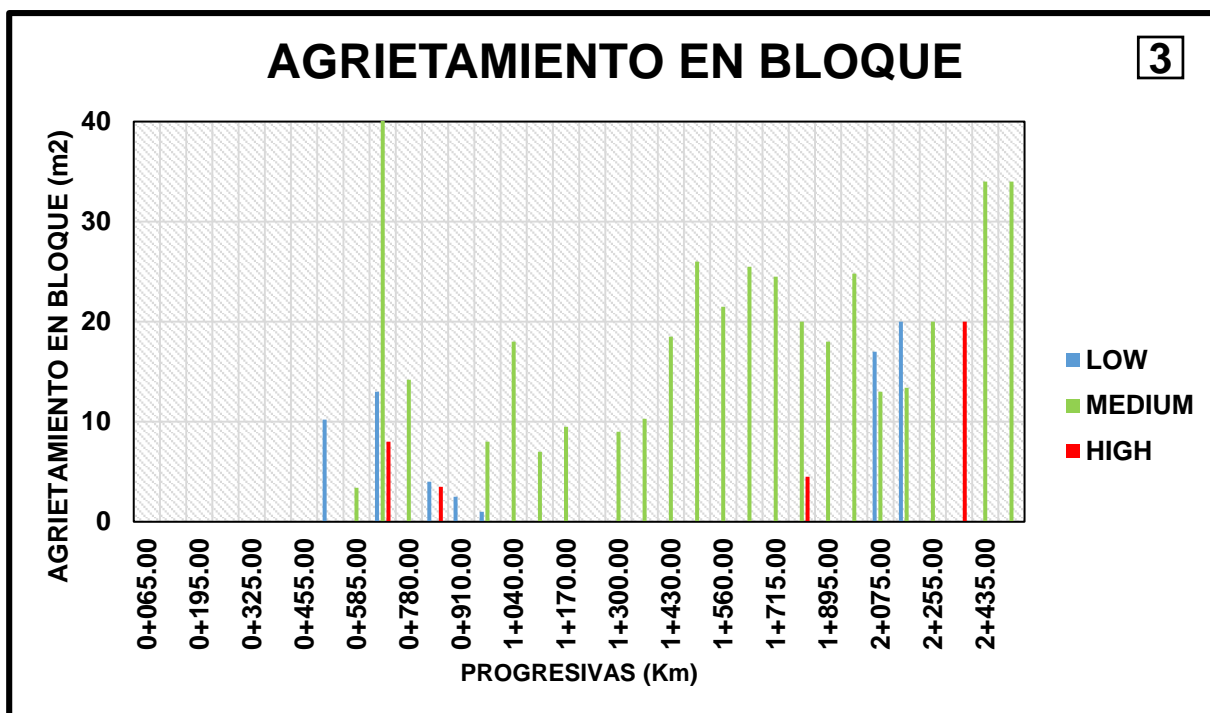


Figura 49. Distribución de falla Agrietamiento en Bloque Vía Sacsayhuaman – Carril derecho

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resumen parcial total de cada falla vía Sacsayhuaman – Carril derecho

N°	TIPO DE FALLA	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD	TOTAL PARCIAL
1	Piel de Cocodrilo	m2	L	48.45
			M	236.24
			H	465.6
2	Exudación	m2	L	0
			M	0
			H	0
3	Agrietamiento en Bloque	m2	L	67.72
			M	438.1
			H	16
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	L	5.65
			M	8.45
			H	0
5	Corrugación	m2	L	0
			M	0
			H	0
6	Depresión	m2	L	6.06
			M	28.8
			H	16.04
7	Grieta de Borde	m	L	11.5
			M	8.6
			H	0
8	Grieta de reflexión de junta	m	L	0
			M	0
			H	0
9	Desnivel Carril /Berma	m	L	139.5
			M	82
			H	0
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	L	348.35
			M	749.25
			H	71.55
11	Parcheo	m2	L	69.58
			M	129.93
			H	16.52
12	Pulimiento de Agregados	m2	L	0
			M	0
			H	0
13	Huecos	und	L	7
			M	24
			H	23
14	Cruce de vía férrea	m2	L	0
			M	0
			H	0
15	Ahuellamiento	m2	L	10
			M	8
			H	0
16	Desplazamiento	m2	L	0
			M	0.28
			H	0
17	Grieta Parabólica	m2	L	35
			M	17.5
			H	0
18	Hinchamiento	m2	L	0
			M	0
			H	0
19	Desprendimiento de Agregados	m2	L	120.9
			M	117.5
			H	82.56

Fuente: Elaboración propia

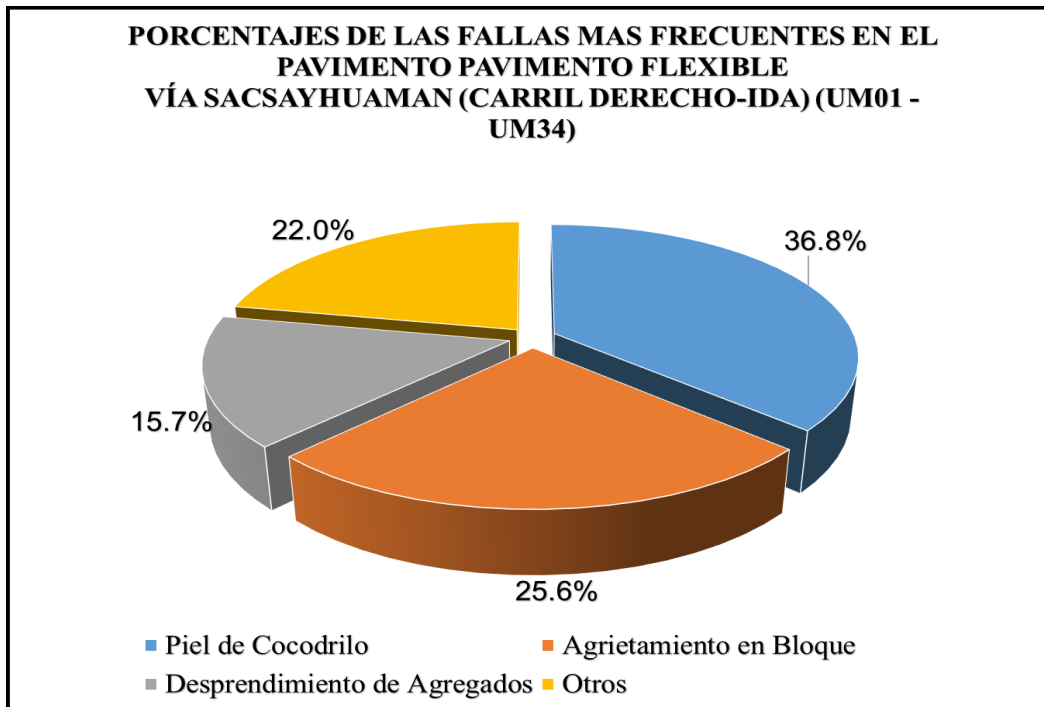


Figura 50. Porcentajes de fallas más frecuentes vía Sacsayhuaman – Carril derecho

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Con los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología PCI en el carril derecho de la vía tenemos un total de 34 unidades de muestra en 2,525 metros lineales de pavimento flexible y se observó lo siguiente.

- Solo se encontraron 12 fallas de las 19 especificadas en la metodología.
- La falla que se presenta con más frecuencia es la de piel de cocodrilo con un 36.8% del total de las fallas que hay en el carril derecho de la vía.
- La falla piel de cocodrilo de severidad alta tiene 465.6m² y esta afecta más al pavimento en esta vía el cual tiene 6,360m² aprox.
- Las unidades de muestra que tiene el estado superficial más dañado son 3 con un PCI menor de 10 el cual representa a una clasificación de fallado.

3.6.1.3. Aplicación para el carril izquierdo de la Vía Sacsayhuaman.

a) Procesamiento o cálculo de pruebas

El procedimiento es el mismo que del ítem 3.6.1.1.

