



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO– 2018".

Presentado por:

Condori Apaza Nelly

Goyzueta Masías Shirley Pamela

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos

CUSCO – PERÚ

2019





DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a Dios, por permitirme tener y disfrutar a mi familia y por hacer que llegue este momento tan especial en vida, por permitirme sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, Gracias DIOS.

A mis padres Eulogio y Elisa, porque siempre estuvieron presentes apoyándome en todo momento, y en especial a mi madre, por ofrecerme y buscar lo mejor para mí, por ser la persona más valiente, más decidida y más honesta que conozco, por ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanos Richard, Norma y Luz por sus palabras de aliento y por apoyarme siempre en cada proyecto y decisión que tome.

A mis sobrinos Ivon, Jamil y Alejandra, por llenar y alegrar mi vida. y creer siempre en mí.

Bach. Nelly Condori Apaza

Dedico especialmente esta tesis a Dios, por darme la vida y la oportunidad de luchar y alcanzar mis metas, por guiar mis pasos en esta larga trayectoria, por cuidarme y darme las fuerzas necesarias para no desistir, porque sin Él no hubiera podido llegar hasta aquí.

A mis padres José y Guzmila quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, me impulsaron para superarme cada día, y ayudaron en mi formación profesional y personal, ellos han sido el mejor alimento para alcanzar mis metas ¡me siento afortunada por poder contar con ustedes!

A mis hermanas Mónica y Johana, por estar presentes en las buenas y en las malas aportando buenas cosas a mi vida, y sobre todo buenos momentos. ¡Gracias hermanas por todo ello y siempre estar conmigo!

A mi Tiago Jesús, quien siempre me ha brindado su inmenso cariño y me ha sabido sacar una sonrisa para seguir adelante. por regalarme tantos momentos de alegría ¡gracias corazoncito por compartir mi felicidad en todo momento!

Y a todas las personas que me impulsaron y dieron fuerzas, demostrando su confianza en mí, para que esta tesis se pudiera concluir.

Bach. Shirley Pamela Goyzueta Masias



AGRADECIMIENTOS

Agradezco primordialmente a Dios, por darme la fuerza para poder resolver los problemas que se presentaron a lo largo de esta tesis, por bendecirme con sabiduría y conocimiento para que este trabajo pudiera ser concluido.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional y económico, la comprensión y paciencia que me brindaron en el transcurso de mi formación profesional. Por luchar día a día para darme una buena educación e impulsarme a que cumpliera mis metas.

Agradezco a mis hermanas por dar su granito de arena, en los días que necesite su apoyo, y ellas me lo dieron, amanecidas trabajando juntas.

A Nelly porque ser ella mi mano derecha, mi compañera de viaje durante todo este tiempo en la elaboración de la tesis.

A los Docentes, por los conocimientos adquiridos, por ayudarme a crecer académica y personalmente, compartir sus experiencias y motivarme a alcanzar esta meta.

Gracias a todas y cada una de las personas que siempre han estado a mi lado, que me apoyaron y me brindaron la fuerza para no rendirme.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud.

Shirley Pamela

Agradezco a Dios, por darme la voluntad, Fortaleza y por permitirme concluir con éxito esta tesis; a mis padres Eulogio y Elisa que siempre han estado presentes apoyándome en cada decisión y proyecto,

A mi amiga Shirley por ser mi compañera de tesis; a mis queridos amigos por el apoyo incondicional y por haber contribuido con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

A la escuela profesional de Ingeniería Civil, a todos los docentes que fueron guía y apoyo, y por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi formación profesional.

Finalmente agradecer a todas mis amigas y amigos por apoyarme cuando más lo necesitaba, por extender sus manos en momentos difíciles, de verdad mil gracias siempre los llevo en mi corazón.

Bach. Nelly Condori Apaza



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo proponer estrategias de intervención, mediante la evaluación de la condición (método PCI, método VIZIR) y serviciabilidad (método PSI) del pavimento, del tramo Paradero Grifo Mobil – Ciencias de la salud de la Universidad Andina del Cusco de la prolongación Av. de la Cultura - Av. Manco Capac – prolongación Av. Manco Capac; debido a que esta vía es un acceso principal a la ciudad, con alto tránsito de vehículos ligeros y pesados, razón por lo cual, la carpeta asfáltica de este tramo se viene deteriorando, con una clara evidencia de distintas fallas en el pavimento, el cual requiere una inmediata intervención para su conservación.

La evaluación realizada y los resultados obtenidos de los tres métodos determinó tres tramos homogéneos, en los cuales, se planteó estrategias de intervención según el manual de carreteras y Conservación Vial, para cada tramo. Para el primer tramo que va desde Ciencias de la Salud de la UAC – Posta medica de San Jerónimo, tiene una calificación PCI “Buena”, calificación VIZIR “Regular”, calificación PSI “Buena”. Se propone un “Mantenimiento Rutinario” por la presencia mínima de fallas. Para el segundo tramo que va desde Posta medica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner, tiene una calificación PCI “Muy Pobre”, calificación de VIZIR “Deficiente” calificación PSI “Mala”, se propone un “Mantenimiento Periódico” con cambio de superficie de rodadura, porque se encuentra muy deteriorado. Y para el tercer tramo que va desde Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero grifo Mobil, tiene una calificación PCI “Regular”, calificación VIZIR “Deficiente” (Subida), “Regular” (Bajada) y una calificación de “Regular”, se propone un “Mantenimiento Rutinario”.

Por tanto, se sugiere que se implemente la propuesta de estrategias de intervención planteada, en el periodo más próximo, con la finalidad de mejorar la condición y serviciabilidad del pavimento y evitar un posible aumento de fallas acelerado.

PALABRAS CLAVE: Índice de Condición de Pavimento, Índice de Serviabilidad Presente, Estrategias de Intervención, Pavimento.



ABSTRACT

The objective of this thesis is to propose intervention strategies, through the evaluation of the condition (PCI method, VIZIR method) and serviceability (PSI method) of the pavement, of the stretch Stop Grifo Mobil - Health Sciences section of the Andean University of Cusco. the prolongation Av. De la Cultura - Av. Manco Capac -prolongation Av. Manco Capac; because this road is a main access to the city, with high traffic of light and heavy vehicles, reason why, the asphalt folder of this section has been deteriorating, with clear evidence of different faults in the pavement, which it requires an immediate intervention for its conservation.

The evaluation carried out and the results obtained from the three methods determined three homogeneous sections, in which intervention strategies were proposed according to the road and Road Conservation manual for each section. For the first section that runs from the Health Sciences of the UAC - Posta medica de San Jerónimo, it has a PCI rating of "Good", VIZIR rating "Regular", PSI rating "Good". A "Routine Maintenance" is proposed for the minimal presence of faults. For the second section that goes from Posta medica de San Jeronimo - Av. Clorinda Matto de Turner, has a "Very Poor" PCI rating, VIZIR rating "Poor" PSI rating "Bad", a "Periodic Maintenance" with change is proposed of rolling surface, because it is very deteriorated. And for the third section that goes from Av. Clorinda Matto de Turner - Wheeler griffin Mobil, has a PCI rating "Regular", rating VIZIR "Deficient" (Subida), "Regular" (Descent) and a rating of "Regular", a "Routine Maintenance" is proposed.

Therefore, it is suggested that the proposal of proposed intervention strategies be implemented, in the nearest period, in order to improve the condition and serviceability of the pavement and avoid a possible accelerated failure increase.

KEYWORDS: Pavement Condition Index, Present Serviceability Index, Intervention Strategies, Pavement.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de la ciudad del Cusco en los últimos 10 años (3.8% actualmente según el Banco Mundial) ha generado el incremento del parque automotor. Por lo tanto no es ajeno a la problemática del pavimento flexible, con una vía útil corta donde se presentan fallas como: deformaciones permanentes, agrietamiento por fatiga, envejecimiento y oxidación de la película de cemento asfáltico, afectando así la serviciabilidad y condición del pavimento razón por la cual se quiere realizar un estudio y proponer estrategias de intervención para la conservación, mantenimiento y rehabilitación de las vías, basadas en manuales de inspección existentes así como las metodologías planteadas en este perfil con el fin de mejorar las condiciones funcionales y estructurales de la vía pavimentada prolongación Av. de la Cultura - Av. Manco Capac – prolongación Av. Manco Capac desde el Paradero Grifo Mobil – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina.

En la actualidad la gestión de pavimento es muy importante debido a los altos costos de construcción de vías pavimentadas por lo que es necesario incentivar una cultura en cuanto a mantenimiento y rehabilitación de la red vial y con esto brindar una vía de calidad; con un buen funcionamiento y comodidad debido a la parte económica; y el ahorro en tiempo y costos de operación de los vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario final.

Por medio de este trabajo, se pretende obtener como resultado final, una herramienta de gestión que contenga estrategias de intervención de pavimentos flexibles, realizado mediante una inspección visual y cálculos pertinentes, según los parámetros de cada metodología, tomando como datos de análisis los resultados de aplicar las metodologías de Índice de Condición de Pavimentos (PCI), índice de deterioro superficial (VIZIR), cálculo de la rugosidad (IRI) y con esto el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) en el área estudiada.



Esta tesis está desarrollada en cinco capítulos: en el Capítulo I: Se menciona la situación actual de la vía pavimentada del tramo de estudio, la variedad de fallas en la carpeta de rodadura y la falta de un sistema de gestión de pavimentos que permita mejorar la vía. En el Capítulo II: Se desarrolla el soporte de toda la investigación como estudios ya realizados (nacionales e internacionales) y teorías relacionadas a la evaluación del pavimento.

En el Capítulo III: La aplicación de los métodos como el PCI (Índice de Condición de pavimento), VIZIR y PSI (Índice de Serviciabilidad Presente), toma de datos, procesamiento de datos, y análisis de resultados. En el Capítulo IV: Se muestra los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación y las propuestas de estrategias de intervención para cada tramo, con el objetivo de compartir este conocimiento.

Y el Capítulo V: Se logra obtener resultados deseados con el planteamiento de estrategias de intervención, con las respectivas discusiones y recomendaciones de la investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAi

AGRADECIMIENTOSii

RESUMEN iii

ABSTRACTiv

INTRODUCCIÓNv

ÍNDICE GENERALvii

ÍNDICE DE TABLASx

ÍNDICE DE FIGURASxiii

Capítulo I: Planteamiento del Problema 1

1.1. **Identificación del Problema** 1

1.1.1. **Descripción del Problema** 1

1.1.2. **Formulación Interrogativa del Problema**.....8

1.2. **Justificación e Importancia de la Investigación**9

1.2.1. **Justificación Técnica**9

1.2.2. **Justificación Social**9

1.2.3. **Justificación por Viabilidad** 10

1.2.4. **Justificación por Relevancia** 10

1.3. **Limitaciones de la Investigación** 11

1.3.1. **Limitaciones del ámbito de estudio** 11

1.3.2. **Limitaciones geográficas** 11

1.3.3. **Limitaciones de instrumentos y equipos** 13

1.3.4. **Limitaciones de tiempo**..... 13

1.3.5. **Limitaciones de Normativa** 13

1.4. **Objetivo de la Investigación**..... 14

1.4.1. **Objetivo General**..... 14

1.4.2. **Objetivos Específicos** 14



Capitulo II: Marco Teórico..... 15

2.1. Antecedentes de la Investigación..... 15

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional..... 15

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional..... 18

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes 20

2.2.1. Pavimentos 20

2.2.2. Clasificación de Pavimentos 20

2.2.3. Fallas en los Pavimentos..... 24

2.2.4. Índice de Condición del Pavimento (PCI)..... 80

2.2.5. Método VIZIR 86

2.2.6. Índice de Serviciabilidad (PSI)..... 91

2.2.7. Índice de Rugosidad (IRI) 92

2.2.8. Relaciones entre PSI e IRI 105

2.2.9. Estrategias de Intervención en Pavimentos 107

2.3. Hipótesis 116

2.3.1. Hipótesis General..... 116

2.3.2. Sub Hipótesis..... 116

2.4. Definición de Variables 117

2.4.1. Variables Independientes 117

2.4.2. Variables Dependientes 117

2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables 118

Capitulo III: Metodología 119

3.1. Metodología de la Investigación 119

3.1.1. Enfoque de la Investigación..... 119

3.1.2. Nivel o alcance de la Investigación 119

3.1.3. Método de la Investigación 120

3.2. Diseño de la Investigación 120

3.2.1. Diseño Metodológico..... 120

3.2.2. Diseño de Ingeniería..... 121

3.3. Universo y Muestra 122

3.3.1. Universo 122

3.3.2. Muestra..... 124



3.3.3.	Criterios de Inclusión	126
3.4.	Instrumentos	127
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o de recolección de Datos	127
3.5.	Procedimientos de Recolección de Datos	133
3.5.1.	Recolección de datos para el Método (PCI) y Método VIZIR.....	133
3.5.2.	Recolección de datos para el Método (PSI).....	142
3.6.	Procedimientos de Análisis de datos	150
3.6.1.	Método PCI	150
3.6.2.	Método VIZIR.....	196
3.6.3.	Método PSI	222
	Capítulo IV: Resultados.....	240
	Capítulo V: Discusión	244
	Glosario	247
	Conclusiones.....	250
	Recomendaciones.....	253
	Referencias	255
	Apéndices	257
	Anexos	258

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Tramo Paradero Grifo Mobil–Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco.....	6
Tabla 2: Descripción general del estado actual de los tramos.....	7
Tabla 3: Coordenadas UTM del Tramo en estudio.....	12
Tabla 4: Fallas Definidas en la Norma ASTM D6433-07.....	26
Tabla 5: Profundidad de Huecos.....	33
Tabla 6: Fallas definidas en la Metodología VIZIR.....	52
Tabla 7: Rangos de Calificación del PCI.....	81
Tabla 8: Alternativas de intervención para pavimentos flexibles según tipo de falla.....	82
Tabla 9: Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo A.....	89
Tabla 10: Niveles de Gravedad de los Fallas del Tipo B.....	90
Tabla 11: Rangos de Calificación de VIZIR.....	90
Tabla 12: Escala de Calificación de la Serviciabilidad.....	92
Tabla 13: Rugosidad inicial IRI según tipo de carretera con carpeta asfáltica.....	94
Tabla 14: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.....	104
Tabla 15: Escala de Serviciabilidad.....	105
Tabla 16: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.....	106
Tabla 17: Tipos de mantenimiento.....	110
Tabla 18: Cuadro de Operacionalización de variables.....	118
Tabla 19: Características del área de influencia.....	126
Tabla 20: Formato de toma de datos para el Método PCI.....	128
Tabla 21: Formato de toma de datos para el Método VIZIR.....	129
Tabla 22: Formato de toma de datos para el Método VIZIR.....	130
Tabla 23: Formato de toma de datos para el Método VIZIR.....	131
Tabla 24: Registro de Datos de la UM-11.....	140
Tabla 25: Registro de Datos de la UM-11.....	141
Tabla 26: Formato de llenado de datos para el Método PCI.....	148
Tabla 27: Registro de Datos del ensayo N° 05.....	149
Tabla 28: Cálculo de la Densidad de fallas.....	150
Tabla 29: Determinación de Valores Deducidos Individuales.....	151
Tabla 30: Cálculo de Valores Deducidos Corregidos.....	152
Tabla 31: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 1er tramo.....	152
Tabla 32: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 2do tramo.....	154
Tabla 33: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 3er tramo.....	155
Tabla 34: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 4to tramo.....	158
Tabla 35: Valores Deducidos - Piel de Cocodrilo.....	162
Tabla 36: Valores Deducidos - Exudación.....	163
Tabla 37: Valores Deducidos - Agrietamiento en Bloque.....	164
Tabla 38: Valores Deducidos – Abultamientos y Hundimientos.....	165
Tabla 39: Valores Deducidos – Corrugación.....	166
Tabla 40: Valores Deducidos – Depresión.....	167



Tabla 41: Valores Deducidos Grieta de Borde 168

Tabla 42: Valores Deducidos - Grieta de Reflexión de Junta 169

Tabla 43: Valores Deducidos - Desnivel Carril Berma..... 170

Tabla 44: Valores Deducidos - Grietas Longitudinales y Transversales..... 171

Tabla 45: Valores Deducidos - Parcheo..... 172

Tabla 46: Valores Deducidos - Pulimento de Agregados..... 173

Tabla 47: Valores Deducidos - Huecos 174

Tabla 48: Valores Deducidos - Cruce de Línea Férrea 175

Tabla 49: Valores Deducidos - Ahuellamiento..... 176

Tabla 50: Valores Deducidos - Desplazamiento 177

Tabla 51: Valores Deducidos - Grietas Parabólicas 178

Tabla 52: Valores Deducidos - Hinchamiento..... 179

Tabla 53: Valores Deducidos - Desprendimiento de Agregados..... 180

Tabla 54: Tabla de Valores Deducidos Corregidos..... 181

Tabla 55: Calificación de PCI 182

Tabla 56:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 1er tramo - PCI 182

Tabla 57: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 2do tramo - PCI 184

Tabla 58: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Subida - PCI 185

Tabla 59: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Bajada - PCI 186

Tabla 60: Resultados de PCI por Tramos 196

Tabla 61: Calculo de la Densidad de fallas Existente en UM-10..... 196

Tabla 62: Valores de Índice de deterioro y su respectiva calificación para cada UM del 1er tramo 199

Tabla 63: Valores de Índice de deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 2do tramo 201

Tabla 64: Valores de Índice de deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 3er tramo 202

Tabla 65: Valores de Índice de Deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 4to tramo 205

Tabla 66:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 1er tramo - VIZIR..... 209

Tabla 67:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 2do tramo – VIZIR ... 210

Tabla 68:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Subida - VIZIR 211

Tabla 69:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Bajada - VIZIR 212

Tabla 70: Resultados de VIZIR por Tramos..... 222

Tabla 71: Repeticiones por lecturas que marca el puntero del Rugosímetro de Merlín 222

Tabla 72:Lecturas Ordenas para determinación de la cantidad de intervalos de desviaciones..... 223

Tabla 73: Descarte de datos del Histograma de frecuencias..... 223



Tabla 74: Valores de IRI y PSI y su respectiva Calificación para cada UM sentido Bajada..... 226

Tabla 75: Valores de IRI y PSI y su respectiva Calificación para cada UM sentido Subida..... 226

Tabla 76: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI..... 227

Tabla 77 Resultados de IRI y PSI – Bajada..... 230

Tabla 78: Resultados de IRI y PSI – Subida..... 231

Tabla 79: Resultado IRI y PSI General 231

Tabla 80: Conteo Vehicular Tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC 232

Tabla 81:Resumen de conteo vehicular durante una semana Tramo: Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC 233

Tabla 82: Factores de corrección promedio para vehículos ligeros 2018 234

Tabla 83: Factores de corrección promedio para vehículos pesados 2018 234

Tabla 84: IMDa del Tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC..... 235

Tabla 85: IMDa del Tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta Medica de San Jerónimo 236

Tabla 86: IMDa del Tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner..... 236

Tabla 87 Porcentaje IMDa tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC 237

Tabla 88:Participación por tipo de vehículo tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC 237

Tabla 89: Porcentaje IMDa tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo 238

Tabla 90: Participación por tipo de vehículo tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo 238

Tabla 91: Porcentaje IMDa tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner 239

Tabla 92: Participación por tipo de vehículo tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner 239

Tabla 93: Resumen de Resultados PCI, VIZIR Y PSI 241

Tabla 94: Resumen de Resultados PCI, VIZIR Y PSI 243



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización y Macro localización, Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, Prolongación Av. Manco Capac..... 2

Figura 2 Ubicación de fallas predominantes Tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner..... 3

Figura 3 Ubicación de fallas predominantes Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo 4

Figura 4 Ubicación de fallas predominantes Tramo Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco..... 5

Figura 5: Tramo paradero Grifo Mobil– Facultad Ciencias de la Salud UAC 12

Figura 6 Sección típica transversal pavimento flexible 21

Figura 7 Sección típica transversal pavimento rígido 22

Figura 8 Sección típica transversal pavimento semi-rígido 23

Figura 9 Sección típica transversal pavimento articulado 23

Figura 10 Piel de cocodrilo 27

Figura 11 Agrietamiento en bloque..... 29

Figura 12 Abultamientos y hundimientos 30

Figura 13 Depresión 31

Figura 14 Huecos 33

Figura 15 Ahuellamiento. 34

Figura 16 Desplazamiento..... 35

Figura 17 Hinchamiento 36

Figura 18 Exudación..... 38

Figura 19 Corrugación..... 39

Figura 20 Grieta de borde..... 40

Figura 21 Grieta de reflexión de junta. 41

Figura 22 Desnivel carril/ berma. 42

Figura 23 Grietas longitudinales y transversales..... 44

Figura 24 Parcheo 45

Figura 25 Pulimiento de agregados 47

Figura 26 Cruce de vía férrea..... 48

Figura 27 Grietas parabólicas. 49

Figura 28 Desprendimiento de agregados..... 50

Figura 29 Ahuellamiento (AH) 53

Figura 30 Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)..... 54

Figura 31 Depresiones o hundimientos transversales (DT) 55

Figura 32 Fisura longitudinal por fatiga (FLF) 56

Figura 33 Fisura piel de cocodrilo (FPC)..... 57

Figura 34 Bacheos y parcheos (B) 59

Figura 35 Fisura longitudinal de junta de construcción (FLJ) 60

Figura 36 Fisura transversal de junta de construcción (FTJ) 61

Figura 37 Fisura de contracción térmica (FCT) 62

Figura 38 Fisura Parabólica (FP) 64



Figura 39 Fisura de Borde (FB)..... 65

Figura 40 Abultamientos o desplazamientos (DM) 66

Figura 41 Ojos de pescado (O) 67

Figura 42 Pérdida de película de ligante (PL)..... 68

Figura 43 Pérdida de agregado (PA) 69

Figura 44 Descascaramiento (D) 70

Figura 45 Pulimiento de agregado (PU) 71

Figura 46 Exudación (EX) 72

Figura 47 Afloramiento de mortero (AM) 73

Figura 48 Afloramiento de agua (AA) 74

Figura 49 Desintegración de los bordes de pavimento (DB)..... 75

Figura 50 Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)..... 77

Figura 51 Erosión de las bermas (EB)..... 78

Figura 52 Segregación (S)..... 79

Figura 53: Escala de Valores Índice de Rugosidad Internacional 94

Figura 54: Perfilógrafos California Modelo CS8500H 95

Figura 55: El Analizador de Perfiles Longitudinales (APL) 96

Figura 56: Perfilómetro Laser 97

Figura 57: Levantamiento con Miras a nivel 97

Figura 58: Facedipstick 99

Figura 59: Equipo de Merlín 100

Figura 60: Desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio 100

Figura 61: Histograma de la distribución de frecuencias 101

Figura 62: Esquema del Rugosímetro de MERLÍN 103

Figura 63 Flujograma de la investigación..... 121

Figura 64: Cámara fotográfica..... 132

Figura 65: Cronometro 132

Figura 66: Rugosímetro de Merlín 132

Figura 67: Wincha de Mano..... 132

Figura 68: Wincha de 100 m..... 132

Figura 69: Conos de seguridad 132

Figura 70: Regla metálica 132

Figura 71: Nivel de burbuja..... 132

Figura 72: Chalecos de seguridad 132

Figura 73: Equipos usados en la toma de datos del método PCI y método VIZIR 133

Figura 74: Medición del ancho de calzada..... 134

Figura 75: Medición de la Longitud de la Falla 135

Figura 76: Medición de la Profundidad de falla 135

Figura 77: Medición de la Profundidad de la Falla 136

Figura 78: Medición de la Falla Piel de Cocodrilo 136

Figura 79: Medición de la Longitud de la Falla Fisura Longitudinal 137

Figura 80: Medición de Falla Hundimiento 137



Figura 81: medición de Ancho de Calzada 138

Figura 82: Medición de Área de Falla tipo Hueco 138

Figura 83: Medición de Profundidad de Falla tipo Hueco..... 139

Figura 84: Medición de Falla tipo Fisuras en Bloque 139

Figura 85: Equipos usados en la toma de datos del método PSI 142

Figura 86: Equipos usados en la toma de datos del método PSI 143

Figura 87: Nivelación del Rugosímetro de Merlín para la calibración del equipo 143

Figura 88: Punto de Inicio del ensayo con el Uso del Rugosímetro de Merlín..... 144

Figura 89: Colocación de la pastilla de calibración para toma de lecturas (Li) y (Lf) 144

Figura 90: Operando el Rugosímetro de Merlín 145

Figura 91: Puntos fijos de apoyo del Rugosímetro de Merlín 146

Figura 92: Punto Final del ensayo con el Uso del Rugosímetro de Merlín..... 146

Figura 93: Aforo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC – Bajada 147

Figura 94: Aforo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC – Subida 147

Figura 95: Curva de Valores Deducidos - Piel de Cocodrilo 162

Figura 96: Curva de Valores Deducidos – Exudación 163

Figura 97: Curva de Valores Deducidos – Agrietamiento en Bloque 164

Figura 98: Curva de Valores Deducidos - Abultamientos y Hundimientos 165

Figura 99: Curva de Valores Deducidos – Corrugación 166

Figura 100: Curva de Valores Deducidos - Depresión 167

Figura 101: Curva de Valores Deducidos – Grieta de Borde 168

Figura 102: Curva de Valores Deducidos – Grieta de Reflexión de Junta 169

Figura 103: Curva de Valores Deducidos – Desnivel Carril Berma..... 170

Figura 104: Curva de Valores Deducidos – Grietas Longitudinales y Transversales.... 171

Figura 105: Curva de Valores Deducidos – Parcheo..... 172

Figura 106: Curva de Valores Deducidos - Pulimento de Agregados..... 173

Figura 107: Curva de Valores Deducidos - Huecos..... 174

Figura 108: Curva de Valores Deducidos - Cruce de Línea Férrea 175

Figura 109: Curva de Valores Deducidos – Ahuellamiento..... 176

Figura 110: Curva de Valores Deducidos – Desplazamiento 177

Figura 111: Curva de Valores Deducidos - Grietas Parabólicas 178

Figura 112: Curva de Valores Deducidos - Hinchamiento 179

Figura 113: Curva de Valores Deducidos - Desprendimiento de Agregados..... 180

Figura 114: Valor de PCI – Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo..... 188

Figura 115: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC – Posta Médica de San Jerónimo - Método PCI 189

Figura 116: Valor de PCI – Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner..... 190

Figura 117: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner - Método PCI 191

Figura 118: Valor de PCI – Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida 192



Figura 119: Condición del Pavimento Flexible Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida – Método PCI 193

Figura 120: Valor de PCI – Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner – Bajada 194

Figura 121: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner - Bajada – Método PCI..... 195

Figura 122: Determinación del Índice de Fisuración 197

Figura 123: Determinación del Índice de Deformación 197

Figura 124: Determinación del Índice de Deterioro Superficial 197

Figura 125: Determinación del Valor de Corrección 198

Figura 126: Rangos de Calificación VIZIR 198

Figura 127: Resultado Final de la UM-10..... 198

Figura 128: Determinación del Índice de deterioro Superficial “Is” 208

Figura 129: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo 214

Figura 130: Condición del Pavimento Flexible Tramo Facultad de Ciencias de la Salud UAC - Posta Médica de San Jerónimo – Método VIZIR 215

Figura 131: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner 216

Figura 132: Condición del Pavimento Flexible Tramo Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner – Método VIZIR 217

Figura 133: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil Subida 218

Figura 134: Condición del Pavimento Flexible Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida – Método VIZIR..... 219

Figura 135: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner - Bajada..... 220

Figura 136: Condición del Pavimento Flexible Tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner –Bajada – Método VIZIR 221

Figura 137: Valores de IRI y PSI en Tramo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC - Bajada 228

Figura 138: Valores de IRI y PSI en Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC a Paradero Grifo Mobil - Subida 229

Figura 139: Calificación PSI para los tres tramos Homogéneos, según la tabla 12 230



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

La ciudad del Cusco es una de las ciudades más importantes del Perú debido al continuo crecimiento poblacional y económico según el Banco Mundial, el cual influye directamente con el crecimiento del parque automotor.

Debido a la gran demanda de transporte, paso de los años y malos procesos constructivos, los pavimentos se han ido deteriorando y reflejando variedad de fallas en la carpeta de rodadura.

Actualmente las municipalidades de la ciudad del Cusco, no cuentan con ningún sistema de gestión de pavimentos que permita mejorar la condición, el deterioro superficial y la serviciabilidad en las vías pavimentadas a lo largo de su vida útil que para un pavimento flexible es de 10 a 15 años, el cual podría prevenir futuras fallas, si se le da un mantenimiento oportuno.

La presente investigación se desarrolló en la vía de pavimento flexible del tramo que inicia en el Paradero Grifo-Mobil y concluye en la sede de Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco ubicado en la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y Prolongación Av. Manco Capac, del distrito de San Jerónimo, de la provincia y región del Cusco, perteneciente a la Carretera Longitudinal de la Sierra en el sur del Perú (PE-3S), como se muestra en la figura 1:

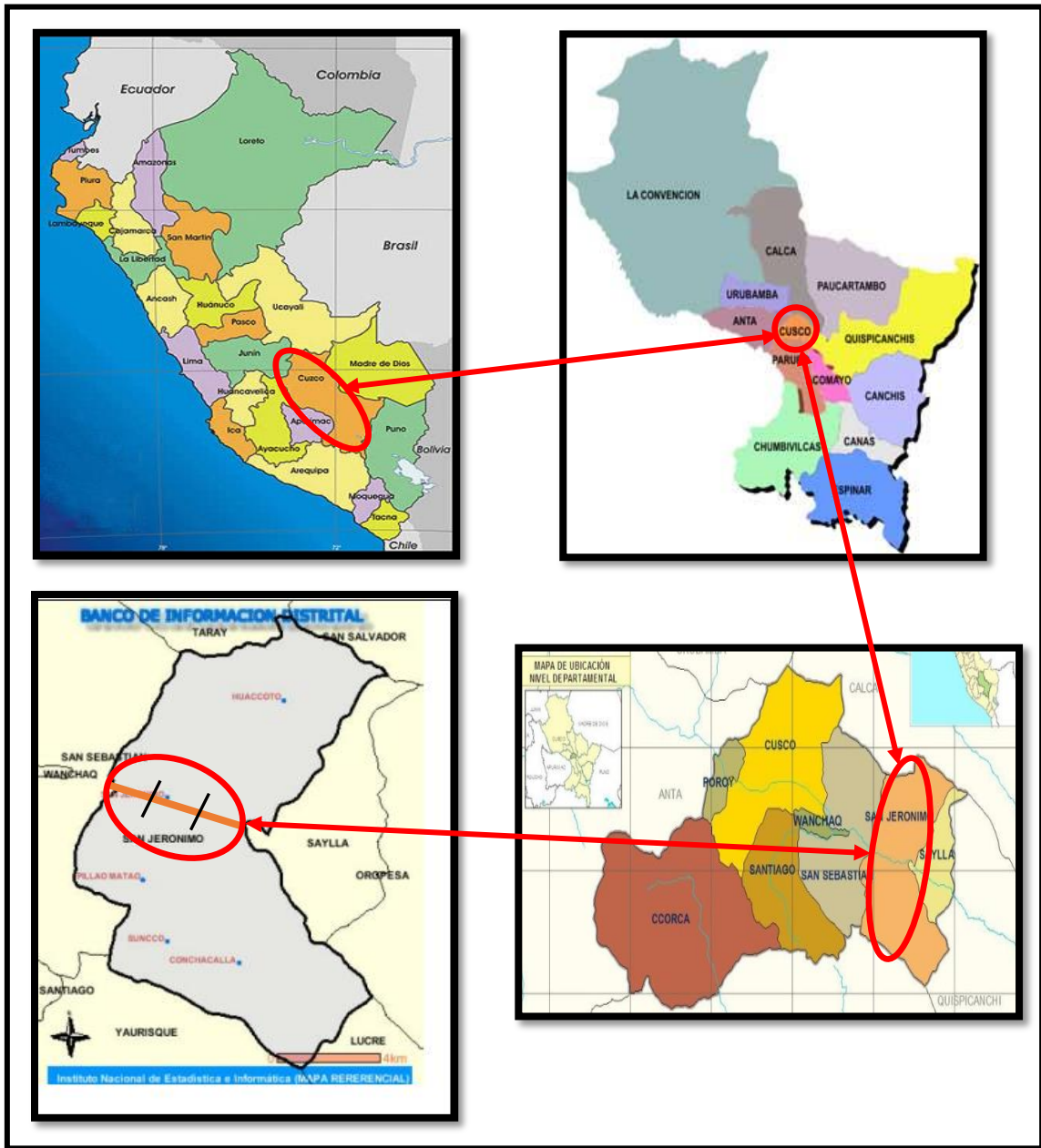


Figura 1: Localización y Macro localización, Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, Prolongación Av. Manco Capac.

Fuente: Adaptación INDECI.

Mediante una inspección visual del tramo en estudio, se pudo observar que presentaba múltiples fallas como, parches, abultamientos, ahuellamientos, piel de cocodrilo, grietas de borde, huecos, fisuras longitudinales y transversales; los cuales no brindan comodidad ni seguridad necesarios para el tránsito vehicular, mostrados a continuación en las figuras 2, 3 y 4:

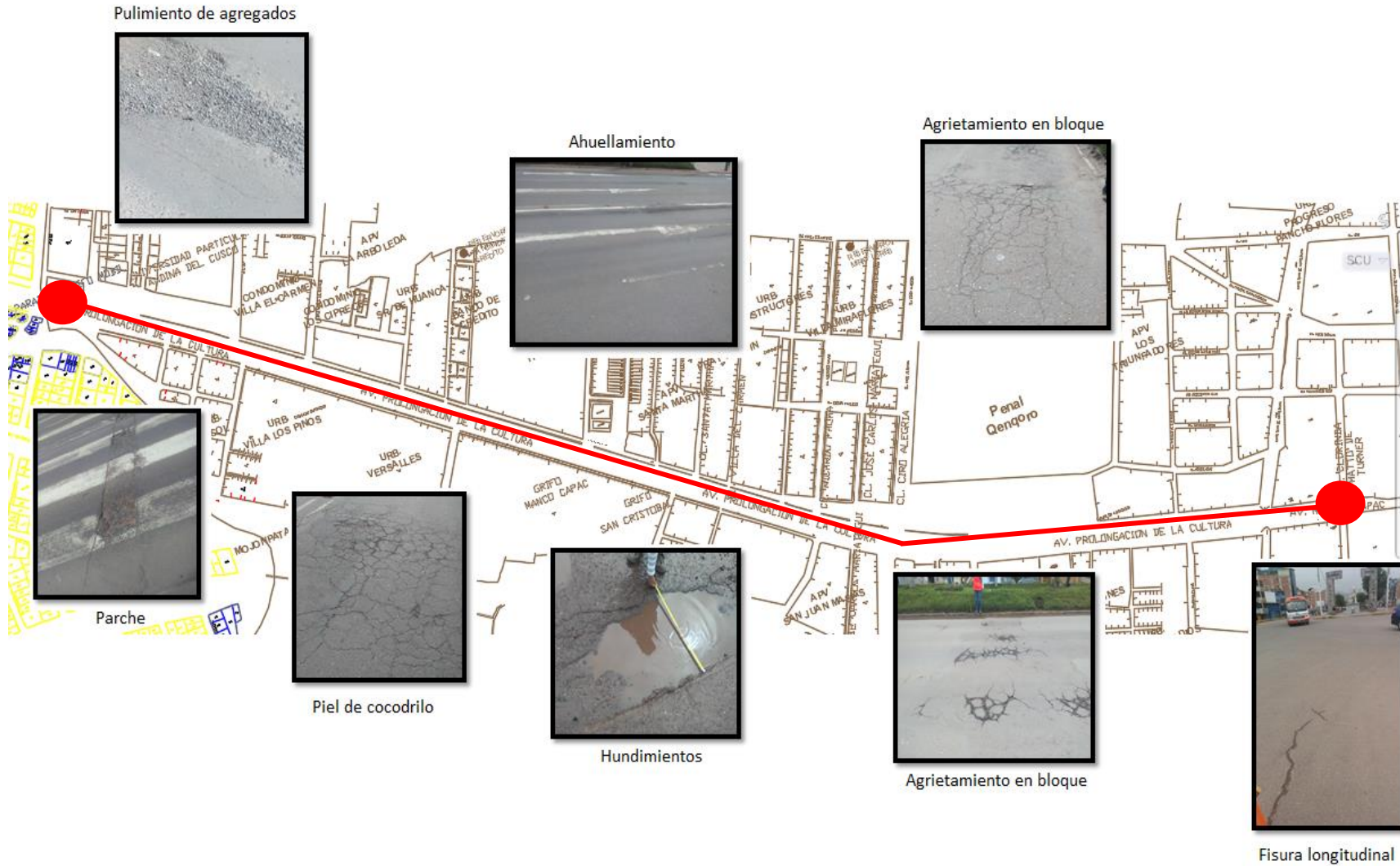


Figura 2: Ubicación de fallas predominantes Tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner

Fuente: Elaboración propia

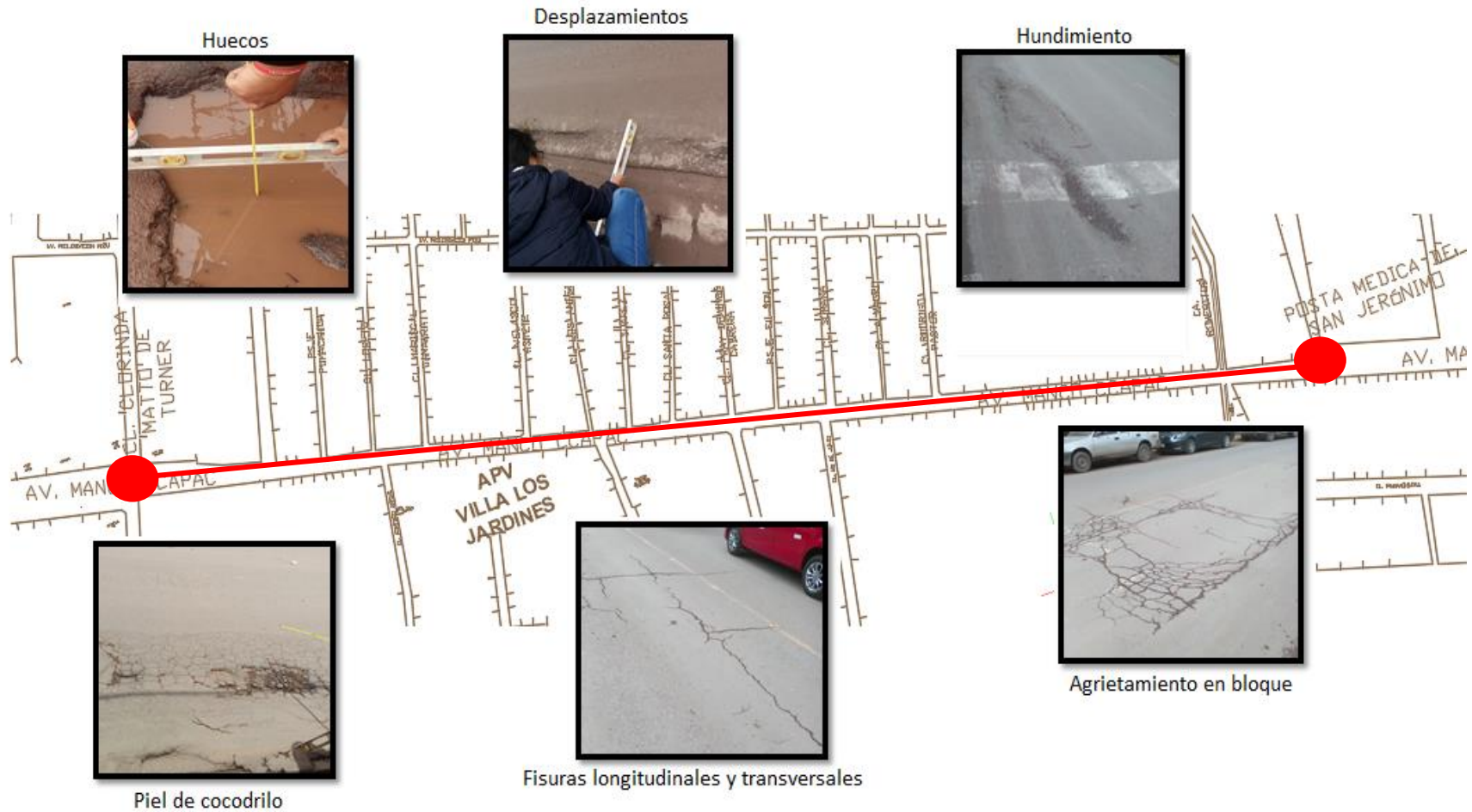


Figura 3: Ubicación de fallas predominantes Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo

Fuente: Elaboración propia

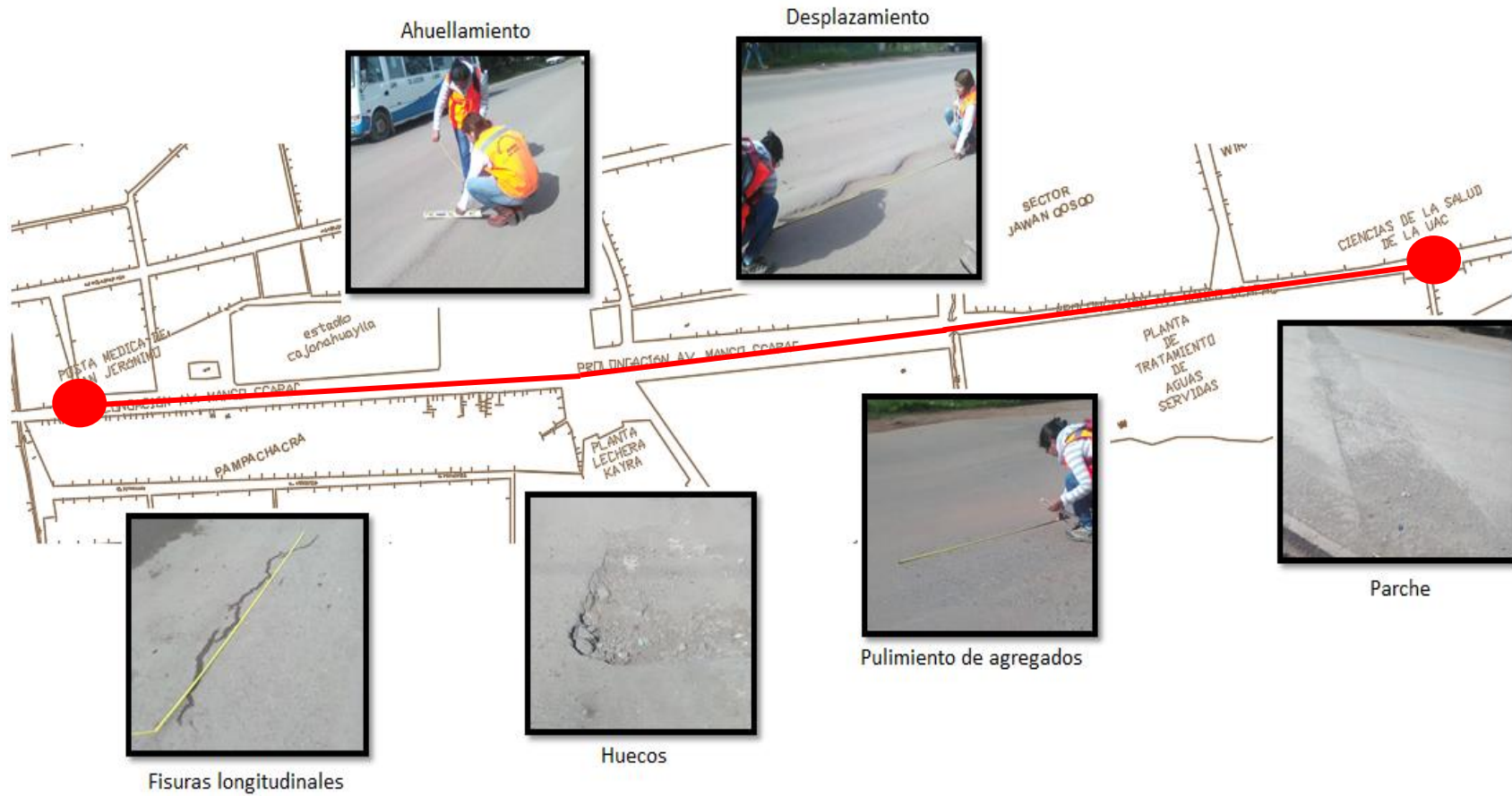


Figura 4: Ubicación de fallas predominantes Tramo Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco

Fuente: Elaboración propia

Se sabe que, por falta de mantenimiento oportuno, las condiciones en la que se encuentran gran parte de esta vía de pavimento flexible es muy deteriorada y con tendencia que apunta hacia un deterioro acelerado, lo que hace que la serviciabilidad tenga un nivel muy bajo que podría ocasionar mayores costos operacionales al usuario, solo ciertos tramos se encuentran en un estado bueno, pero no se puede asegurar que permanezcan en esa condición a menos que se adopten medidas de conservación adecuadas, de mantenimiento.

Después de una inspección visual de la vía se determinó los posibles tramos homogéneos en base a las fallas y su nivel de severidad, así como la longitud, la geometría de la vía tal como se puede observar en la tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1: Longitud de los tramos del Paradero Grifo Mobil–Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco.

TRAMOS	LONGITUD	UNIDAD
Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner	2210	m.
Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo	945	m.
Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco	1701	m.
Total del Tramo:	4856	m.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Descripción general del estado actual de los tramos.

TRAMOS	Ancho de calzada	N° de carriles	Ancho de carriles	Fallas Observables
Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner Bajada	12.00 m.	4	2.60 m.	Agrietamiento en bloque, fisuras longitudinales y transversales
			2.60 m.	
			3.40 m.	
			3.40 m.	
Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner Subida	12.00 m.	4	2.60 m.	Piel de cocodrilo, ahuellamiento, agrietamiento en bloque
			2.60 m.	
			3.40 m.	
			3.40 m.	
Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo Bajada	4.00 m.	1	4.00 m.	Piel de cocodrilo, baches, ahuellamiento
Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo Subida	4.00 m.	1	4.00 m.	Piel de cocodrilo, baches, ahuellamiento
Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco Bajada	4.50 m.	1	4.50 m.	Fisuras longitudinales y transversales, hundimientos
Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco Subida	4.50 m.	1	4.50 m.	Fisuras longitudinales y transversales, hundimientos

Fuente: Elaboración propia



1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General.

¿Cuáles son las estrategias de intervención para los tramos obtenidos de la evaluación del índice de condición de pavimento (PCI), índice de deterioro superficial (VIZIR) e índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) en el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

- **Problema específico N°1:** ¿Cuál es el índice de condición de pavimento (PCI) mediante la clasificación de la norma ASTM D6433 del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac?
- **Problema específico N°2:** ¿Cuál es el índice de deterioro superficial del pavimento que presenta el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, mediante el uso de la metodología VIZIR?
- **Problema específico N°3:** ¿Cuál es el índice de serviciabilidad (PSI) del pavimento flexible del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac usando el valor del IRI obtenido con rugosímetro de MERLÍN?



1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación Técnica

La presente investigación utilizó métodos de evaluación superficial del pavimento, que incluye el diagnóstico del pavimento en términos de: Condición superficial, Deterioro superficial y Serviciabilidad del pavimento.

La condición superficial se realizó en base al “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento” (ASTM D6433-03) o mejor conocido como “Pavement Condition Index” (PCI), el cual analizó el deterioro de la estructura de pavimento en función de la clase de daño, su severidad y cantidad fallas, mediante la introducción de “valores deducidos”, como un factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación sobre la condición del pavimento.

El deterioro superficial en base a el método “Visión Inspection de Zones et Itinéraires Á Risque” (VIZIR), el cual determinó el (IS) Índice de deterioro superficial el cual corresponde a un valor adimensional, que se calculó a partir de sectorizar los tramos de vía por áreas y analizar su estado.

Y la serviciabilidad del pavimento en base al método “Present Serviciability Index” (PSI) mediante el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) que se calculó a partir de la medición del perfil longitudinal de la superficie de un pavimento, medido con un rugosímetro de Merlín, que simuló la masa de un vehículo tipo, circulando por un tramo de vía a una velocidad determinada, para luego determinar el valor del PSI mediante la expresión establecida por Michael W.Sayers que correlaciona la base de datos del Ensayo Internacional de Rugosidad con el valor de PSI correspondiente al Documento técnico número 46, 1986 del Banco Mundial.

1.2.2. Justificación Social

En la medida que los resultados de la investigación, se socialicen, comuniquen y compartan, los primeros beneficiarios serán los alumnos de la Universidad Andina

del Cusco de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, como material de consulta e iniciativa para poder elaborar estudios similares, además sirve como base de datos inicial, para poder implementar un sistema de gestión de pavimentos para las instituciones competentes.

Así también se pueda dar ejecución de las estrategias planteadas en esta investigación, para usuarios que dirigen su destino hacia el sur del país o viceversa, o que utilizan esta ruta para abastecimiento de alimentos, materiales de construcción, uso de transporte público por la presencia de centros de estudio, centros de salud, centros recreacionales y centros comerciales, que mediante la propuesta de gestión e implementación de las mismas se minimizara los accidentes de tránsito y podrán transitar con mayor calidad y comodidad.

1.2.3. Justificación por Viabilidad

La investigación es viable porque se contó con todos los recursos para el logro de esta investigación como son disponibilidad de tiempo, recursos económicos, accesibilidad al tramo debido a la existencia de medios de transporte por ser una zona urbana, por otra parte también se contó con información bibliográfica, revistas, normas como ASTM D6433 y AASHTO 93, antecedentes pertinentes, materiales para medición (cinta métrica, vernier, regla metálica), equipos (Rugosímetro de Merlín), materiales de seguridad (conos de tráfico), Además se tiene los conocimientos para la aplicación de la metodología de índice de condición de pavimento (PCI), índice de deterioro superficial (VIZIR) e índice de serviciabilidad presente (PSI) que sirvió para proponer estrategias de intervención del pavimento flexible. Finalmente se cuenta con el apoyo de terceros, los cuales cuentan con instrucción técnica.

1.2.4. Justificación por Relevancia

Es importante porque proporcionará una herramienta de gestión para el mejoramiento de la vía pavimentada Tramo paradero Grifo Mobil–Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco, el cual implementada de manera oportuna optimizará costos en mantenimiento y reparación de la vía. Además,

podría servir de guía de implementación de mantenimiento en otras vías de pavimento flexible de la ciudad de Cusco porque podrían tener características similares con respecto a fallas, tránsito y así poder alcanzar un nivel de serviciabilidad óptimo.

1.3. Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitaciones del ámbito de estudio

- ✓ El estudio se limita a la evaluación de la superficie del pavimento flexible con la aplicación de las metodologías del Índice de Condición del Pavimento (PCI), índice de deterioro superficial (VIZIR), e Índice de Serviabilidad del Pavimento (PSI) a través del uso del equipo de Merlín.

- ✓ No se consideró aspectos de drenaje y señalización
- ✓ No se consideró la estimación de costos de mantenimiento o análisis de costos unitarios puesto que cuando se lleguen a ejecutar estos costos sean meramente estimativo por el paso del tiempo.
- ✓ Las propuestas de intervención planteada se limita a una intervención inmediata, puesto que para realizar una planificación la metodología propone efectuar modelos de predicción con datos recopilados en un período mínimo de 5 años de evaluación para las distintas metodologías, dejando abierta las consideraciones de las mismas.

1.3.2. Limitaciones geográficas

El estudio se limita a la evaluación de la superficie el pavimento flexible desde tramo Paradero Grifo Mobil en la prolongación Av. De la Cultura comenzando en la progresiva 0+00 km, hasta la facultad de Ciencias de la Salud de la UAC en la prolongación Manco Capac, concluyendo en la progresiva 04+856 km, del distrito de San Jerónimo – Cusco, tal como se puede observar en la figura 1 y figura 5.

Las características geométricas de la vía se detallan en la tabla 2 y cuyas coordenadas se encuentran en la tabla 3.



Figura 5: Tramo paradero Grifo Mobil– Facultad Ciencias de la Salud UAC

Fuente: Elaboración propia-Google Earth

Tabla 3: Coordenadas UTM del Tramo en estudio.

TRAMOS	ZONA	INICIO			FIN		
		ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner	19 L	13°32'10.05" E	71°54'27.45" S	3248 m	13°32'47.45" E	71°53'20.21" S	3228 m
Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo	19 L	13°32'47.45" E	71°53'20.21" S	3228 m	13°32'55.64" E	71°52'27.13" S	3211 m
Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco	19 L	13°32'55.64" E	71°52'27.13" S	3211 m	13°33'11.92" E	71°51'43.64" S	3194 m

Fuente: Elaboración Propia



1.3.3. Limitaciones de instrumentos y equipos

En la presente investigación se utilizó distintos métodos de evaluación, como es el caso del método PCI y VIZIR, los cuales fueron evaluados por métodos visuales teniendo como instrumentos, formatos de elaboración propia para el levantamiento de fallas.

Por otro lado, para el método PSI se halló en primer lugar el IRI de las vías con ayuda del equipo Rugosímetro de Merlín el cual determina la rugosidad del pavimento y se complementó con aforos vehiculares, cada uno con su respectivo formato.

1.3.4. Limitaciones de tiempo

La investigación se limitó a un estudio del estado actual de las vías en el intervalo de meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018.

1.3.5. Limitaciones de Normativa

Para esta investigación se empleó la normativa siguiente:

- (ASTM D6433-03) o mejor conocido como “Pavement Condition Index” (PCI), limitando la metodología de evaluación de fallas en el pavimento.

- Publicación del laboratorio central de puentes y carreteras de Francia para pavimento flexibles “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)” de “Visión Inspection de Zones et Itinéraires Á Risque” (VIZIR)

- Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-Mtc/14 para el Índice de serviciabilidad.

- Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Norma Técnica de Edificaciones de Pavimentos Urbanos (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos 2010 que desarrolla el Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, limitando el esquema que se desarrolló.



1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Proponer estrategias de intervención en el pavimento flexible en tramos del Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, y Prolongación Av. Manco Capac, a partir de los resultados obtenidos de la aplicación de las metodologías de índice de condición de pavimento (PCI), índice de deterioro superficial (VIZIR) e índice de serviciabilidad presente (PSI).

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ **Objetivo específico N°1:** Determinar el índice de condición de pavimento (PCI) según la clasificación de la norma ASTM D6433 para el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, y Prolongación Av. Manco Capac.
- ✓ **Objetivo específico N°2:** Calcular el índice de deterioro superficial del pavimento flexible en el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, y Prolongación Av. Manco Capac, según la Metodología (VIZIR) para conocer el estado de conservación del pavimento.
- ✓ **Objetivo específico N°3:** Determinar el índice de serviciabilidad del presente (PSI) en el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac, y Prolongación Av. Manco Capac, usando el valor del IRI obtenido con el rugosímetro de MERLÍN.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Título: “Determinación del Índice de Condición e Índice de Serviciabilidad del pavimento de la carretera nacional PE-28G, en el tramo Pisac-Calca – 2016”

Autores: Llerena Herrera, Yubitza Julia Esther
Torres Guzmán, Cinthia Vanessa

Institución: Universidad Andina del Cusco

Lugar: Cusco-Perú

Año: 2016

Resumen:

Esta tesis evaluó superficial, funcional y estructuralmente el estado del Pavimento Flexible del Tramo Pisac-Calca comprendido entre el Km 31+000 al km 47+000, con respecto al Índice de Condición del pavimento-PCI e Índice de Serviciabilidad Presente-PSI, el cual a su vez estaba en función a la Rugosidad del Pavimento; todo esto debido a que dicho tramo presentaba una carpeta asfáltica en estado de deterioro, con múltiples fallas las cuales aumentaban en cantidad y magnitud con el paso del tiempo. Con los resultados obtenidos, concluyeron que el pavimento estaba dentro de un rango de calificación Regular; lo cual significó que la calidad del pavimento del Tramo Pisac – Calca era adecuado para su transitabilidad en dicho periodo de tiempo.

Aporte:

Se tomó como antecedente debido a la utilidad para el cálculo del índice de condición del pavimento-PCI y el cálculo del índice de serviciabilidad presente-PSI, además se utilizó como guía algunas tablas y formulas presentes en dicha tesis, y recomendaciones de técnicas de mantenimiento como son el mejoramiento de bermas, sellado de grietas y parcheo.



Título: “Planteamiento de estrategias de rehabilitación del pavimento flexible aplicando la metodología VIZIR, para la optimización de recursos en la avenida 225 (Ventanilla - Lima)”

Autores: Sandra, Chávez Marcatoma
Eduardo Damian, Cusquisiban Ortiz

Institución: Universidad San Martín de Porres

Lugar: Lima-Perú

Año: 2017

Resumen:

Esta tesis implementó un modelo de gestión vial mediante la aplicación de la metodología VIZIR a través de una inspección visual de las diversas fallas sobre la superficie de rodadura del pavimento flexible de la avenida 225 ubicada en el asentamiento humano de la provincia del Callao, con el objetivo de optimizar recursos tales como tiempo y dinero.

Al finalizar la inspección se llegó a concluir que la avenida 225 presenta diversos tipos de fallas; como son ahuellamiento, depresiones o hundimientos longitudinales, depresiones o hundimientos transversales, fisuras longitudinales por fatiga, fisuras de piel de cocodrilo, predominando las fallas tipo funcional, esto debido a la existencia de deficiencias constructivas; asimismo, la falla con mayor porcentaje fue la pérdida de agregados y pérdida de la película de ligante, esto debido a derrame de agentes nocivos que perjudicaron la condición del pavimento.

Aporte:

Se tomó como antecedente para la adecuada aplicación de la metodología VIZIR debido a que en dicha tesis los pasos a seguirse están expresados de forma clara y exacta. Así también para el uso del inventario de fallas propuesto, el cual consta de las muestras inspeccionadas y el uso de una matriz de evaluación, útil para la inspección visual, y una propuesta de matriz de rehabilitación, para el planteamiento de estrategias.



Título: “Innovación del método VIZIR* en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito”

Autor: Ing. Edwin Wilder Apolinario Morales

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Lima-Perú

Año: 2012

Resumen:

En dicho estudio se aplicó la metodología VIZIR, para representar el nivel de degradación del pavimento flexible como resultado del proceso de deterioro en la superficie de pavimento de un tramo de la carretera Cañete-Chupaca.

Además, se hizo uso de otros métodos de evaluación como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), útiles porque se utilizaron para aplicar una herramienta de gestión que analizaba los datos como: defectos de la superficie, deformaciones, irregularidad longitudinal, capacidad estructural del pavimento, solicitudes de tráfico y adherencia entre la rueda y el pavimento, para luego plantear estrategias de conservación de los pavimentos como fue el caso de secciones con condiciones superficiales gravemente dañadas que recomendaron la reconstrucción completa de la sección y para condiciones de sección de regular gravedad que recomendaron la intervención para rehabilitar esa sección conforme al tipo de daño que presentaba.

Aporte:

Esta tesis es un antecedente, porque nos sirvió de guía para el seccionamiento de la vía en tramos homogéneos a través de los resultados numéricos que definen la condición del pavimento, así también se utilizó los modelos de los gráficos, que presentan el comportamiento variable de la medida a lo largo de la carretera.



2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

Título: “Desarrollo de Herramientas de Gestión con base en la determinación de índices red vial Nacional”

Autores: Roy Barrantes Jiménez
Denia Sibaja Obando
Diego Porras Alvarado

Institución: Universidad de Costa Rica

Lugar: Costa Rica

Año: 2008

Resumen:

En la Investigación que desarrollaron los alumnos Roy Barrantes, Denia Sibaja y Diego Porras de la universidad de Costa Rica utilizaron las técnicas de evaluación de pavimentos como el PCI, VIZIR e IRI, métodos que son utilizadas para recopilar y analizar información del pavimento; los datos obtenidos de las inspecciones visuales se usaron como parámetros importantes para calificar el servicio que se brinda a los usuarios.

Se determinaron tramos homogéneos a partir del valor promedio de IRI, y se calculó el valor que correspondía al PSI para cada tramo, el cual estaba en función a los rangos definidos por AASHTO. También se realizó la aplicación de la norma ASTM D6433, con su correspondiente catálogo de deterioros del método PCI y el cálculo de los valores de deducidos y corregidos para su clasificación en la escala de PCI, y por último se calculó “Q” definido por el método VIZIR para los tramos homogéneos y con los resultados de los tres métodos aplicados en esta investigación se propusieron estrategias de intervención para cada tramo.

Aporte:

La investigación mencionada anteriormente determinó los índices de Condición y serviciabilidad del pavimento flexible y propuso una herramienta de estrategias de Gestión para pavimentos flexibles la cual nos sirvió de guía para el análisis de



datos que se obtuvieron de aplicar las metodologías de índice de condición del pavimento (PCI), el índice de serviciabilidad del pavimento flexible (PSI), capacidad funcional (IRI) y volumen vehicular de los diferentes tramos y con esto se propuso estrategias de gestión de pavimentos para el tramo en estudio.

Título: “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+100 – PR 01+ 020 de la vía Al Llano (DG 78 BIS Sur – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa.”

Autores: Cristian Camilo Sierra Díaz
Andrés Felipe Rivas Quintero

Institución: Universidad Católica de Colombia

Lugar: Bogotá D.C.

Año: 2016

Resumen:

Esta investigación utilizó los métodos de inspección superficial VIZIR y PCI en la estructura del pavimento “tramo PR 00+100 – PR 01+020 de la vía Al Llano (DG 78 BIS Sur – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa”, con la finalidad de mejorar la calidad de la vía, considerando que estas metodologías en la actualidad ya se emplean en las principales vías de Colombia.

Se realizó una inspección visual de la vía en el kilómetro (PR 00+000) hasta el kilómetro (PR 01+020), la cual estaba en condiciones óptimas para la aplicación de las metodologías, brindaron información según los parámetros y criterios de las metodologías empleadas VIZIR (francés) y PCI (americano) donde a través de la comparación de estas metodologías se determinó el estado de la capa de rodadura asfáltica del tramo de vía estudiado, se obtuvo información con el cual se determinó las ventajas y desventajas de las metodologías aplicadas, también se encontraron las fórmulas, tablas y parámetros empleados para cada metodología y con esto se determinó el estado de la condición del pavimento del tramo de vía estudiado.

**Aporte:**

En esta investigación se aplicó dos metodologías de evaluación superficial como es el PCI y VIZIR las cuales según la investigación en Yomasa se determinó que la metodología VIZIR contempla fallas de tipo A y fallas de tipo B mientras que la metodología PCI contempla otras variedades de fallas, ya sean funcionales o estructurales. Además, ambas metodologías tienen aplicaciones y niveles de calificación diferentes.

Esta conclusión nos sirvió para poder identificar todas las fallas y daños existentes en el tramo de nuestra investigación porque está compuesta por tramos diferentes por su geometría, por su grado de deterioro superficial, por su tránsito vehicular y zona comercial.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes**2.2.1. Pavimentos**

Los pavimentos son una estructura que consiste en capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural con el fin de distribuir las cargas aplicadas por un vehículo a la subrasante. Asimismo, es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad de manejo aceptable, adecuada resistencia al deslizamiento, apropiados niveles de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido. (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015).

2.2.2. Clasificación de Pavimentos

En nuestro medio los pavimentos se clasifican generalmente en: Pavimentos Flexibles y Pavimentos Rígidos, adicionalmente existen otros tipos de pavimentos el cual describiremos de manera general y son: Pavimentos Semi – Rígidos o Semi-Flexibles y Pavimentos Articulado. Estos se diferencian por la estructura y las capas que las conforman, asimismo, como se transmiten los esfuerzos y deflexiones a las capas subsecuentes.

- **Pavimentos Flexibles:** Es aquel pavimento que su estructura total se deflecta, dependiendo de las cargas que transiten sobre él; está compuesta por capas granulares que son la subbase y base, y por una capa de rodadura constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos, 2014)

Este tipo de pavimento es más económico en su construcción inicial, pero a medida que pasa el tiempo requiere de un mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil la cual varía de 10 a 15 años. (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015).

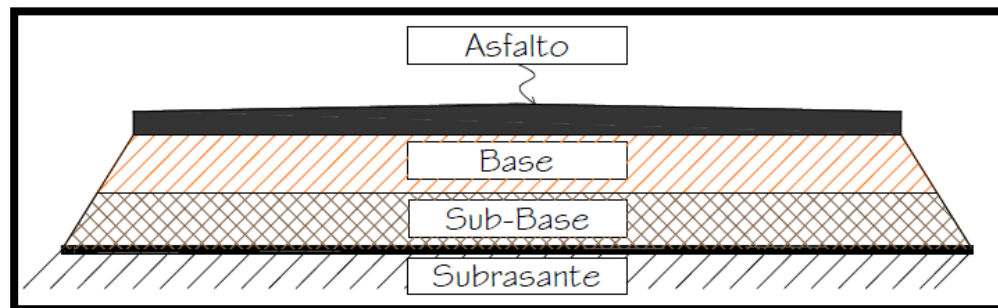


Figura 6 Sección típica transversal pavimento flexible

Fuente: (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015)

- **Pavimentos Rígidos:** Es aquel pavimento formado específicamente por una sección transversal de un pavimento rígido está compuesta por la losa de concreto, como aglomerante, agregados y de ser el caso, aditivos; con o sin acero que va sobre la sub-base y estas sobre la sub-rasante estabilizada con cemento, asfalto o cal. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos, 2014).

Este pavimento no permite que las deformaciones lleguen a las capas inferiores ya que transmite los esfuerzos directamente al suelo de forma mínima, es auto

resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. Sus costos iniciales en la construcción son elevados en comparación con los pavimentos flexibles, y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que se recomienda para este tipo de pavimento es mínimo, ya que comúnmente solo afecta a las juntas de las losas. (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015).

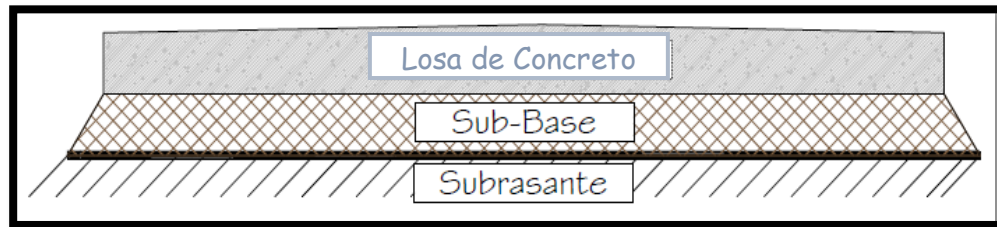


Figura 7 Sección típica transversal pavimento rígido

Fuente: (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015)

- **Pavimentos Semirrígidos:** Es aquel pavimento básicamente compuesto por tipos diferentes de pavimentos, es decir, pavimento rígido tratado con cemento o sobre base tratada con cal los cuales permiten que se obtenga la capacidad de soporte necesario sujetos a cargas pesadas como camiones; y pavimento flexible como son las capas asfálticas con un espesor total bituminoso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos, 2014)

Esta clase de pavimento contienen la misma estructura que los pavimentos flexibles, con la variación que se rigidiza artificialmente una de las capas con algún aditivo (cemento, asfalto, cal, emulsión o químicos) los cuales incrementan la capacidad portante del suelo. (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015)

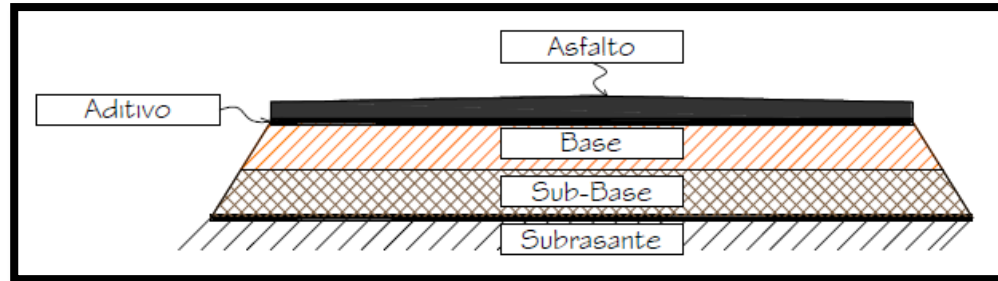


Figura 8 Sección típica transversal pavimento semi-rígido

Fuente: (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015)

- **Pavimentos Articulados:** Por último, tenemos a los pavimentos articulados, cuyas capas de rodadura se encuentra formada por elementos prefabricados de dimensiones pequeñas, que individualmente son muy rígidas, iguales entre sí y de un espesor uniforme; estos elementos se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez se encuentra sobre una capa granular o la subrasante (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015).

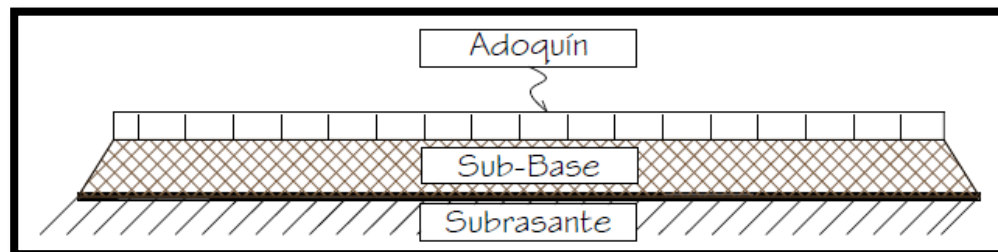


Figura 9 Sección típica transversal pavimento articulado

Fuente: (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015)

2.2.2.1. Estructura de Pavimentos Flexibles

Según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del 2014, las capas que conforman generalmente a los pavimentos flexibles son:

- **Capa de Rodadura:** Parte superior de un pavimento, que puede ser de concreto de cemento Portland (rígido), de tipo bituminoso (flexible) o de tipo

articulado con adoquines; tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos bajo cualquier condición climática, a velocidades operacionales deseadas.

- **Base:** Es la capa intermedia entre la subbase y la carpeta de rodadura que utiliza materiales granulares de excelente gradación ($\text{CBR} \geq 80\%$), tratada con asfalto, cal o cemento que a su vez es de mejor calidad y granulometría que la subbase; tiene como principal función sostener, distribuir y transmitir cargas ocasionadas por el tránsito.
- **Subbase:** Es la capa que está apoyada sobre la subrasante, de material granular, la cual soporta a la base y a la carpeta. Se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Su empleo mejorar la capacidad de soporte de suelo lo que implica reducir el espesor de carpeta de rodadura el cual dependiendo del diseño puede obviarse.
- **Sub rasante:** Es la capa más profunda de la estructura del pavimento que puede ser el mismo suelo natural debidamente compactado y perfilado si es que cumple con un CBR igual o mayor a 6%, o de material de préstamo, con procedimientos de estabilización mecánica, el reemplazo de suelo, estabilización química de suelo, estabilización con geo-sintéticos, entre otros, eligiendo la alternativa más conveniente en cuanto a lo técnico y económico.

2.2.3. Fallas en los Pavimentos

2.2.3.1. Origen de las Fallas

Dependiendo de su origen, las fallas pueden ser clasificadas como fallas funcionales (superficiales) o fallas estructurales.

- **Fallas Superficiales:** Las fallas superficiales tiene origen en el defecto que presenta la superficie de la capa asfáltica; las acciones de reparación se



direccionan al restablecimiento de la rugosidad o regularidad (comodidad), o, a la corrección de la fricción (seguridad), lo cual se logra con la colocación de capas asfálticas de bajo espesor que no llegan a modificar desde el punto de vista estructural. (Corros, 2009)

- **Fallas Estructurales:** Por otra parte, las fallas estructurales presentan deficiencias en una o más de las capas que conforman la estructura del pavimento, reduciendo la capacidad de carga de este, las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de tal manera que a nivel de sub-rasante o suelo de fundación los esfuerzos que lleguen sean menores y estén lo más distribuidos posibles. (Corros, 2009)

2.2.3.2. Causas del surgimiento de Fallas

Según el Manual de Evaluación de Pavimentos de Corros Bacca, 2009, se tiene que existen diversas causas que afectan la condición de la superficie de rodadura, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se hace mención a las siguientes:

1. Cuando concluye el período de diseño original y las acciones de rehabilitación mayor se ven ausentes durante el mismo periodo, provocando la falla prevista o esperada.
2. Cuando el tránsito incrementa con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
3. Cuando existen deficiencias en el proceso constructivo, ya sea en procesos como tal, o en la calidad de los materiales empleados.
4. Cuando el diseño es deficiente como, por ejemplo, en la valoración de las propiedades de los materiales empleados o errores en la estimación del tránsito.

5. Cuando no se contempla factores climáticos (lluvias extraordinarias).
6. Cuando las estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo es insuficiente.
7. Cuando el mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos es insuficiencia o ausente.

2.2.3.3. Tipos de Fallas

2.2.3.3.1. Fallas contempladas en la Metodología PCI

A continuación, en la tabla 4 se detallan los tipos de fallas, las cuales podrían clasificarse en fallas superficiales y estructurales. Entre las fallas consideradas en el método del PCI se tiene un total de diecinueve (19) fallas definidas en la Norma ASTM D6433-07 que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

Tabla 4: Fallas Definidas en la Norma ASTM D6433-07

Fallas Estructurales	Fallas Superficiales
1. Piel de Cocodrilo	9. Exudación
2. Agrietamiento en Bloque	10. Corrugación
3. Abultamientos y Hundimientos	11. Grieta de Borde
4. Depresión	12. Grieta de Reflexión de Junta
5. Huecos	13. Desnivel Carril/Berma
6. Ahuellamiento	14. Grietas Longitudinales y Transversales
7. Desplazamiento	15. Parcheo
8. Hinchamiento	16. Pulimiento de Agregados
	17. Cruce de Vía Férrea
	18. Grietas Parabólicas
	19. Desprendimiento de Agregados

Fuente: Adaptado de la Norma ASTM D6433-07

Fallas Estructurales

1. Piel de Cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en la parte inferior de la capa asfáltica donde los esfuerzos y las 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 la piel de cocodrilo. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento (Vásquez Varela, 2002).



Figura 10 Piel de cocodrilo

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- **Niveles de severidad:**

L: Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M: Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H: 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.

- **Medida:**

Se miden en 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.

2. Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). 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 daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de

muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa). (Vásquez Varela, 2002).



Figura 11 Agrietamiento en bloque

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- ***Niveles de severidad.***

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media.

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

- ***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.

3. Abultamientos y Hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento de losas de concreto de cemento Portland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación.
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (Vásquez Varela, 2002)



Figura 12 Abultamientos y hundimientos

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **Niveles de severidad:**

L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

- **Medida:**

Se miden en metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

4. Depresión

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. En el pavimento seco se pueden ubicar como manchas causadas por el agua almacenada. Son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 13 Depresión

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)



- **Niveles de severidad.**

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

- **Medida:**

Se mide en metros cuadrados del área afectada.

5. Huecos

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. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización. (Vásquez Varela, 2002).



Figura 14 Huecos

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **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 Tabla 2. 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.

Tabla 5: Profundidad de Huecos.

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

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

- **Medida**

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

6. 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. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 15 Ahuellamiento.

Fuente: (Conza Ccopa, 2016)

- ***Niveles de severidad:***

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

- **Medida:**

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento 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. (Vásquez Varela, 2002)

7. Desplazamiento

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. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 16 Desplazamiento.

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- **Niveles de severidad:**

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

- **Medida:**

Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

8. Hinchamiento

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.



Figura 17 Hinchamiento

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)



- **Nivel de severidad:**

L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

- **Medida:**

El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.

Fallas Funcionales

9. 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. La exudación es originada por exceso 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. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 18 Exudación

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- ***Niveles de severidad:***

L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

- ***Medida:***

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

• **10. Corrugación**

La corrugación 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 inestables. 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. (Vásquez Varela, 2002)

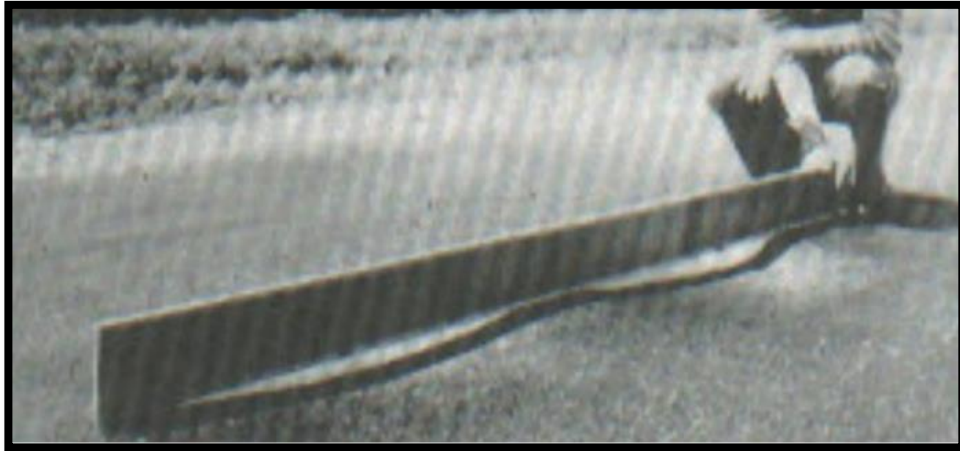


Figura 19 Corrugación.

Fuente: (Vásquez. L, 2002)

- ***Niveles de severidad***

L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

- ***Medida:***

Se mide en metros cuadrados de área afectada.

11. Grieta de Borde

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Esta falla 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. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse). (Vásquez Varela, 2002)



Figura 20 Grieta de borde.

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- ***Niveles de severidad:***

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

- ***Medida:***

La grieta de borde se mide en metros lineales.

12. Grieta de Reflexión de Junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el

movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, 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. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 21 Grieta de reflexión de junta.

Fuente: (Medina Palacios- De La Cruz Puma, 2015)

- **Niveles de Severidad:**

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

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 aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
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. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

13. Desnivel Carril/Berma

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 22 Desnivel carril/ berma.

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)



- **Niveles de severidad:**

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

- **Medida:**

El desnivel carril / berma se miden en metros lineales.

14. Grietas Longitudinales y Transversales

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 o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base.

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. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 23 Grietas longitudinales y transversales.

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **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 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

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 76.0 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. Cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado.

15. Parcheo

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. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 24 Parcheo

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **Niveles de Severidad:**

L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.



M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

- **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. (Vásquez Varela, 2002)

16. Pulimiento de Agregados

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. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 25 Pulimiento de agregados

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- ***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.

17. Cruce de Vía Férrea

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Vásquez Varela, 2002)



Figura 26 Cruce de vía férrea.

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **Niveles de severidad:**

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

- **Medida:**

El área del cruce se mide en metros cuadrados de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

18. Grietas Parabólicas

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna. 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.



Figura 27 Grietas parabólicas.

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **Nivel de severidad:**

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
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 38.0 mm.
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.

19. Desprendimiento de Agregados

La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado.

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.



Figura 28 Desprendimiento de agregados.

Fuente: (Leguía Loarte-Pacheco Risco, 2016)

- **Niveles de severidad**

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.



M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

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. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

- **Medida**

La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.

2.2.3.3.2. Fallas contempladas en la Metodología VIZIR

La metodología clasifica y cuantifica los deterioros de los pavimentos flexibles considerando dos categorías de deterioros: los deterioros del Tipo “A”, que se caracterizan por la condición estructural del pavimento y los deterioros del Tipo “B”, que son de tipo funcional, de los cuales detallaremos a continuación.

Tabla 6: Fallas definidas en la Metodología VIZIR

Tipo A	Tipo B
Fallas Estructurales	Fallas Funcionales
1. Ahuellamiento	7. Fisura longitudinal de junta de construcción
2. Depresiones o hundimientos longitudinales	8. Fisura transversal de junta de construcción.
3. Depresiones o hundimientos transversales	9. Fisura de contracción térmica
4. Fisura longitudinal por fatiga	10. Fisura Parabólica
5. Fisura piel de cocodrilo	11. Fisura de Borde
6. Bacheos y parcheos	12. Deformación
	13. Ojos de pescado
	14. Pérdida de película de ligante
	15. Pérdida de agregado
	16. Descascaramiento
	17. Pulimiento de agregado
	18. Exudación
	19. Afloramiento de mortero
	20. Afloramiento de agua
	21. Desintegración de bordes de pavimento
	22. Escalonamiento entre calzada y berma
	23. Erosión de las bermas
	24. Segregación

Fuente: Adaptado de Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017

Fallas Estructurales

1. Ahuellamiento (AH)

Depresión longitudinal continua en zonas localizadas, generalmente en la trayectoria de circulación de las llantas del vehículo, la cual puede generar levantamientos en las zonas adyacentes a lo largo de la depresión.

Las causas más probables de este tipo de deterioro son: cargas de tránsito superiores en magnitud y frecuencia a las utilizadas para el diseño de la estructura de pavimento; espesor de pavimento insuficiente; compactación o calidad deficiente de la base. (Chávez Marcatoma & Cusquisiban Ortíz, 2017)



Figura 29 Ahuellamiento (AH)

Fuente: (Ministerio de transportes, 2006)

- **Niveles de severidad:**

L: Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm.

M: Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos.
20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm.

H: Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Flecha > 40 mm.

- **Medida:**

Se miden en metros cuadrados m² de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

2. Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)

Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro está orientado longitudinal.

Este tipo de deterioro está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la subrasante; deficiencias en el

proceso constructivo como, por ejemplo, mala compactación; deficiente compactación en rellenos para estructuras hidráulicas y de servicios; deficiencia del drenaje subsuperficial. (Chávez Marcatoma & Cusquisiban Ortiz, 2017)



Figura: 30 Depresiones o hundimientos longitudinales (DL)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad.**

L: Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm.

M: Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos.
 $20 \text{ mm} \leq \text{Flecha} \leq 40 \text{ mm}$.

H: Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Flecha > 40 mm.

- **Medida:**

Se cuantifica el área afectada en m². (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

3. Depresiones o hundimientos transversales (DT)

Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro está orientado transversalmente.

Este tipo de deterioro está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la subrasante; deficiencias en el proceso constructivo como, por ejemplo, mala compactación; deficiente compactación en rellenos para estructuras hidráulicas y de servicios; deficiencia del drenaje subsuperficial. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura: 31 Depresiones o hundimientos transversales (DT)

Fuente: (Manual para inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de severidad.***

L: Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm.

M: Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos.
20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm.

H: Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Flecha > 40 mm.

- **Medida:**

Se cuantifica el área afectada en m². (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

4. Fisura longitudinal por fatiga (FLF)

Corresponden a fisuras predominantemente paralelas al eje de la vía y localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular (huellas del tránsito). El fisuramiento se inicia en la superficie de las capas asfálticas y evoluciona en sentido descendente.

Las causas más comunes de este tipo de deterioro son los altos esfuerzos horizontales de tensión producidos por las llantas de los vehículos pesados, así como una baja rigidez. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 32 Fisura longitudinal por fatiga (FLF)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad.**

Máxima profundidad de la depresión:

L: Fisuras finas en la banda de rodamiento

M: Fisuras abiertas y a menudo ramificadas

H: Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados

- **Medida:**

Se mide en metros. Es posible determinar el área afectada por este deterioro en metros cuadrados, multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia establecido en 0.6m, esta para fines de análisis del área total afectada. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

5. Fisura piel de cocodrilo (FPC)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas que se generan formando polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular. El fisuramiento se inicia en la parte inferior de las capas asfálticas donde los esfuerzos y las deformaciones de tensión producto de las cargas repetidas de tránsito, alcanzan su mayor magnitud.

La causa principal de estas fisuras es la fatiga de las capas asfálticas sometidas a repeticiones de cargas en un mismo sitio, superiores a las permisibles. Otra causa puede ser la insuficiencia estructural del pavimento. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 33 Fisura piel de cocodrilo (FPC)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).



- **Niveles de severidad**

L: Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (>500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.

M: Mallas más densas (<500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.

H: Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales

- **Medida**

Se reporta el área afectada en metros cuadrados m². Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad que se presente. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

6. Bacheos y parcheos (B)

Corresponde a áreas donde se ha realizado la remoción y reemplazo del pavimento, por materiales generalmente similares a los del pavimento original.

La intervención puede ser superficial sólo a nivel de la capa asfáltica mediante “parcheo”, o una intervención que involucre capas subyacentes mediante “bacheo”. Las causas pueden estar asociadas a deficiencias en el drenaje subterráneo produciendo retención de agua en estas áreas; deficiencias en el proceso constructivo (contaminación de materiales; mala compactación); así como deterioro progresivo y permanente, producto de una inadecuada intervención en parcheos y bacheos anteriores. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 34 Bacheos y parcheos (B)

Fuente: (Manual de inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Comportamiento totalmente satisfactorio de la reparación.

M: Comportamiento satisfactorio de la reparación.

H: Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

- **Medida:**

Se mide en metros cuadrados m². Para el reporte del daño es necesario anotar el área del parche y cuando este sea muy grande y no presente afectación en toda su longitud, se reporta además el área afectada en la parte del formato correspondiente al área de reparación; también debe anotarse en las aclaraciones el tipo de daños presentes en el parche si es que tuviera y en qué área está afectando. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

Fallas Funcionales

7. Fisura longitudinal de junta de construcción (FLJ)

Corresponde a fisuras en sentido longitudinal, coincidentes con juntas de construcción. Generalmente, la causa principal de este deterioro está asociada a un proceso constructivo deficiente de la junta longitudinal, el cual puede involucrar falta de ligante en las paredes de la junta, o deficiencia en la compactación de la mezcla asfáltica. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 35 Fisura longitudinal de junta de construcción (FLJ)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Fina y única.

M: Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento Fina ramificada.

H: Ancha con desprendimientos o ramificada.

- **Medida:**

Se miden en metros m. Es posible determinar el área de afectación por el deterioro en metros cuadrados m². Multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia para hallar el área total afectada. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

8. Fisura transversal de junta de construcción. (FTJ)

Corresponde a fisuras en sentido transversal, coincidentes con juntas de construcción. Generalmente, la causa principal de este deterioro está asociada a un proceso constructivo deficiente de la junta transversal, el cual puede involucrar falta de ligante en las paredes de la junta, o deficiencia en la compactación de la mezcla asfáltica. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 36 Fisura transversal de junta de construcción (FTJ)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Fina y única.

M: Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento Fina ramificada.

H: Ancha con desprendimientos o ramificada.

- **Medida:**

Se miden en metros m. Es posible determinar el área de afectación por el deterioro en metros cuadrados m². Multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia para hallar el área total afectada. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

9. Fisura de contracción térmica (FCT)

Esta forma de deterioro involucra diversos tipos de fisuras, principalmente de tipo transversal, y en bloque, que aparecen en diversas áreas de la superficie del pavimento.

Se diferencian de otros deterioros, como FLF y FPC, porque se presentan en zonas donde no hay repeticiones permanentes de carga, aun cuando es evidente que éstas pueden aumentar su nivel de deterioro a causa de la contracción térmica de las capas asfálticas, debido a los ciclos diarios de temperatura, así también por el uso de un tipo de asfalto inadecuado para las características climáticas de la zona. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 37 Fisura de contracción térmica (FCT)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).



- **Niveles de severidad:**

L: Fisuras finas

M: Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas.

H: Ancha con desprendimientos

- **Medida:**

Se miden en metros m. Es posible determinar el área de afectación por el deterioro en metros cuadrados m². Multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia para hallar el área total afectada. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

10. Fisura Parabólica (FP)

Fisuras en forma de parábola, que se presentan por el frenado, giro o circulación a muy baja velocidad de cargas pesadas que hacen deslizar y deformar la capa superior del pavimento.

Este deterioro se presenta generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad y, en algunos casos, en sectores donde no hay adecuada liga (adherencia) entre las capas asfálticas y las capas subyacentes de la estructura.

Este deterioro se evidencia más en zonas donde el pavimento experimenta elevados esfuerzos tangenciales (curvas) y en tramos de alta pendiente longitudinal, así como en zonas de frenado y aceleración de los vehículos. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 38 Fisura Parabólica (FP)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de severidad***

L: Fisuras finas

M: Anchas sin desprendimientos

H: Ancha con desprendimientos

- ***Medida:***

Se debe registrar el área que abarca la parábola en metros cuadrados m², correspondiente a la longitud de la vía afectada multiplicada por el ancho de afectación de la fisura, asignando el grado de severidad correspondiente. Si en la zona también se presenta un hundimiento es necesario reportar su flecha máxima. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

11. Fisura de Borde (FB)

Este tipo de fisuras generalmente son continuas y con tendencia longitudinal, que se localizan paralelas y cerca al borde externo del pavimento.

Sus causas pueden ser variadas. Una de las principales es la ausencia de berma o bordillo, lo cual se traduce en falta de confinamiento lateral de la estructura. Otras causas son: deficiencias en la compactación en el borde del pavimento; aplicación de cargas muy cerca del borde del pavimento; abertura de una junta de ampliación de calzada y cambios volumétricos del suelo de subrasante por modificación estacional de la humedad. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura: 39 Fisura de Borde (FB)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Fisuras finas

M: Anchas sin desprendimientos

H: Ancha con desprendimientos

- **Medida:**

Se miden en metros m. Es posible determinar el área de afectación por el deterioro en metros cuadrados m². Multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia para hallar el área total afectada. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

12. Abultamientos o desplazamientos (DM)

Ondulaciones transversales sucesivas de la mezcla asfáltica, o ahuellamiento que se produce exclusivamente en las capas asfálticas.

Este tipo de deterioro se origina por la deficiencia de estabilidad de la mezcla asfáltica, por el uso de agregados redondeados, por una dosificación de asfalto en exceso o por el empleo de asfaltos blandos. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura:40 Abultamientos o desplazamientos (DM)

Fuente: (Manual de inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de Severidad:***

L: $F < 20$ mm

M: $20 \text{ mm} \leq F \leq 40$ mm

H: $F > 40$ mm

- ***Medida:***

El abultamiento se mide en metros cuadrados m². De área afectada (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

13. Ojos de pescado (O)

Cavidades de forma aproximadamente redondeada, las cuales resultan del desprendimiento ocasionado por el tránsito, de trozos de carpeta afectados por el fisuramiento tipo “piel de cocodrilo”, por depresiones o desintegraciones localizadas de la mezcla asfáltica. Su origen puede estar asociado al avance de otro tipo de deterioros, como las fisuras tipo piel de cocodrilo. También, se pueden producir por espesores insuficientes de las capas asfálticas, así como por retención de agua en áreas fisuradas y/o deformadas. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 41 Ojos de pescado (O)

Fuente: (Manual de inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de severidad:***

L: < 5

M: 5 a 10

H: > 10

- ***Medida:***

Se miden en metros cuadrados m² de área afectada, registrando la mayor severidad. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

14. Pérdida de película de ligante (PL)

Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de la película de ligante bituminoso que envuelve los agregados pétreos, el cual evoluciona con la acción del tránsito y de los agentes climáticos.

La causa principal de este deterioro es la hidrofilia de los agregados. Otras causas pueden estar asociadas con la calidad del asfalto, así como con la contaminación de los agregados (sucios) y los efectos de agentes agresivos (agua y solventes, entre otros). (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 42 Pérdida de película de ligante (PL)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de Severidad:***

L: Pérdidas aisladas

M: Pérdidas continuas

H: Pérdidas generalizadas y muy marcadas

- **Medida:**

Este tipo de daños es medido en metros cuadrados m² de acuerdo a la severidad. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

15. Pérdida de agregado (PA)

Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de los agregados pétreos, desintegrando la capa de rodadura. Este tipo de deterioro es común y casi exclusivo que se presente en los tratamientos superficiales, debido a deficiencias en el proceso de constructivo. (Chávez Marcatoma-Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 43 Pérdida de agregado (PA)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de Severidad:**

L: Pérdidas aisladas

M: Perdidas continuas

H: Pérdidas generalizadas y muy marcadas

- **Medida:**

Se registra el área afectada de acuerdo con la severidad predominante, en metros cuadrados m². (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

16. Descascaramiento (D)

Corresponde a la pérdida de fragmentos de la capa asfáltica superior, sin llegar a afectar las capas subyacentes. Las causas principales de este deterioro están asociadas a la deficiente adherencia entre la capa asfáltica y la capa subyacente, así como a un espesor insuficiente de la capa de rodadura. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 44 Descascaramiento (D)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Prof. (mm) \leq 25

Área (m²) \leq 0.8

M: Prof. (mm) =25

Área (m²) =0.8

H: Prof. (mm) > 25

Área (m²) > 0.8

- **Medida:**

Se registra el área afectada de la severidad predominante, en metros cuadrados m². (Manual para la inspección visual de pavimentos, 2006)

17. Pulimiento de agregado (PU)

Este deterioro se evidencia por la presencia de agregados expuestos con caras pulimentadas en la superficie del pavimento, generando superficies lisas que pueden afectar la resistencia al deslizamiento.

Este deterioro está relacionado íntimamente con la seguridad vial frente a accidentes de tránsito, por la deficiencia de adherencia que se suscita en el contacto entre el neumático y el pavimento.

La causa de este deterioro es la utilización de agregados pétreos de alta susceptibilidad al pulimento en condiciones de servicio, tal el caso de los agregados calizos. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 45 Pulimiento de agregado (PU)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

No se definen niveles de gravedad.

- **Medida:**

Se mide en metros cuadrados m² y no tiene ningún grado de severidad asociado. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

18. Exudación (EX)

Corresponde a la presencia de una película de asfalto libre en la superficie del pavimento, la cual presenta un aspecto brillante y pegajoso que, bajo condición de superficie húmeda, produce importantes pérdidas de fricción.

La exudación se debe principalmente a defectos en la manufactura de la mezcla, asociados a una cantidad excesiva de asfalto o un contenido muy bajo de vacíos con aire. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 46 Exudación (EX)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Nivel de severidad:**

L: Puntual

M: Continua sobre la banda de rodamiento

H: Continua y marcada

- **Medida:**

Este tipo de daños se mide en metros cuadrados m², de acuerdo a la severidad. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

19. Afloramiento de mortero (AM)

Corresponde al afloramiento de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie del borde de las fisuras indica la existencia de este fenómeno.

La ausencia o un inadecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa Principal de este tipo de deterioro, el cual se presenta en zonas fisuradas no tratadas a tiempo por donde se registra la expulsión, hacia la superficie, de agua mezclada junto con material fino de la base. (Chávez Marcatoma-Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 47 Afloramiento de mortero (AM)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad**

L: Localizados y apenas perceptibles

M: Intensos

H: Muy intensos

- **Medida**

Este tipo de daño se cuantifica en longitud afectada m. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

20. Afloramiento de agua (AA)

Se manifiesta por la presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia.

El afloramiento se presenta por las fisuras y por las áreas segregadas del pavimento. La carencia de un adecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro. (Chávez Marcatoma-Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 48 Afloramiento de agua (AA)

Fuente: (Manual de inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad**

L: Localizados y apenas perceptibles

M: Intensos

H: Muy intensos

- **Medida:**

Se mide en metros m. cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño, por ejemplo, fisura o piel de cocodrilo, se reporta el daño y en las aclaraciones se escriben que posee afloramiento de agua. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

21. Desintegración de los bordes de pavimento (DB)

Este deterioro se presenta cuando las bermas no son revestidas y los vehículos se estacionan frecuentemente en ellas o circulan muy cerca del borde de la calzada. La principal causa de este deterioro está asociada con el tránsito repetido de vehículos por los bordes del pavimento. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 49 Desintegración de los bordes de pavimento (DB)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).



- **Niveles de severidad:**

L: Inicio de la desintegración.

M: La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.

H: Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico.

- **Medida:**

Se registra el área afectada de acuerdo con la severidad predominante, en metros cuadrados m². (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

22. Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)

Corresponde al desnivel que presentan las bermas con respecto a la superficie del pavimento (rasante). El desnivel se puede presentar debido a la consolidación de las capas que conforman la estructura de la berma. Otra causa puede estar asociada con el arrastre de material que genera la circulación de vehículos sobre bermas no revestidas.

En muchos casos, el escalonamiento se puede deber, simplemente, al hecho de que la construcción se realizó dejando una diferencia de nivel entre la calzada y la berma. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 50 Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- ***Niveles de Severidad:***

L: Desnivel de 10 a 50 mm

M: Desnivel entre 50 y 100 mm

H: Desnivel superior a 100 mm

- ***Medida:***

Se miden en metros cuadrados m² de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

23. Erosión de las bermas (EB)

Corresponde a la destrucción de bermas revestidas y no revestidas. La causa de este deterioro es un inadecuado sistema de drenaje superficial. (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 51 Erosión de las bermas (EB)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de severidad:**

L: Erosión incipiente

M: Erosión pronunciada

H: La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y seguridad de los usuarios

- **Medida:**

Este tipo de daños se cuantifica en longitud afectada m. (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

24. Segregación (S)

La segregación granulométrica en una mezcla asfáltica se puede definir como la distribución no uniforme de los agregados finos y gruesos, la cual da lugar a una falta de homogeneidad en las propiedades y características de la mezcla, de tal magnitud que provoca un acortamiento sensible de la durabilidad de las mezclas bituminosas.

Este tipo de deterioro está asociado con problemas de producción de la mezcla asfáltica y/o deficiencias en la construcción (carga, transporte, o compactación). (Chávez Marcatoma- Cusquisiban Ortiz, 2017).



Figura 52 Segregación (S)

Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2008).

- **Niveles de Severidad:**

L: Segregaciones aisladas

M: Segregaciones continuas

H: Segregaciones generalizadas y muy marcadas

- **Medida:**

Se registra el área afectada de acuerdo con la severidad predominante, en metros cuadrados m². (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006). (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006)

2.2.4. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Este método fue elaborado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (CERL/U.S.Army). Inicialmente fue desarrollado para aplicarse en pavimentos de Aeropuertos y posteriormente fue ampliado su rango de aplicación en autopistas, carreteras y estacionamientos. Este método incluye la evaluación de pavimentos asfálticos y pavimentos rígidos con cemento Pórtland (simples y armados), sin embargo, en este trabajo solo se analizará su aplicación en pavimentos flexibles. (Barrantes Jimenez, 2011)

2.2.4.1. Definición

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema. (Sierra Diaz & Rivas Quintero, 2016).

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. (Sierra Diaz & Rivas Quintero, 2016).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presente, el PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una

apreciación clara del porqué del daño y la relación con las cargas (Sierra Diaz & Rivas Quintero, 2016).

Índice de condición del pavimento (PCI): Es un valor numérico que representa la condición del pavimento. Y este valor varía desde cero (0), para un pavimento “fallado” o en mal estado, hasta un valor de cien (100) para un pavimento “Excelente” o en perfecto estado. Cada rango de valor del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Descripción de la condición del pavimento. Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, en función del valor de PCI que varía desde un valor de PCI = 0, que le corresponde una descripción de “fallado” hasta un valor de PCI = 100, al cual le corresponde una descripción de “excelente”, como se aprecia en la Tabla siguiente.

Tabla 7: Rangos de Calificación del PCI

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

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 8: Alternativas de intervención para pavimentos flexibles según tipo de falla contemplada en el método PCI

TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
1. PIEL DE COCODRILO	B	No se hace nada, sello superficial. Sobre carpeta
	M	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth), Sobre carpeta. Reconstrucción
	A	Parqueo parcial o Full Depth. Sobre carpeta y Reconstrucción
2. EXUDACIÓN	B	No se hace nada.
	M	Se aplica arena / agregados y cilindrado.
	A	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	B	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.00 mm . Riego de sello.
	M	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.
	A	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	B	No se hace nada.
	M	Reciclado en frío. Parqueo profundo o parcial.
	A	Reciclado (fresado) en frío. Parqueo profundo o parcial. Sobre carpeta
5. CORRUGACIÓN	B	No se hace nada.
	M	Reconstrucción.
	A	Reconstrucción.
6. DEPRESIÓN	B	No se hace nada.
	M	Parqueo superficial, parcial o profundo.
	A	Parqueo superficial, parcial o profundo.
7. GRIETA DE BORDE	B	Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.
	M	Sellado de grietas. Parqueo parcial - profundo.
	A	Parqueo parcial – profundo.
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	B	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.
	M	Sellado de grietas. Parqueo de profundidad parcial.
	A	Parqueo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA	B	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
	M	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
	A	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	B	Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.
	M	Sellado de grietas.
	A	Sellado de grietas. Parqueo parcial.

Continua...



11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS	B	No se hace nada.
	M	No se hace nada. Sustitución del parche
	A	Sustitución del parche.
12. PULIMENTO DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Fresado y sobre carpeta.
	M	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Fresado y sobre carpeta.
	A	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Fresado y sobre carpeta.
13. HUECOS	B	No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.
	M	Parcheo parcial o profundo.
	A	Parcheo profundo.
14. CRUCE DE VÍA FÉRREA	B	No se hace nada.
	M	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce
	A	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce
15. AHUELLAMIENTO	B	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.
	M	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
	A	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
16. DESPLAZAMIENTO	B	No se hace nada. Fresado.
	M	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
	A	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE)	B	No se hace nada. Parcheo parcial
	M	Parcheo parcial.
	A	Parcheo parcial.
18. HINCHAMIENTO	B	No se hace nada.
	M	No se hace nada. Reconstrucción.
	A	Reconstrucción.
19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.
	M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobre carpeta.
	A	Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Reciclaje. Reconstrucción
	Nota.	Para los niveles M y A, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

Fuente: Adaptado (Varela, 2002)

2.2.4.2. Objetivos del PCI

Los objetivos de la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- Determinar la condición o el estado en que se encuentra el pavimento en función de su integridad estructural, funcional, y nivel de servicio que ofrece al usuario. Cuantifica y califica la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento porque no se realizan mediciones que permiten cuantificar directamente esta integridad. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- Para hablar de integridad estructural, se refiere a la capacidad que tiene la estructura del pavimento de soportar las cargas de tránsito o condiciones ambientales. Por otro lado, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- Obtener un indicador cualitativo que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera seleccionar la técnica de reparación más adecuada para el estado del pavimento en estudio. (Rodríguez Velasquez, 2009).

2.2.4.3. Terminología

A continuación, se definen los principales términos utilizados en el método, que son de mucha importancia para poder comprender y aplicar de manera correcta el método. (Rodríguez Velasquez, 2009).

- **Red de pavimento.** Conjunto de pavimentos que son administrados por una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, una avenida, es una red de pavimento. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- **Tramo de pavimento.** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado. (Rodríguez Velasquez, 2009).



- **Sección de pavimento.** Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- **Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m². (Rodríguez Velasquez, 2009).
- **Muestra al azar.** Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- **Muestra adicional.** Es una unidad de muestra no representativa adicional a las unidades de muestra seleccionadas al azar, con el fin de incluir unidades de muestra en la determinación de la condición del pavimento. (Rodríguez Velasquez, 2009).

También se deben considerar como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos). (Rodríguez Velasquez, 2009).

Si una unidad de muestra contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta será considerada como unidad de muestra adicional y se debe escoger otra unidad de muestra al azar. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales. (Rodríguez Velasquez, 2009).



2.2.5. Método VIZIR

El método VIZIR fue desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Francia a partir de 1972 y tiene como propósito la evaluación de pavimentos flexibles con revestimientos de concreto bituminoso. (Barrantes Jimenez, 2011).

2.2.5.1. Definición

Es un sistema de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B, cuya identificación y niveles de gravedad se presentan en la tabla 9 y tabla 10. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

Las degradaciones del Tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

La metodología VIZIR plantea dos índices para calificar el deterioro superficial de un pavimento: el índice de fisuración (If), referido a los agrietamientos de tipo estructural, y el índice de deformación (Id), referido a los deterioros o deformaciones de tipo estructural, ellos permiten determinar, de acuerdo con las características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible

hallar un índice de deterioro superficial (I_s). (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

- **Índice de Figuración (I_f):**

El cálculo del índice de fisuración, el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada. Es decir, se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo A, que tengan relación con la fisuración del pavimento, es por eso que se hace la cuantificación del área dañada por este tipo de fallas. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

- **Índice de Deformación (I_d):**

El índice de deformación, el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural. Es decir, se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del Tipo A, que impliquen deformación del pavimento. Es decir: Ahuellamientos, Hundimientos o depresiones longitudinales y transversales. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

- **Índice de Deterioro Superficial (I_s)**

Se define de manera numérica la condición general de la superficie de pavimento y suministra pautas para la elección de alternativas de intervención. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

La combinación del I_f e I_d , permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad y extensión de daños. La primera nota de degradación, debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura de pavimento que se hayan encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección, puede generar un incremento del I_s . (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

2.2.5.2. Clasificación y Cuantificación de Fallas

Los daños del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella está ligada a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante o simplemente a las capas asfálticas. Se trata de daños debido a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia, deflexiones) Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

Los daños del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los daños del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los ojos de pescado, los desprendimientos y los afloramientos. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)




Los daños se presentan en el esquema itinerario por medio de rectángulos cuyo fondo (blanco, gris o negro) indica el nivel de gravedad, en tanto que los lados de ellos determinan el comienzo y el fin de cada una de las zonas en las cuales se divide el proyecto para este tipo de evaluación. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

En el caso de carreteras de doble calzada, se efectuarán evaluaciones independientes para cada calzada. En el interior del rectángulo se coloca un número que expresa la extensión que ocupa el daño dentro de la zona evaluada, la extensión corresponde al porcentaje de la longitud de la zona evaluada que se encuentra afectada por el daño respectivo. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

2.2.5.3. Daños de Importancia no Contemplados por el Sistema


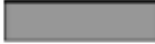

El método VIZIR no considera, algunas fallas del pavimento, porque no están ligadas directamente a su comportamiento y de la subrasante. Como el caso de los agrietamientos longitudinales presentes en taludes, causados por inestabilidad de estos; los agrietamientos, ya sea con levantamientos de la calzada o no provocada por un movimiento rotacional; las deformaciones y agrietamientos excesivos de terraplenes con exageradas características expansivas y contráctiles: las deformaciones y agrietamientos generados por inestabilidades locales y regionales. (Laboratoire Central de Ponts et Chaussés, 1991)

Tabla 9: Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Tabla 10: Niveles de Gravedad de los Fallas del Tipo B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1	2		3		
						
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única	<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm ó más) sin desprendimiento o Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada		
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos		
Grietas parabólicas	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos		
Grietas de borde	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos		
Abultamientos	F < 20 mm	20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm		
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de película de ligante Pérdida de agregados 	Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas		
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Area (m2)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual	Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada		
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> de mortero de agua 	Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos		
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico		
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm		
Erosión de las bermas	Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios		

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Tabla 11: Rangos de Calificación de VIZIR

Rangos de clasificación VIZIR	
Rango	Clasificación
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)



a) Valores del “Is” de 1 y 2.- Representan pavimentos con limitados fisuramientos y deformaciones, que presentan un buen aspecto general y que, probablemente, no requieran en el momento más que acciones de mantenimiento rutinario. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

b) Valores del “Is” 3 y 4.- Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos, pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

c) Valores del “Is” 5, 6 y 7.- Son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial posiblemente exija la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación. (Apolinario Morales & Gutierrez Lazares, 2012).

2.2.6. Índice de Serviciabilidad (PSI)

2.2.6.1. Definición

El índice de serviciabilidad (PSI) indica la condición de serviciabilidad de un pavimento en función de la seguridad y confortabilidad que brinda a los usuarios en un tiempo determinado. Es un indicador que califica el estado superficial de un pavimento en una escala de valoración que va desde 0 (para un pavimento muy pobre) hasta 5 (para un pavimento perfecto). (Barrantes Jimenez, 2011).

Este parámetro permite definir las prioridades para desarrollar programas de mantenimiento. Por esta razón fue incluido por la American Association of State Highway and Transporting Officials (AASHTO) en los procedimientos de diseños nuevos y rehabilitación de pavimentos. Generalmente, para el diseño de pavimentos nuevos se adopta un PSI inicial de 4.5 (para pavimentos rígidos) y

un PSI final de 2.0. Según presenta la escala de valoración del PSI. (Barrantes Jimenez, 2011).

2.2.6.2. Escala de Calificación de la Serviciabilidad

Tabla 12: Escala de Calificación de la Serviciabilidad

Calificación		Descripción
Numérica	Cualitativa	
5.0 - 4.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 - 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría proporcionan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial como desprendimiento leve de material en los bordes de la losa y fisuras menores.
3.0 - 2.0	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para las velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamientos. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y bombeo
2.0 - 1.0	Mala	Los pavimentos se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden presentar grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamiento y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye pérdida de material en las juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los cambios se pueden pasar a velocidades reducidas y considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: (AASHTO, 1962)

2.2.7. Índice de Rugosidad (IRI)

2.2.7.1. Definición

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicaran las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición superficial de

un camino solo en forma subjetiva. (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodriguez, 1998)

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodriguez, 1998)

La característica que refleja el grado de comodidad del usuario al circular por una vía es la regularidad. El índice de rugosidad internacional simula la respuesta de un vehículo al circular por una carretera a 80 km/h. Este índice es recomendable expresarlo en m/km, mm/m o pendiente multiplicada por mil para no manejar valores muy pequeños. Mediante una escala única de valores se puede calificar al pavimento, empezando desde 0, que representa una superficie perfectamente uniforme, hasta 12, siendo un camino intransitable (Corros, 2009).

2.2.7.2. Escala y Característica del IRI

Según (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodriguez, 1998) la escala y características del Índice de Rugosidad son los siguientes:

- ✓ Las unidades para el índice de rugosidad están en mm/m, m/km o in/mi
- ✓ El rango de la escala del IRI para una vía pavimentada es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie de rodadura perfectamente uniforme y 12 una vía intransitable.
- ✓ Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero.

Para las vías pavimentados el rango esperado del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie de rodadura perfectamente uniforme y 12 una vía intransitable; para vías no pavimentadas la escala se puede extender hasta el valor de 20 m/km, como se muestra a continuación. (Corros, 2009)

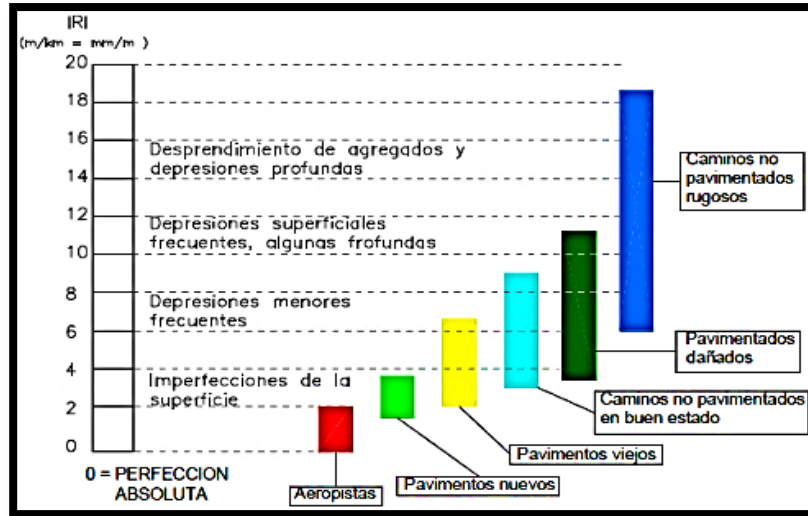


Figura 53: Escala de Valores Índice de Rugosidad Internacional

Fuente: (Alta Tecnología en Ingeniería de Pavimentos Vial, 2011) – Adaptado del Documento Técnico número 46 de 1986 del Banco Mundial

La medición de rugosidades se efectúa también de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC. Para la rugosidad de un pavimento existente reforzado, y para la rugosidad durante el periodo de servicio, se recomienda lo siguiente:

Tabla 13: Rugosidad inicial IRI según tipo de carretera con carpeta asfáltica

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

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos, 2014)

2.2.7.3. Equipos para Evaluar la Rugosidad

2.2.7.3.1. Perfilógrafos

Han sido ampliamente utilizados en la evaluación de la regularidad de pavimentos de concreto durante la construcción. Existen muchos diseños de estos equipos operando bajo el mismo principio. El aparato consiste en un conjunto de patines con una rueda al centro que posee libertad de movimiento vertical. Dicho movimiento vertical, relativo a las ruedas, queda registrado en una planilla continua los Perfilógrafos han sido desarrollados por los departamentos de carretera de California y Texas y por el laboratorio de investigaciones de caminos en Inglaterra.

El número y ordenamiento de los patines, así como el largo del equipo son las principales diferencias de diseño entre unos y otros. Las ventajas de los Perfilógrafos incluyen su bajo costo inicial, simplicidad de operación y una buena repetitividad. Sus desventajas son su baja velocidad de operación y su incapacidad para medir rugosidad en longitudes de onda iguales a múltiplos del largo del patín. (Cardenas Cruz, 2007).



Figura 54: Perfilógrafos California Modelo CS8500H

Fuente: (Calderon, 2008).

2.2.7.3.2. Perfilómetro Inercial APL

El analizador de perfiles longitudinales (APL) del Laboratorio Central des Ponsts Chaussees (LCPC) de Francia ha sido preconcebido para hacer evaluaciones continuas con gran velocidad de 100 hasta 300 km de carretera al día. El Perfilómetro Inercial (APL) consiste en un remolque especial con una

rueda de bicicleta, un chasis con lastre y un péndulo inercial especial de baja frecuencia que sirve como referencia pseudohorizontal el remolque se ha diseñado de manera que sea insensible a los movimientos debidos a la tracción del vehículo y sólo detecta el perfil de la trayectoria recorrida por la rueda en una banda de frecuencia comprendida entre 0.5 y 20 Hz. Cuando se remolca el instrumento una velocidad constante entre 50 y 100 km/h detectan la rugosidad en todos los valores de longitud de onda que requiere el IRI. La banda real de longitudes de onda detectada por el remolque APL depende de la velocidad de avance: puede detectar longitudes de onda de hasta 100m cuando se le remolca a 150 km/h. O están reducidas como 0.3m cuando se lo remolca a 21.6 km/h. (Cardenas Cruz, 2007).

El remolque APL es el único perfilómetro de alta velocidad que ha demostrado su capacidad para medir el IRI en toda la gama de rugosidad, incluso en caminos sin pavimentar. (Cardenas Cruz, 2007).



Figura 55: El Analizador de Perfiles Longitudinales (APL)

Fuente: (Calderon, 2008).

2.2.7.3.3. Perfilómetros Inerciales

Estos Perfilómetros son la versión moderna del perfilómetro Inercial tipo G.M.R. (de General Motor Research) producido en la década de los 60. Consiste en un furgón o Van con instrumentos que miden los perfiles en ambas huellas de rodadura al conducirse a lo largo de un camino. La referencia inercial se consigue con acelerómetros verticales. La distancia hasta la superficie, determinada en un principio mediante un sistema mecánico con ruedas de seguimiento se hace actualmente con sensores sin contacto con el

pavimento (ópticos, acústicos o láser, según el modelo) las señales del acelerómetro se integran dos veces para determinar la oposición del cuerpo del perfilómetro. Cuando esta señal se añade a la señal de posición del seguidor de carretera, se obtiene el perfil. A continuación, se muestra un perfil o metro láser de última generación. (Badilla Vargas , Elizondo Arrieta, & Barrantes Jimenez, 2008).



Figura 56: Perfilómetro Laser

Fuente: (Calderon, 2008).

2.2.7.3.4. Levantamiento con Miras a Nivel

El método más conocido para medir perfil es el que emplea el equipo tradicional de topografía. Consiste en una mira de precisión marcada en unidades convenientes, un nivel de anteojo que se utiliza para establecer la cota horizontal de referencia y una cinta usada para marcar la distancia longitudinal a lo largo de la huella de la rueda. Es un equipo que se consigue fácilmente y a bajo costo, pero requiere muchas horas hombre y es mejor usarlo sólo cuando se deben medirse unos pocos perfiles. (Badilla Vargas , Elizondo Arrieta, & Barrantes Jimenez, 2008).



Figura 57: Levantamiento con Miras a nivel

Fuente: (Calderon, 2008).

2.2.7.3.5. Perfilómetros de Barra del TRRL

Es un perfilómetro de barra automático desarrollado por el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) que pueden reducir considerablemente el trabajo de levantamientos requerido para la medición del perfil. Dos personas pueden medir alturas con intervalos de 100mm sobre dos huellas de rodadura de 320m de longitud en unas dos horas aproximadamente 25,000 cotas de altura en un día de ocho horas.

El instrumento fue proyectado teniendo presente el medio de trabajo en los países en desarrollo por lo cual se ha hecho hincapié en hacerlo portátil sólido y totalmente integrado.

Consiste en una barra de aluminio de 3 m de longitud apoyada en cada extremo sobre trípodes ajustables usados para la nivelación. Un carro que se desliza sobre la barra hacer contacto con el suelo mediante una rueda seguidora de 250mm de diámetro mientras recorre la barra en toda la longitud.

Los instrumentos de medida instalados en el carro detectan los desplazamientos verticales, los mínimos y transformar las medidas en valores digitales con 1 mm de resolución y registran los valores numéricos a intervalos constantes. Para obtener un perfil continuo de la huella de la rueda, la barra se reubica sucesivamente sobre segmentos consecutivos. El instrumento contiene un microprocesador que almacena los datos que cinta magnética y calcula automáticamente un índice de rugosidad. (Badilla Vargas , Elizondo Arrieta, & Barrantes Jimenez, 2008).

2.2.7.3.6. Face Dipstick

Originalmente desarrollado para medir irregularidades particulares en losas de edificios. Consiste en un acelerómetro montado en una estructura con pequeños apoyos separados 300mm. Posee un mango que permite hacer " caminar " al Dipstick a lo largo de la huella a medida que pivotea en cada uno

de sus pequeños apoyos y va rotando en 180 grados, un microprocesador incorporado al Dipstick grava y permite calcular resúmenes estadísticos de la rugosidad. Un acelerómetro mide la inclinación del aparato. Conociendo la inclinación y la separación entre los apoyos, es posible determinar la diferencia de altura entre ellos.

El rendimiento de las mediciones del Dipstick puede sobrepasar los 250m por hora en una sola huella. Las ventajas de este dispositivo son su bajo costo inicial y su simplicidad de operación.

Aunque es más rápido que medir con mira y nivel de principales despertadas sigue siendo la lentitud. El Dipstick es aplicable especialmente para la evaluación de secciones cortas de pavimento o para la calibración de aparatos tipo respuesta. (Badilla Vargas , Elizondo Arrieta, & Barrantes Jimenez, 2008)



Figura 58: Facedipstick

Fuente: (Calderon, 2008).

2.2.7.3.7. MERLIN (Machine for Evaluating Roughness Using Low Cost Instrumentation)

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (Transport and Road Research Laboratory - TRRL) desarrolló el Rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

Consiste de una estructura metálica de 1.8m de longitud, con una rueda al frente, un pie de apoyos fijo atrás y un apoyo central oscilante. Este último mide las desviaciones de cota de un punto respecto en la rasante que definen los otros dos puntos.

El apoyo central unido a un brazo que en su extremo superior posee un puntero que permite registrar estas desviaciones en una planilla de papel. (Badilla Vargas , Elizondo Arrieta, & Barrantes Jimenez, 2008).



Figura 59: Equipo de Merlín

Fuente: (Chester & Harrison, 1982).

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 60; ilustra cómo el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

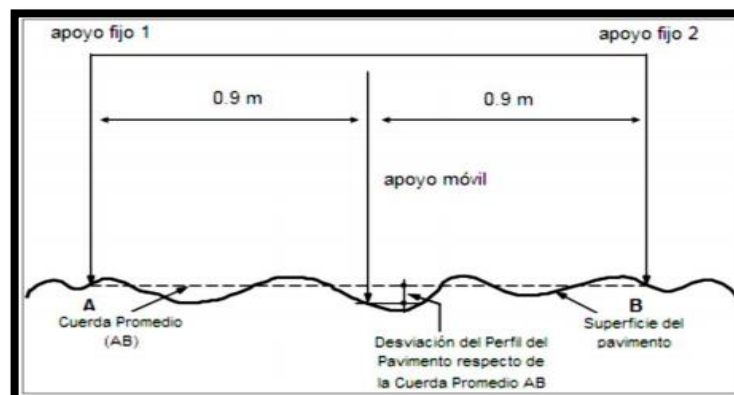


Figura 60: Desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición.

Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad. El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”. (Del Aguila Rodriguez, 1999)

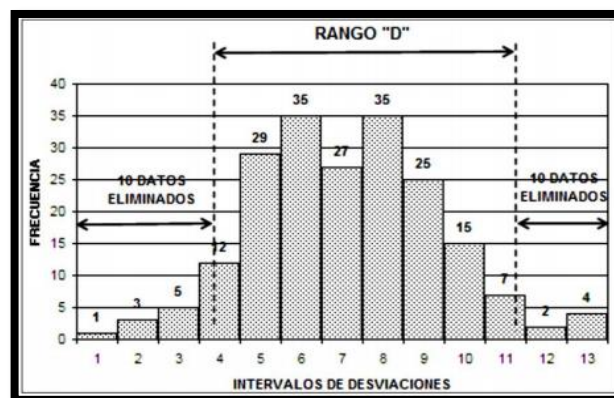


Figura 61: Histograma de la distribución de frecuencias

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLÍN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

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

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado. La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

El Rugosímetro MERLÍN, fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en 1993, existiendo en la fecha (junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad. El método de medición que

utiliza el MERLÍN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLÍN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

El rugosímetro MERLÍN, consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla. (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

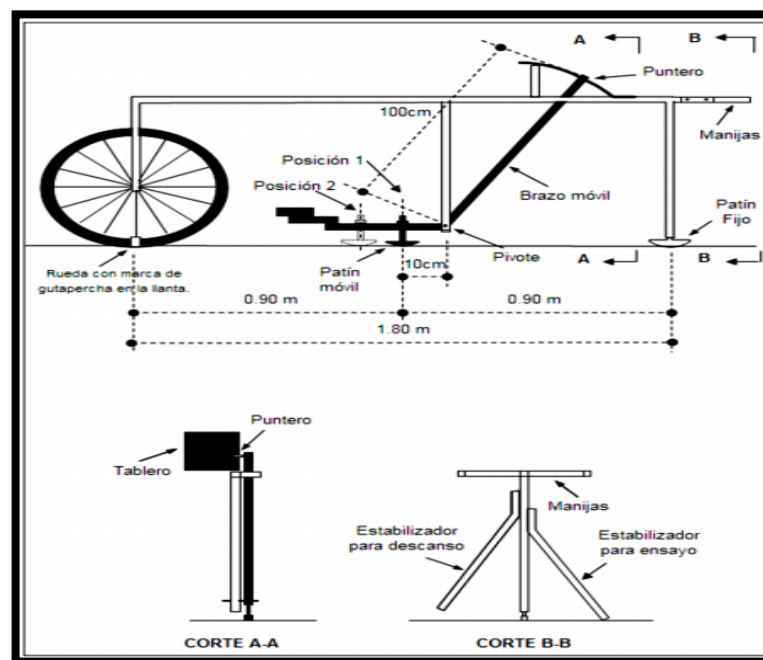


Figura 62: Esquema del Rugosímetro de MERLÍN

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil. El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

Tabla 14: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio

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

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

2.2.8. Relaciones entre PSI e IRI

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La expresión, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

$$IRI = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{PSI} \right)$$

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos: (Del Aguila Rodriguez, 1999).

Tabla 15: Escala de Serviciabilidad

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

Fuente: (Del Águila Rodríguez, 1999).

Se pueden establecer rangos para el IRI, cuyos límites van a estar determinados por los correspondientes valores del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), los cuales ya fueron definidos por la AASHO en 1962. (Barrantes Jimenez, 2011)

Tabla 16: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHTO)			Pavimentos Rígidos (Modelo de AASHTO)			Clasificación	Descripción AASHTO
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5.0	0.0	0 - 1.0	5.0	0.0	0 - 1.4	Muy Bueno	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.2	0.8		4.5	1.0			
4.0	1.0		4.0	1.4			
3.0	1.9	1.0 - 1.9	3.0	2.3	1.4 - 2.3	Bueno	Los pavimentos de esta categoría proporcionan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamientos y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial como desprendimiento leve de material en los bordes de la losa y fisuras menores.
2.5	2.6	1.9 - 3.6	2.5	2.9	2.3 - 3.6	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito.
2.0	3.6		2.0	3.6			
1.5	4.9	3.6 - 6.4	1.5	4.6	3.6 - 6	Mala	Los pavimentos se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles
1.0	6.4		1.0	6.0			
0.0	9.5	> 6.4	0.0	11.2	> 6	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los cambios se pueden pasar a velocidades reducidas y considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Fuente: (Barrantes Jiménez, 2011)



2.2.9. Estrategias de Intervención en Pavimentos

2.2.9.1. Mantenimiento o Conservación Vial

Amplio conjunto de actividades, adecuadas y oportunas, destinadas a asegurar el funcionamiento aceptable a largo plazo de las vías al menor costo posible. Incluye actividades como el mantenimiento rutinario, el mantenimiento periódico y la rehabilitación. (Sabogal, 2016).

El Mantenimiento vial, es el conjunto de actividades que se realiza para conservar en buen estado las condiciones físicas de la carretera y poder preservarla. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Las actividades de mantenimiento para pavimentos flexibles, se clasifican en periódicas y rutinarias.

a) Mantenimiento periódico

Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a recuperar la condición original del camino, que comprende la reposición a profundidad total, reconformación a todo el ancho y largo del afirmado mediante el escarificado con cuchilla, perfilado y recompactación a los efectos de conseguir la restauración requerido del afirmado reducir la rugosidad y el proceso de deterioro y mejorar el drenaje superficial y mejoras puntuales del trazo que fueran estrictamente necesarios, tal como lo indica el (MTC, 2005).

Es de naturaleza distinta a la conservación rutinaria, mayormente está referida a las condiciones que se requiere recuperar en los elementos que conforman lo que en el Perú se denomina las calzadas y las bermas de la carretera, así como correcciones puntuales generadas por alguna inestabilidad en los terraplenes, que producirán posiblemente pequeños hundimientos y que requieren recuperación localizada de la plataforma, de la superficie de rodadura y de las obras complementarias, como lo indica el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013).

Requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito), resellado de juntas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013)

En la Normativa del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013), se establecen tipos de conservación para un mantenimiento periódico:

Conservación de Pavimentos Flexibles en Calzada y Bermas

- ✓ Sellos Asfálticos.
- ✓ Recapeos Asfálticos.
- ✓ Fresado de Carpeta Asfáltica.
- ✓ Micro fresado de Carpeta Asfáltica.
- ✓ Reconformación de base granular en bermas.
- ✓ Imprimación Reforzada de la base granular en bermas.
- ✓ Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.

b) Mantenimiento rutinario

Modalidad de mantenimiento preventivo que comprende un conjunto de actividades que se realizan en la calzada y el entorno de una vía pavimentada, cuando menos una vez al año, para retrasar todo lo posible el proceso de degradación de las características funcionales o estructurales del pavimento, así como para corregir los impactos negativos del entorno que, sin suponer degradaciones de los elementos del pavimento, también impiden o dificultan la correcta realización de su función y además el mantenimiento rutinario se debe realizar durante todo el período de vida del pavimento, constituye prácticamente la única actividad que se ejecuta durante su etapa inicial de servicio. (Sabogal, 2016).



Consiste en la remoción de todo material extraño de la calzada y de las bermas, con herramientas manuales, de tal manera que permanezca libre de obstáculos, basuras y demás objetos que caigan y/o sean arrojados en ella. El objetivo es mantener la plataforma libre de materiales sueltos que serían nocivos a la calidad de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013). Estos materiales son de dos categorías:

Materiales ajenos la superficie, que rápidamente contaminarían la capa de rodadura: arcillas, lodo, tierra vegetal, vegetación, excrementos animales, basuras, desechos orgánicos y Materiales que podrán dañar a los vehículos: vidrios, fierros, piedras, ramas materiales acumulados varios y cualquier obstáculo extraño, que puedan afectar la seguridad de los usuarios de la vía.

Conservación de Pavimentos Flexibles en Calzada y Bermas

- ✓ Sellado de Fisuras y Grietas en calzada.
- ✓ Sellado de Fisuras y Grietas en bermas.
- ✓ Parchado Superficial en calzada.
- ✓ Parchado Profundo en calzada.
- ✓ Tratamiento de zonas con exudación en calzada.
- ✓ Bacheo de bermas en material granular.
- ✓ Nivelación de bermas con material granular.
- ✓ Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico.
- ✓ Parchado superficial de bermas con concreto asfáltico.
- ✓ Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico.
- ✓ Parchado profundo de bermas con concreto asfáltico

Tabla 17: Tipos de mantenimiento

TIPO DE MANTENIMIENTO SEGÚN MANUAL DE CARRETERAS Y CONSERVACIÓN VIAL -2013	
PERIÓDICO	RUTINARIO
Sellos Asfálticos.	Sellado de Fisuras y Grietas en calzada.
Recapeos Asfálticos.	Sellado de Fisuras y Grietas en bermas.
Fresado de Carpeta Asfáltica.	Parchado Superficial en calzada.
Micro fresado de Carpeta Asfáltica.	Parchado Profundo en calzada.
Reconformación de base granular en bermas.	Tratamiento de zonas con exudación en calzada.
Imprimación Reforzada de la base granular en bermas.	Bacheo de bermas en material granular.
Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.	Nivelación de bermas con material granular.
	Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico.
	Parchado superficial de bermas con concreto asfáltico.
	Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico.
	Parchado profundo de bermas con concreto asfáltico

Fuente: Adaptado de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013)



2.2.9.2. Rehabilitación

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.

En la mayoría de casos, la rehabilitación se hace cuando no ha existido una conservación adecuada, pero en un esquema sano de conservación sólo debería ser ocasionalmente necesaria, como cuando deben rehabilitarse fracciones defectuosas de una vía nueva. Debe señalarse al respecto que estos defectos se producen por falta de homogeneidad en la ejecución de la obra, imposible de evitar completamente al momento de su construcción, de acuerdo a (Rafael Menendez , 2003).

Las actividades contenidas dentro de los trabajos de rehabilitación pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

- ✓ Restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.
- ✓ Mejorar el sistema de drenaje.
- ✓ Sistema de señalización

2.2.9.3. Mejoramiento

Se refiere a la introducción de mejoras en los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, incluidos los trabajos relacionados a la renovación de la superficie y la rehabilitación.

El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino y la velocidad de circulación, así como la seguridad de los vehículos que por él transitan. En sentido estricto, estos trabajos no son considerados como actividades de conservación, excepto la renovación de superficie.

2.2.9.4. Reparaciones de Emergencia

Son aquellas que se realizan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural, por no disponerse de los recursos necesarios para reconstruirlo o rehabilitarlo, que es lo que correspondería hacer. Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado. Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular, de acuerdo a (Rafael Menendez , 2003).

2.2.10. Ciclo de Vida del Pavimento

Básicamente los Ciclos de Vida consideran la manera cómo fueron construidos los pavimentos, la manera cómo cambia su condición durante el tiempo y la manera como este proceso de cambio se ve afectado por las diferentes formas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. (Sabogal, 2016).

Todos los pavimentos se deterioran durante el transcurso del tiempo, esto quiere decir que al comienzo se presentan pocos daños y el pavimento presenta una condición aceptable, con el paso del tiempo y a causa de la acción del tránsito cada vez mayor, se presentan mayores deterioros y cada uno de estos contribuye en la generación de otros.

Es por eso que el mantenimiento reduce el ritmo con el que un pavimento se deteriora, ya que se van corrigiendo pequeños defectos antes que estos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Llega un momento en que un mantenimiento de rutina ya no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento.

El ciclo de vida del pavimento, sin considerar un mantenimiento y rehabilitación, se puede representar mediante una curva de comportamiento, la cual es una



representación histórica de la calidad del pavimento. Dicha curva evidencia cuatro etapas, las cuales se describen a continuación:

Construcción: El estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural

Deterioro imperceptible: El pavimento ha sufrido un desgaste progresivo en el transcurso del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe pero es poco visible y no es apreciable por los usuarios. Generalmente el mayor daño se produce en la superficie de rodadura debido al tránsito y clima. Para disminuir el deterioro o desgaste se hace necesario aplicar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, si no se efectúan la vida útil del pavimento se reduce drásticamente. El camino sigue estando en buenas condiciones y sirviendo adecuadamente a los usuarios, el costo del mantenimiento anual esta alrededor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción. El estado del camino varía desde excelente a regular.

Deterioro acelerado: Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta muy pobre.

Deterioro total: Esta etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento. La transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumenta y la vía se hace intransitable para autos.

Según lo descrito líneas arriba los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas como la lluvia, el tránsito, etc. cuyos efectos puede

resultar en un pavimento intransitable. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es importante resaltar que un pavimento de una condición regular hacia arriba ofrece un camino aún adecuado para los usuarios. En la siguiente figura 06 se muestra como la condición estructural y funcional de los pavimentos se disminuye con el tiempo.

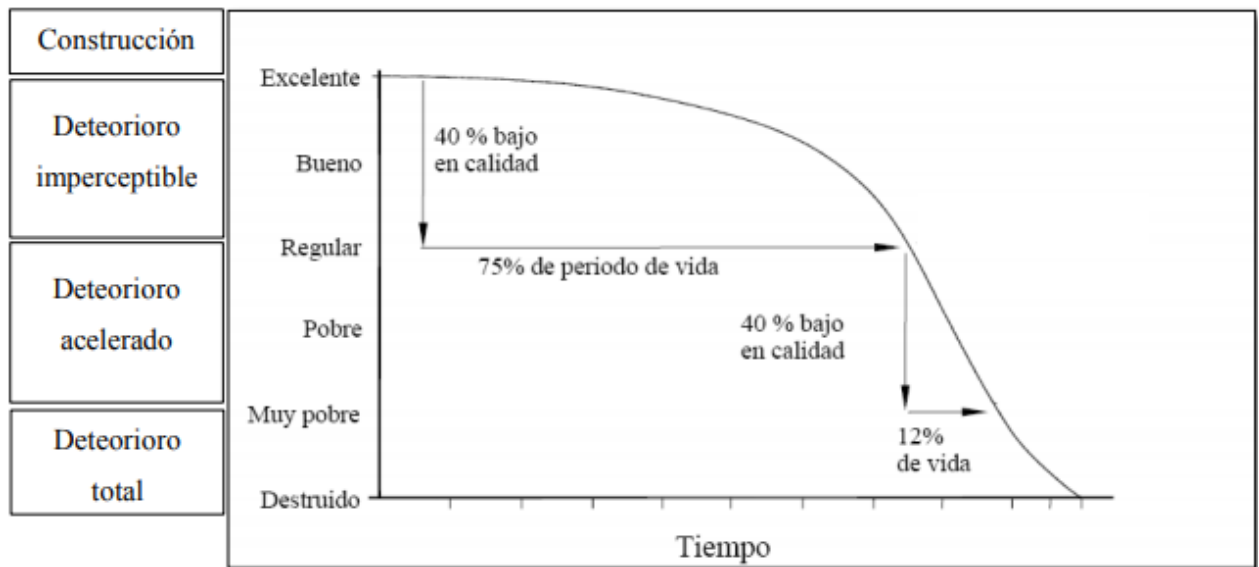


Figura 63: Ciclo de Vida de los Pavimentos

Fuente: (Sabogal, 2016).

Es importante citar que con la ayuda del índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento se puede determinar la condición. Asimismo existen otras variables además del tiempo como el número de ejes equivalentes y el tránsito acumulado que nos permitirán graficar la degradación del pavimento. Asimismo el ciclo de vida de los pavimentos puede alargarse si se realiza trabajos de mantenimiento y rehabilitación de manera oportuna, tal como se puede apreciar en la siguiente figura 64.

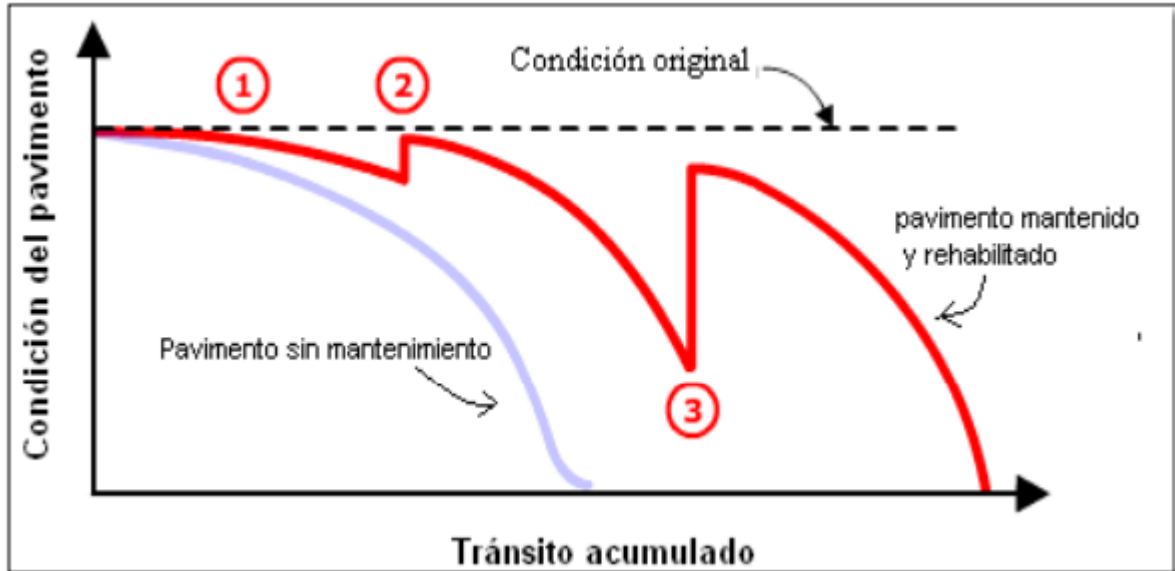


Figura 64: Ciclo de Vida de los Pavimentos con Mantenimiento y Rehabilitación

Fuente: (Sabogal, 2016).

Se puede observar la curva gris que representa el comportamiento de un pavimento sin intervención y la de color rojo con mantenimiento y rehabilitación. En la curva roja se identificación tres puntos, los cuales se describen a continuación: En el punto 1 el pavimento se deteriora con menor rapidez debido a trabajos de mantenimiento. En el punto 2 se aplica un trabajo inicial de rehabilitación que restaura la condición del pavimento. Por ultimo en el punto 3 se realiza una segunda intervención de rehabilitación que restaura la mayoría de la condición original del pavimento En el siguiente punto se desarrollara el tema de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.



2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

El tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner y tramo Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco, requerirá intervención de tipo mantenimiento Rutinario, como sellado fisuras, grietas y parchado superficial y profundo en calzada; mientras que en el tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo requerirá intervención de tipo mantenimiento Periódico con un cambio de superficie de rodadura.

2.3.2. Sub Hipótesis

- ✓ **Sub hipótesis N°1:** El Índice de condición del pavimento según la clasificación de la norma ASTM D6433 en el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, tendrá una calificación PCI "Regular".

- ✓ **Sub hipótesis N°2:** El índice de deterioro superficial del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, según la metodología VIZIR tendrá una calificación de "Regular".

- ✓ **Sub hipótesis N°3:** El Índice de serviciabilidad del pavimento flexible del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, usando el valor del IRI del rugosímetro de MERLÍN será "Regular".



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

✓ **Condición de la carpeta de rodadura:**

Es el estado situacional en que se encuentra la vía, la cual debe soportar las cargas del tránsito durante un período de varios años, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura.

✓ **Serviciabilidad**

La serviciabilidad es la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

2.4.2. Variables Dependientes

✓ **Estrategias de intervención en pavimentos flexibles**

Se definen como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma inmediata cada vez que se detecta un deterioro del camino, y que debe ser subsanado en el mínimo tiempo de ejecución desde el momento en que es detectado.

2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 18: Cuadro de Operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD	ATRIBUTO	BIBLIOGRAFÍA
VARIABLE INDEPENDIENTE Xi	X1: Condición de la carpeta de rodadura	Es el estado situacional en que se encuentra la vía, la cual debe soportar las cargas del tránsito durante un período de varios años, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura.	Fallas Severidad	100-85 Excelente 85-70 Muy Bueno 70-55 Bueno 55-40 Regular 40-25 Malo 25-10 Muy Malo 10-0 Fallado	m2./m2. m./m.	Razón	ASTM D6433. (2007). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Estados Unidos
			Fallas Severidad	1 y 2 Bueno 3 y 4 Regular 5, 6 y 7 Deficiente	m2./m2. m./m.	Razón	Instituto Nacional de Vías. (2002). Guía Metodológica para el Diseño de Obra de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos.
	X2: Serviciabilidad	La serviciabilidad es la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.	Rugosidad	5-4 Muy Bueno 4-3 Bueno 3-2 Regular 2-1 Mala 1-0 Muy Mala	m/m	Razón	Guía AASHTO . (1993). Diseño de estructuras de pavimentos.
VARIABLES DEPENDIENTES Yi	Y1: Estrategias de intervención en pavimentos flexibles	Se definen como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma inmediata cada vez que se detecta un deterioro del camino, y que debe ser subsanado en el mínimo tiempo de ejecución desde el momento en que es detectado.	Mantenimiento o periódico	Sellos Asfálticos Recapados Asfálticos Fresado de Carpeta Asfáltica Microfresado de Carpeta Asfáltica Reconformación de base granular en bermas Imprimación reforzada de la base granular en bermas Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.	m2 m2 ml ml m2 ml	Razón	Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras Conservación Vial. Lima.
			Mantenimiento rutinario	Sellado de Fisuras y Grietas en calzada Sellado de Fisuras y Grietas en bermas Parchado Superficial en calzada Parchado Profundo en calzada Tratamiento de zonas con exudación en calzada Bacheo de bermas en material granular Nivelación de bermas con material granular Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico Parchado superficial de bermas con concreto asfáltico Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico Parchado profundo de bermas con concreto asfáltico	ml ml m2 m2 m2 m2 m2 m2 m2 m2	Razón	Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras Conservación Vial. Lima.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la Investigación

El tipo de investigación es de Es cuantitativo, porque dicho enfoque, analiza una realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado, como es en el uso de las diferentes metodologías, que según a la toma de datos establecen resultados mediante escalas numéricas como es en el PCI que posee 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100, el resultado que proporcione el método VIZIR tendrá 3 escalas numéricas que van desde el 1 hasta el 7, y el resultado que proporcione el método PSI tendrá 5 escalas numéricas que van desde el 1 al 5.

3.1.2. Nivel o alcance de la Investigación

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de fenómenos que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, como es el caso de las patologías existentes en el pavimento que describen el tipo de falla, tal como: deterioro, grietas, fisuras, etc. Y la forma en cómo se manifiestan dependiendo del nivel de severidad. (Hernández Sampieri, 2014).

Esta investigación viene a ser propositiva, porque una vez que se tome la información, se realizará una propuesta de intervención de la superficie del pavimento para mejorar el estado actual de la vía. Según (Giler, 2015) una investigación de carácter propositivo, es utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

3.1.3. Método de la Investigación

Hipotético-Deductivo: En la presente investigación se usa el método hipotético deductivo porque partimos de una hipótesis, la cual vamos demostrar mediante una serie de pasos, los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables que permiten demostrar la hipótesis luego de los resultados obtenidos. El método hipotético deductivo tiene varios pasos esenciales: La observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. (Hernández Sampieri, 2014).

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño Metodológico

La presente investigación tiene un diseño metodológico no experimental transversal, debido a que se realizó mediciones de sus variables sin ser alteradas intencionalmente, se midieron tal y como se presentaron, todo esto durante un periodo corto.

Según (Tamayo y Tamayo, 2004) una investigación no experimental transversal, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, es una investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. (Hernández, Fernández, & Batista, 2003) explican que los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, es decir entre los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018.

3.2.2. Diseño de Ingeniería

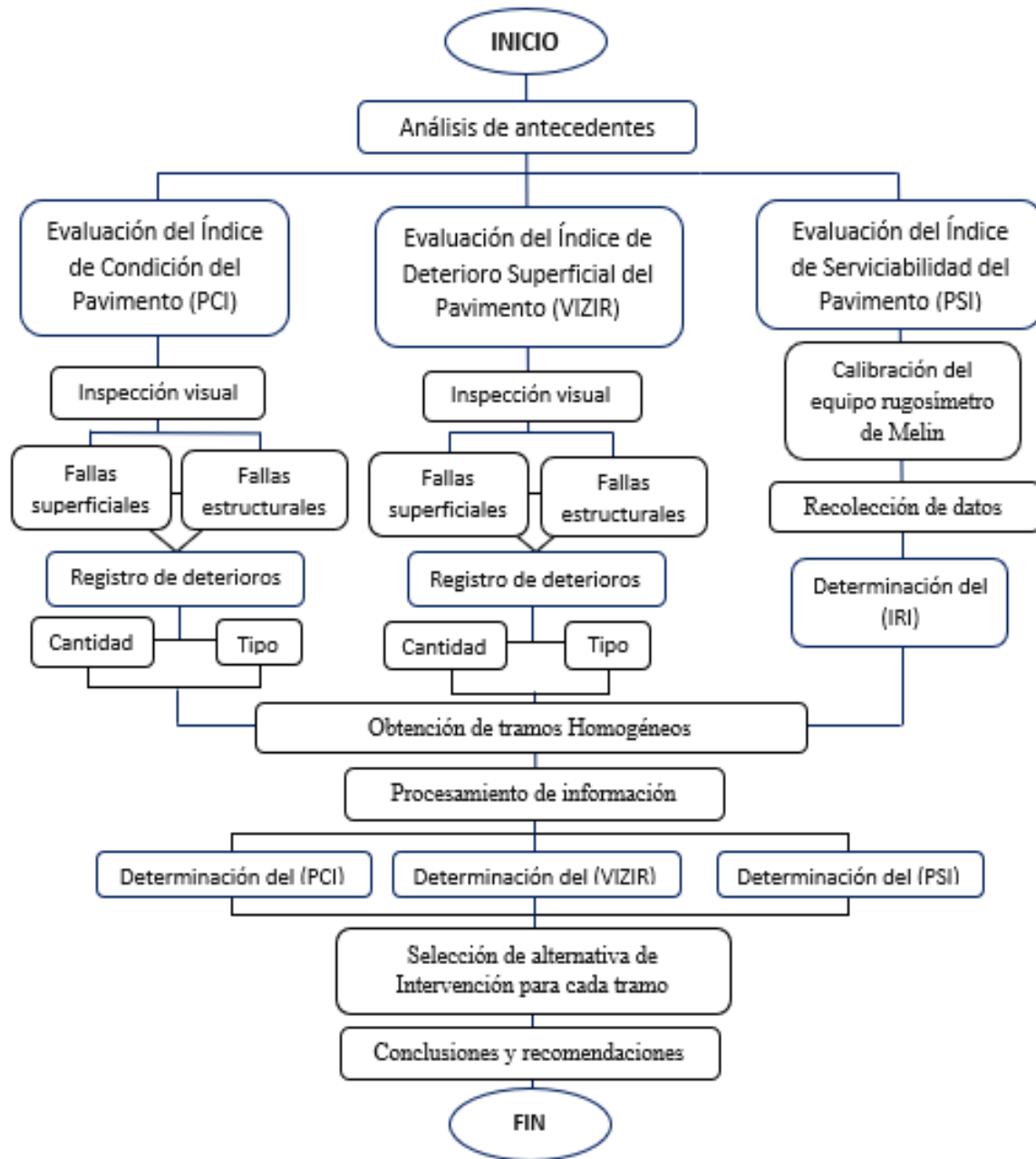


Figura 65 Flujograma de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.3. Universo y Muestra

3.3.1. Universo

3.3.1.1. Descripción del universo

Según (Hernández Sampieri, 2014) "un universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones". Es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las entidades del universo poseen una característica común el cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

En esta Investigación el universo está constituido por el pavimento flexible de la prolongación Av. de la Cultura – Av. Manco Capac - Prolongación Av. Manco Capac (paradero Grifo Mobil - Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco), con un total de 4.856 km.

3.3.1.2. Cuantificación del universo

-Método PCI y método VIZIR

El universo de esta investigación según el Método PCI está conformado por tres tramos de la vía de pavimento flexible desde el paradero Grifo Mobil hasta Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco los cuales son los siguientes:

- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner) que está constituida por 85 unidades de muestra de 31.5 m x 12 m.
- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Av. Clorinda Matto de Turner – Posta medica de San Jerónimo), que está constituida por 30 unidades de muestra de 31.5 m x 8 m.
- ✓ Tramo Prolongación de Av. Manco Capac (Posta medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC), que está constituida por 54 unidades de muestra de 26 m x 9 m.

**-Método PSI**

El universo de esta investigación según el método PSI está conformada por toda la carpeta de rodadura del pavimento flexible con un total de 24 tramos (12 tramos de bajada y 12 tramos de subida) desde el paradero Grifo Mobil hasta la Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco los cuales son los siguientes:

- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (paradero Grifo Mobil – Urb. Villa los Pinos) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (Urb. Villa los Pinos– Clle. José Carlos Mariátegui) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (Clle. José Carlos Mariátegui– Clle. Villa del Carmen) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (Clle. Villa del Carmen– Penal Qenqoro) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación de Av. de la Cultura (Penal Qenqoro– Clle. Peral Pujgio) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Clle. Peral Pujgio– Inters. Pasaje Pumacahua) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Inters. Pasaje Pumacahua– Inters. Pasaje el Sol) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Inters. Pasaje el Sol– Clle. Romeritos) con una longitud de 400 m.



- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Clle. Romeritos– Estadio Cajona Huaylla) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Av. Manco Capac (Estadio Cajona Huaylla– Planta Lechera Kayra) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación Av. Manco Capac (Planta Lechera Kayra– Planta de Tratamiento de Aguas Servidas) con una longitud de 400 m.
- ✓ Tramo Prolongación Av. Manco Capac (Planta de Tratamiento de Aguas Servidas –Ciencias de la Salud de la UAC) con una longitud de 400 m.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Según (Ludewing, 1998), muestra se define como un subconjunto del universo que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea reflejo de la población o universo, que se representativa de ella.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

-Método PCI y método VIZIR

Para efectos de una mejor evaluación y así obtener resultados más exactos se tomó como muestra todo el tramo, es decir, la muestra coincidió con el universo anteriormente establecido, para los 3 métodos; con una longitud de 4.856 km de pavimento flexible; Para los métodos PCI y VIZIR conformados de 3 tramos cada uno y para el método PSI conformada por 12 tramos de bajada y 12 tramos de subida.

3.3.2.3. Método de Muestreo

Debido a que la muestra es igual a la población la investigación seguirá un método NO PROBABILÍSTICO de muestreo. Según (Hernández Sampieri,

2014), señalan que las muestras no probabilísticas, pueden también llamarse muestras dirigidas, pues la elección de sujetos u objetos de estudio depende del criterio del investigador. Así mismo en las muestras de este tipo, la elección de los sujetos no depende de que todos tengan la misma probabilidad de ser elegidos, sino de la decisión de un investigador o grupo de personas que recolectan los datos.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

La muestra será medida en su totalidad, evaluándose los 4.856 km de la vía de pavimento flexible.

- Método PCI

Para la evaluación de fallas se realizó el muestreo de 254 unidades de muestra con longitudes variables de acuerdo al ancho de calzada de cada tramo, luego se realizó la inspección de todas las unidades de muestra, sin excepción alguna tomando en cuenta el manual de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, en donde se clasifican todas las fallas con su respectivo nivel de severidad.

-Método VIZIR

Para un mejor análisis entre las metodologías PCI y VIZIR se ha considerado que el área de unidad de muestra sea la misma para ambos métodos.

-Método PSI

Para esta evaluación se realizó la medición de Índice de rugosidad Internacional (IRI) en la huella exterior del tráfico de cada tramo tomando en cuenta las singularidades como los rompe muelles o reductores de velocidad. Para esta medición se usó el equipo de rugosímetro de MERLÍN.

Para el aforo vehicular se realizó conteos por tipo de vehículo durante los 7 días de la semana de forma continua las 24 horas en los tramos establecidos.

3.3.3. Criterios de Inclusión

Para evaluar las muestras se utilizó criterios geográficos la cual muestra las características del área de estudio, criterios de época, criterios de equipos útiles para la toma de datos, y criterios bibliográficos como son textos de apoyo para el desarrollo de la investigación.

- ✓ Criterios geográficos

Tabla 19: Características del área de influencia

Región	:Cusco		
Provincia	:Cusco		
Distrito	:San Jerónimo		
Zona	:Urbana		
Ubicación	Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner	Av. Clorinda Matto de Turner – Posta médica de San Jerónimo	Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco
Longitud	2210	945	1701
Coordenadas UTM	Inicio	Inicio	Inicio
	13°32'10.05" E	13°32'47.45" E	13°32'55.64" E
	71°54'27.45" S	71°53'20.21"S	71°52'27.13"S
	Fin	Fin	Fin
	13°32'47.45" E	13°32'55.64" E	13°33'11.92" E
	71°53'20.21"S	71°52'27.13"S	71°51'43.64"S

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Criterios de época

La presente investigación se realizó mediante la recopilación de información en el año 2018, y recolección de datos en campo en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018.

- ✓ Criterios de equipos

Para realizar la investigación de campo se hizo uso del equipo Rugosímetro de Merlín netamente para la evaluación del índice de serviciabilidad presente (PSI),



el cuál mide el desplazamiento vertical entre la superficie del pavimento y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante.

✓ Criterios bibliográficos

En cuanto a los textos de apoyo se utilizó libros relacionados al uso del Rugosímetro de Merlín, además de normas, guías y manuales, los cuales son:

- The merlin low-cost road roughness measuring machine de transportand road research laboratory, Departamento de Transportes- Brasil.

- Metodología para la determinación de Rugosidad de los pavimentos de Pablo del Águila Rodríguez- Lima Perú.

- Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras del Ingeniero Especialista Luis Ricardo Vásquez Varela.

-Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, aprobado por la Resolución Directoral N° 015-2007-MTC/14 del 27 de agosto del año 2007 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

-Norma Técnica de Edificaciones de Pavimentos Urbanos (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos 2010 en el Capítulo 6, Sección 6.4 del Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento.


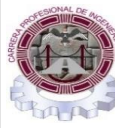
3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o de recolección de Datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos en esta investigación son formatos elaborados y adecuados en base a normativas y manuales, así como para el método PCI en base a la normativa ASTM D5340, para el método VIZIR en base al formato elaborado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées –

France, para el registro de datos de rugosidad del pavimento en base al manual de uso de rugosímetro de MERLIN, para el aforo vehicular formato del MTC.

Tabla 20: Formato de toma de datos para el Método PCI

		TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO– 2018”				
Método PCI						
Nombre de la vía:					ESQUEMA	
Evaluado por:						
Fecha:						
Progresiva inicial:		Unidad de Muestra	P-			
Progresiva final:		Area Muestra:				
Tipos de falla para pavimento flexible					Escala del PCI	
1. PIEL DE COCODRILO		11. PARCHEO		100		EXCELENTE
2. EXUDACIÓN		12. PULIMIENTO DE AGREGADOS		85		MUY BUENA
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		13. HUECOS		70		BUENA
4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO		14. CRUCE DE VÍA FERREA		55		REGULAR
5. CORRUGACIÓN		15. AHUELLAMIENTO		40		POBRE
6. DEPRESIÓN		16. DESPLAZAMIENTO		25		MUY POBRE
7. GRIETA DE BORDE		17. GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)		10		FALLADO
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		18. HINCHAMIENTO		0		
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA		19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES						
Fallas existentes						
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido	
Cálculo del PCI						
VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO (HDV) =				"Q" Numero de VD > 2 =		
NÚMERO MAXIMO. DE VALORES DEDUCIDOS (m) =				CDV =		
VALOR DEDUCIDO TOTAL (CDT)=				PCI = 100 - CDV		
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (CDV)=						


Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Formato de toma de datos para el Método VIZIR


TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO- 2018"													
Método VIZIR													
Nombre de la vía:													ESQUEMA
Evaluado por:													
Fecha:													
Progresiva inicial:			Unidad de Muestra		P-								
Progresiva final:			Area Muestra:										
Tipos de falla para pavimento flexible													
AHUELLAMIENTO	AH	m2	FISURACION LONGITUDINAL DE JUNTA						FLJ	m			
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	DL	m2	FISURA TRANSVERSAL DE JUNTA DE CONSTRUCCION						FTJ	m			
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS TRANSVERSALES	DT	m2	FISURAS DE CONTRACCION TERMICA						FCT	m			
FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA	FLF	m	FISURAS PARABOLICAS						FP	m			
FISURAS PIEL DE COCODRILO	FPC	m2	FISURA DE BORDE						FB	m			
BACHEOS Y PARCHEOS	B	m2	OJOS DE PESCADO						O	und			
			DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO DE MEZCLA						DM	m			
NIVELES DE GRAVEDAD													
Bajo		1											
Regular		2											
Alto		3											
CONDICION DE LA SUPERFICIE													
CALIFICACION		Is											
Bueno		1 - 2											
Regular		3 - 4											
Deficiente		5 - 6 - 7											
			PERDIDA DE LA PELICULA DE LIGANTE						PL	m2			
			PERDIDA DE AGREGADOS						PA	m2			
			DESCASCARAMIENTO						D	m2			
			PULIMENTO DE AGREGADOS						PU	m2			
			EXUDACION						EX	m2			
			AFLORAMIENTO DE MORTERO						AM	m2			
			AFLORAMIENTO DE AGUA						AA	m2			
			DESINTEGRACION DE LOS BORDES DEL PAVIMENTO						DB	m2			
			ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA						ECB	m			
			EROSION DE LAS BERMAS						EB	m			
			SEGREGACION						S	m2			
Fallas existentes													
Tipo de Falla	Codigo	Severidad	Cantidades Parciales	Extension	If	Id	Is	Cr	I s Final	Calificacion			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Formato de toma de datos para el Método VIZIR



TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO- 2018"



Ensayos con el Rugosímetro de MERLIN

Carretera:	
Km:	
Progresiva:	
Tramo:	

Operador 1:	
Operador 2:	

Ensayo N°:	
-------------------	--

Fecha:	
---------------	--

Hora:	
--------------	--

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

Tramo:

ESQUEMA

Tipo de pavimento:

Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	
Recapeo asfáltico	
Sello	

Observaciones: _____

Fuente: Elaboración propia



Tabla 23: Formato de toma de datos para el Método VIZIR

TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL

Formato de Aforo Vehicular

TRAMO DE LA CARRETERA	Posta Medica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la UAC	ESTACION	Granja Kayra		
SENTIDO	Bajada	DIA	Lunes		
OPERADORES	Condori Nelly y Goyzueta Shirley	FECHA	05	11	18

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
7:00-8:00																				
8:00-9:00																				
9:00-10:00																				
10:00-11:00																				
11:00-12:00																				
12:00-13:00																				
13:00-14:00																				
14:00-15:00																				
15:00-16:00																				
16:00-17:00																				
17:00-18:00																				
18:00-19:00																				
19:00-20:00																				
20:00-21:00																				
21:00-22:00																				
22:00-23:00																				
23:00-0:00																				
0:00-1:00																				
1:00-2:00																				
2:00-3:00																				
3:00-4:00																				
4:00-5:00																				
5:00-6:00																				
6:00-7:00																				
TOTAL																				

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1. Instrumentos de Ingeniería

Los instrumentos y equipos utilizados en esta investigación son:



Figura 66: Cámara fotográfica

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com.



Figura 69: Wincha de Mano

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com.

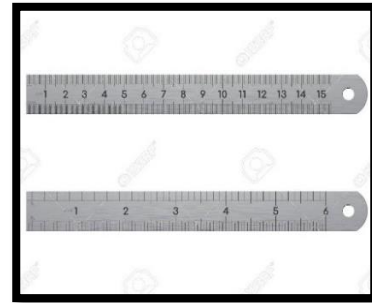


Figura 72: Regla metálica

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com.



Figura 67: Cronometro

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com



Figura 70: Wincha de 100 m

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com



Figura 73: Nivel de burbuja

Fuente: arkiplus.maquinas y equipos.com



Figura 68: Rugosímetro de Merlín

Fuente: www.pinzuar.com.



Figura 71: Conos de seguridad

Fuente: epplima.com



Figura 74: Chalecos de seguridad

Fuente: epplima.com

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

La recolección de datos de la presente investigación se realizó en el año 2018, para 4 diferentes pruebas como fueron:

- ✓ Registro de las irregularidades verticales de la vía de pavimento flexible del tramo en estudio para el cálculo del PSI con los datos obtenidos del rugosímetro de Merlín en el mes de octubre.
- ✓ Registro de fallas superficiales visibles sobre la carpeta de rodadura utilizando la metodología PCI en el mes de noviembre.
- ✓ Registro de fallas superficiales visibles sobre la carpeta de rodadura utilizando la metodología francesa VIZIR en el mes de noviembre.
- ✓ Aforo vehicular en los 3 diferentes tramos de la vía en estudio en el mes de diciembre.

3.5.1. Recolección de datos para el Método (PCI) y Método VIZIR

a) Equipos utilizados en la prueba



Figura 75: Equipos usados en la toma de datos del método PCI y método VIZIR

Fuente: epplima.com

b) Procedimiento

Para las metodologías PCI y VIZIR es el mismo procedimiento con la diferencia de identificar las fallas de acuerdo a las especificaciones de cada método.

- I. Primeramente, se realizó el reconocimiento de las características de la vía en estudio tales como: longitud de la vía, ancho de calzada, número de carriles, tipo de superficie de rodadura.



Figura 76: Medición del ancho de calzada

Fuente: Elaboración propia

- II. Se realizó la división de la vía en unidades de muestra de longitud de 31.5 m para los tramos Collana – Posta Medica San Jerónimo y tramo Posta Medica San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner. Y de longitud de 26 m para los tramos de Av. Clorinda Matto de Turner Subida y Bajada según el método PCI que indica que el área de cada unidad de muestra debe estar entre en rango de $230.00 \pm 93.00 \text{ m}^2$. Este criterio de asume tanto para el método PCI y VIZIR.
- III. Se realizó el registro de las fallas existentes en cada tramo haciendo uso de los formatos de los métodos PCI y VIZIR.



Figura 77: Medición de la Longitud de la Falla
Fuente: Elaboración propia



Figura 78: Medición de la Profundidad de falla
Fuente: Elaboración Propia



Figura 79: Medición de la Profundidad de la Falla
Fuente: Elaboración propia



Figura 80: Medición de la Falla Piel de Cocodrilo
Fuente: Elaboración Propia



Figura 81: Medición de la Longitud de la Falla Fisura Longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



Figura 82: Medición de Falla Hundimiento

Fuente: Elaboración Propia



Figura 83: medición de Ancho de Calzada
Fuente: Elaboración Propia



Figura 84: Medición de Área de Falla tipo Huevo
Fuente: Elaboración Propia



Figura 85: Medición de Profundidad de Falla tipo Huevo
Fuente: Elaboración Propia



Figura 86: Medición de Falla tipo Fisuras en Bloque
Fuente: Elaboración Propia

c) Toma de datos

- ✓ Toma de datos del método PCI

Tabla 24: Registro de Datos de la UM-11

Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)					
Nombre de la vía:	Prolongación Av. Manco Capac				
Evaluado por:	Condori Nelly y Goyzueta Shirley				
Fecha:	viernes, 16 de Noviembre de 2018				
Progresiva inicial:	00+ 315	Unidad de Muestra:	P- 11		
Progresiva final:	00+ 346.5	Area Muestra:	283.50 m2		
Tipos de falla para pavimento flexible				Escala del PCI	
1. PIEL DE COCODRILO	11. PARCHEO	100			
2. EXUDACIÓN	12. PULIMIENTO DE AGREGADOS	85			
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13. HUECOS	70			
4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14. CRUCE DE VÍA FERREA	55			
5. CORRUGACIÓN	15. AHUELLAMIENTO	40			
6. DEPRESIÓN	16. DESPLAZAMIENTO	25			
7. GRIETA DE BORDE	17. GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)	10			
8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	18. HINCHAMIENTO	0			
9. DESNIVEL CARRIL / BERMA	19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					
Fallas existentes					
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido
8	B	17.00	17.00	6.00	4.00
8	M	50.00	50.00	17.64	23.9
11	M	4.50	4.50	1.59	12.6
11	B	3.60	3.60	1.27	2.9
15	B	103.95	103.95	36.67	42.7
Nro = q	VALORES DEDUCIDOS			VDT	VDC
5	42.73	12.58	2.87	86.11	44.1
4	42.73	12.58	2.00	85.24	48.1
3	42.73	12.58	2.00	83.24	52.6
2	42.73	2.00	2	72.66	52.6
1	42.73	2.00	2	50.73	50.7
Cálculo del PCI					
VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO (HDV) =	42.7	"Q" Numero de VD > 2 =		5	
NÚMERO MAXIMO. DE VALORES DEDUCIDOS (m) =	6.26	==>	6.00	CDV =	53
VALOR DEDUCIDO TOTAL (CDT)=	86.1	PCI = 100 - CDV			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (CDV)=	52.86	47 REGULAR			

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Toma de datos del método VIZIR

Tabla 25: Registro de Datos de la UM-11

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO– 2018"</p> </div> </div>										
Método VIZIR										
Nombre de la vía:		Prolongacion Av. Manco Capac								
Evaluated por:		Condori Nelly y Goyzueta Shirley								
Fecha:		viernes, 16 de Noviembre de 2018								
Progresiva inicial:		00+ 315	Unidad de Muestra		P- 11					
Progresiva final:		00+ 346.5	Area Muestra:		283.50 m2					
Tipos de falla para pavimento flexible										
AHUELLAMIENTO	AH	m2	FISURACION LONGITUDINAL DE JUNTA			FLJ	m			
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	DL	m2	FISURA TRANSVERSAL DE JUNTA DE CONSTRUCCION			FTJ	m			
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS TRANSVERSALES	DT	m2	FISURAS DE CONTRACCION TERMICA			FCT	m			
FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA	FLF	m	FISURAS PARABOLICAS			FP	m			
FISURAS PIEL DE COCODRILO	FPC	m2	FISURA DE BORDE			FB	m			
BACHEOS Y PARCHEOS	B	m2	OJOS DE PESCADO			O	und			
			DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO DE MEZCLA			DM	m			
			PERDIDA DE LA PELICULA DE LIGANTE			PL	m2			
			PERDIDA DE AGREGADOS			PA	m2			
			DESCASCAMIENTO			D	m2			
			PULIMENTO DE AGREGADOS			PU	m2			
			EXUDACION			EX	m2			
			AFLORAMIENTO DE MORTERO			AM	m2			
			AFLORAMIENTO DE AGUA			AA	m2			
			DESINTEGRACION DE LOS BORDES DEL PAVIMENTO			DB	m2			
			ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA			ECB	m			
			EROSION DE LAS BERMAS			EB	m			
			SEGREGACION			S	m2			
Fallas existentes										
Tipo de Falla	Codigo	Severidad	Cantidades Parciales	Extension	If	Id	Is	Cr	Is Final	Calificacion
B	FLJ	1	0.17	0.06					3	REGULAR
B	FLJ	2	0.5	0.18						
A	B	1	3.6	1.27						
A	B	2	4.5	1.59						
A	AH	1	103.95	36.67						
					2	2	3	0		

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. Recolección de datos para el Método (PSI)

a) Equipos utilizados en la prueba



Figura 87: Equipos usados en la toma de datos del método PSI

Fuente: eplima.com

b) Procedimiento

Antes de realizar la toma de datos, se hizo una planificación con respecto a la cantidad de personas que se requerían para operar este equipo, y un horario para no tener inconvenientes con el tráfico de la vía; para lo cual se dispuso una persona que condujera el equipo de Merlín y realizara las lecturas, una persona para la toma de datos y dos personas de apoyo que controlaron y desviaron el tráfico vehicular.

Debido a alto flujo vehicular en esta zona, se decidió tomar los datos durante la noche a partir de las 12:00pm, iniciando con el ensayo el 26 de octubre del 2018.



Figura 88: Equipos usados en la toma de datos del método PSI

Fuente: Elaboración Propia

Para tomar los datos se siguieron los siguientes pasos:

- I. Se inicia con la calibración del equipo, ubicándolo en una superficie horizontal para luego ajustar sus puntos de apoyo hasta que el puntero marque 25.



Figura 89: Nivelación del Rugosímetro de Merlín para la calibración del equipo

Fuente: Elaboración Propia

- II. Colocar al equipo en el punto de inicio del ensayo (Km 00), el cual debe de estar ubicado a la vez en la huella exterior del tráfico de la vía, y leer la primera lectura (L_i), tal cual se estaciona el equipo, y seguidamente la lectura final (L_f), la cual se toma con la pastilla de calibración colocada. Este proceso es para determinar el factor de corrección para el ajuste del rango (D).



Figura 90: Punto de Inicio del ensayo con el Uso del Rugosímetro de Merlín

Fuente: Elaboración Propia



Figura 91: Colocación de la pastilla de calibración para toma de lecturas (L_i) y (L_f)

Fuente: Elaboración Propia

- III. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante (una vuelta de la rueda). El operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.



Figura 92: Operando el Rugosímetro de Merlín

Fuente: Elaboración Propia

- IV. Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; lo cual es aproximadamente la dimensión de la circunferencia de la rueda del MERLÍN, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.
En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo.



Figura 93: Puntos fijos de apoyo del Rugosímetro de Merlín

Fuente: Elaboración Propia

- V. En las siguientes ubicaciones se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas.



Figura 94: Punto Final del ensayo con el Uso del Rugosímetro de Merlín

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó aforos vehiculares en los 3 tramos establecidos para hallar el IMDa de cada tramo y verificar si este está en correlación con el IRI planteado por el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del 2014.

Figura 95: Aforo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC – Bajada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 96: Aforo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC – Subida



Fuente: Elaboración Propia

c) Toma de datos

✓ Toma de datos del método PSI

- I. Del formato mostrado a continuación, cada casillero indica una vuelta completa de la rueda del Rugosímetro de Merlín, tomando un total de 200 datos en una longitud aproximada de 400m en cada ensayo. Los datos se llenan de arriba para abajo y de izquierda a derecha y toda observación es apuntada.

Tabla 26: Formato de llenado de datos para el Método PCI

TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA - AV. MANCO CAPAC - PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO- 2018"

Ensayos con el Rugosímetro de MERLIN

Carretera:		Operador 1:	
Km:		Operador 2:	
Progresiva:			
Tramo:			

Ensayo N°:	Fecha:	Hora:	
------------	--------	-------	--

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

Tramo:

ESQUEMA

Tipo de pavimento:

- Afirmado
- Base granular
- Base imprimada
- Tratamiento bicapa
- Carpeta en frío
- Carpeta en caliente
- Recapeo asfáltico
- Sello

Observaciones:

400 Datos

Fuente: Elaboración Propia

- II. Se midió toda la carretera en forma continua; y se obtuvo 12 formatos del carril de bajada y 12 formatos del carril de subida, de los cuales a continuación se presenta el ensayo N° 05 del carril de bajada y los otros ensayos se encuentran en los Anexos.

Tabla 27: Registro de Datos del ensayo N° 05

TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO- 2018"

Ensayos con el Rugosímetro de MERLIN

Carretera: Carretera (PE-3S) **Operador 1:** Condori Apaza Nelly
Km: 02 **Operador 2:** Goyzueta Masias Shirley
Progresiva: 01+600 al 02+000
Tramo: Penal Qenqoro a Av. Retamales

Ensayo N°: 05 **Fecha:** 22 de octubre de 2018 **Hora:** 02:31:00 a. m.

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

Tramo:

Tipo de pavimento:

Afirmado	<input type="checkbox"/>
Base granular	<input type="checkbox"/>
Base imprimada	<input type="checkbox"/>
Tratamiento bicapa	<input type="checkbox"/>
Carpeta en frío	<input type="checkbox"/>
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
Recapeo asfáltico	<input checked="" type="checkbox"/>
Sello	<input type="checkbox"/>

Observaciones: li 29

lf 19

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Procedimientos de Análisis de datos

3.6.1. Método PCI

a) Procedimiento de Cálculo de PCI

Paso 1:

Como ejemplo de cálculo se tomará la unidad de muestra UM-11

Primeramente, se totaliza las fallas registradas con su respectivo nivel de severidad y luego se calcula la densidad con la siguiente formula.

$$Densidad = \frac{Area\ de\ Falla}{Area\ Total}$$

Tabla 28: Cálculo de la Densidad de fallas

Fallas existentes					
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido
8	B	17.00	17.00	6.00	
8	M	50.00	50.00	17.64	
11	M	4.50	4.50	1.59	
11	B	3.60	3.60	1.27	
15	B	103.95	103.95	36.67	

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2:

Se determina el valor deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las tablas que se denominan valor deducido de falla.

Si ninguno o tan solo uno de los valores deducidos es mayor que 2 se usa el valor deducido total. Caso contrario se ordena los valores deducidos de mayor a menor y se realiza el cálculo de “Numero Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)”.

Tabla 29: Determinación de Valores Deducidos Individuales

Fallas existentes					
Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Deducido
8	B	17.00	17.00	6.00	4.00
8	M	50.00	50.00	17.64	23.9
11	M	4.50	4.50	1.59	12.6
11	B	3.60	3.60	1.27	2.9
15	B	103.95	103.95	36.67	42.7

Fuente: Elaboración Propia

Paso 3:

Cálculo de Numero Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) con la siguiente expresión:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

M: Número Máximo Admisible de Valores Deducidos

HDV: El mayor valor deducido individual de cada unidad de muestra.

Paso 4:

Se lista los valores deducidos de mayor a menor y se toma los m primeros valores deducidos y se determina el número de valores deducidos “q”, mayores que 2. Luego se procede a reducir a 2 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor a 2 y se repite este proceso iterativamente hasta que q=1.

Paso 5:

Se suma horizontalmente los valores deducidos y con este resultado y el valor de “q” se obtendrá el valor deducido corregido para cada una de las sumas como se puede ver en la Tabla 19.

Tabla 30: Cálculo de Valores Deducidos Corregidos

Nro = q	VALORES DEDUCIDOS					VDT	VDC
5	42.73	23.93	12.58	4.00	2.87	86.11	44.1
4	42.73	23.93	12.58	4.00	2.00	85.24	48.1
3	42.73	23.93	12.58	2.00	2.00	83.24	52.6
2	42.73	23.93	2.00	2.00	2	72.66	52.9
1	42.73	2.00	2.00	2.00	2	50.73	50.7

Fuente: Elaboración Propia

Paso 6:

Se determina el máximo valor Deducido Corregido

Valor Deducido Máximo (HDV)= 52.86

Paso 7:

El PCI de la unidad de muestra (UM) se calcula restando de 100 el máximo valor deducido corregido.

$$PCI = 100 - 52.86 = 47.14$$

Resultados de todas la Unidades de Muestra

Tabla 31: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 1er tramo

Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT O MAX VDC	PCI	CONDICIÓN
UM-01	0+000.00	0+031.50	60.43	39.57	POBRE
UM-02	0+031.50	0+063.00	44.53	55.47	REGULAR
UM-03	0+063.00	0+094.50	74.82	25.18	MUY POBRE
UM-04	0+094.50	0+126.00	55.76	44.24	REGULAR
UM-05	0+126.00	0+157.50	77.41	22.59	MUY POBRE
UM-06	0+157.50	0+189.00	79.86	20.14	MUY POBRE
UM-07	0+189.00	0+220.50	55.90	44.10	REGULAR
UM-08	0+220.50	0+252.00	59.92	40.08	POBRE

Continua...



UM-09	0+252.00	0+283.50	61.75	38.25	POBRE
UM-10	0+283.50	0+315.00	92.02	7.98	FALLADO
UM-11	0+315.00	0+346.50	52.86	47.14	REGULAR
UM-12	0+346.50	0+378.00	41.40	58.60	BUENA
UM-13	0+378.00	0+409.50	43.89	56.11	BUENA
UM-14	0+409.50	0+441.00	43.97	56.03	BUENA
UM-15	0+441.00	0+472.50	43.78	56.22	BUENA
UM-16	0+472.50	0+504.00	43.18	56.82	BUENA
UM-17	0+504.00	0+535.50	34.03	65.97	BUENA
UM-18	0+535.50	0+567.00	66.36	33.64	POBRE
UM-19	0+567.00	0+598.50	61.80	38.20	POBRE
UM-20	0+598.50	0+630.00	82.24	17.76	MUY POBRE
UM-21	0+630.00	0+661.50	80.13	19.87	MUY POBRE
UM-22	0+661.50	0+693.00	80.69	19.31	MUY POBRE
UM-23	0+693.00	0+724.50	81.25	18.75	MUY POBRE
UM-24	0+724.50	0+756.00	83.30	16.70	MUY POBRE
UM-25	0+756.00	0+787.50	79.58	20.42	MUY POBRE
UM-26	0+787.50	0+819.00	46.35	53.65	REGULAR
UM-27	0+819.00	0+850.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-28	0+850.50	0+882.00	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-29	0+882.00	0+913.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-30	0+913.50	0+945.00	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-31	0+945.00	0+976.50	66.01	33.99	POBRE
UM-32	0+976.50	1+008.00	31.64	68.36	BUENA
UM-33	1+008.00	1+039.50	17.31	82.69	MUY BUENA
UM-34	1+039.50	1+071.00	25.08	74.92	MUY BUENA
UM-35	1+071.00	1+102.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-36	1+102.50	1+134.00	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-37	1+134.00	1+165.50	56.27	43.73	REGULAR
UM-38	1+165.50	1+197.00	57.90	42.10	REGULAR
UM-39	1+197.00	1+228.50	56.27	43.73	REGULAR

Continua...

UM-40	1+228.50	1+260.00	56.81	43.19	REGULAR
UM-41	1+260.00	1+291.50	35.90	64.10	BUENA
UM-42	1+291.50	1+323.00	34.43	65.57	BUENA
UM-43	1+323.00	1+354.50	30.03	69.97	BUENA
UM-44	1+354.50	1+386.00	36.51	63.49	BUENA
UM-45	1+386.00	1+417.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-46	1+417.50	1+449.00	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-47	1+449.00	1+480.50	5.07	94.93	EXCELENTE
UM-48	1+480.50	1+512.00	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-49	1+512.00	1+543.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-50	1+543.50	1+575.00	11.70	88.30	EXCELENTE
UM-51	1+575.00	1+606.50	0.00	100.00	EXCELENTE
UM-52	1+606.50	1+638.00	36.30	63.70	BUENA
UM-53	1+638.00	1+669.50	62.55	37.45	POBRE
UM-54	1+669.50	1+701.00	67.11	32.89	POBRE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 2do tramo

Tramo: Posta médica de San Jerónimo Av. - Clorinda Matto de Turner					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT O MAX VDC	PCI	CONDICIÓN
UM-55	1+701.00	1+732.50	83.80	16.20	MUY POBRE
UM-56	1+732.50	1+764.00	89.08	10.92	MUY POBRE
UM-57	1+764.00	1+795.50	93.21	6.79	FALLADO
UM-58	1+795.50	1+827.00	91.59	8.41	FALLADO
UM-59	1+827.00	1+858.50	72.90	27.10	POBRE
UM-60	1+858.50	1+890.00	98.87	1.13	FALLADO
UM-61	1+890.00	1+921.50	75.07	24.93	MUY POBRE
UM-62	1+921.50	1+953.00	96.75	3.25	FALLADO
UM-63	1+953.00	1+984.50	68.90	31.10	POBRE
UM-64	1+984.50	2+016.00	83.30	16.70	MUY POBRE

Continua...

UM-65	2+016.00	2+047.50	96.73	3.27	FALLADO
UM-66	2+047.50	2+079.00	88.80	11.20	MUY POBRE
UM-67	2+079.00	2+110.50	97.44	2.56	FALLADO
UM-68	2+110.50	2+142.00	97.36	2.64	FALLADO
UM-69	2+142.00	2+173.50	90.40	9.60	FALLADO
UM-70	2+173.50	2+205.00	98.12	1.88	FALLADO
UM-71	2+205.00	2+236.50	97.91	2.09	FALLADO
UM-72	2+236.50	2+268.00	43.83	56.17	BUENA
UM-73	2+268.00	2+299.50	93.65	6.35	FALLADO
UM-74	2+299.50	2+331.00	94.72	5.28	FALLADO
UM-75	2+331.00	2+362.50	95.21	4.79	FALLADO
UM-76	2+362.50	2+394.00	87.78	12.22	MUY POBRE
UM-77	2+394.00	2+425.50	96.84	3.16	FALLADO
UM-78	2+425.50	2+457.00	99.31	0.69	FALLADO
UM-79	2+457.00	2+488.50	96.61	3.39	FALLADO
UM-80	2+488.50	2+520.00	77.68	22.32	MUY POBRE
UM-81	2+520.00	2+551.50	93.01	6.99	FALLADO
UM-82	2+551.50	2+583.00	79.14	20.86	MUY POBRE
UM-83	2+583.00	2+614.50	54.83	45.17	REGULAR
UM-84	2+614.50	2+646.00	84.51	15.49	MUY POBRE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 3er tramo

Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner - Paradero Grifo Mobil					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT O MAX VDC	PCI	CONDICIÓN
UM-85	2+646.00	2+672.00	57.94	42.06	REGULAR
UM-86	2+672.00	2+698.00	62.94	37.06	POBRE
UM-87	2+698.00	2+724.00	73.10	26.90	POBRE
UM-88	2+724.00	2+750.00	26.66	73.34	MUY BUENA
UM-89	2+750.00	2+776.00	57.74	42.26	REGULAR

Continua...



UM-90	2+776.00	2+802.00	89.28	10.72	MUY POBRE
UM-91	2+802.00	2+828.00	64.47	35.53	POBRE
UM-92	2+828.00	2+854.00	28.25	71.75	MUY BUENA
UM-93	2+854.00	2+880.00	60.35	39.65	POBRE
UM-94	2+880.00	2+906.00	47.16	52.84	REGULAR
UM-95	2+906.00	2+932.00	47.10	52.90	REGULAR
UM-96	2+932.00	2+958.00	82.15	17.85	MUY POBRE
UM-97	2+958.00	2+984.00	77.36	22.64	MUY POBRE
UM-98	2+984.00	3+010.00	68.84	31.16	POBRE
UM-99	3+010.00	3+036.00	69.05	30.95	POBRE
UM-100	3+036.00	3+062.00	90.65	9.35	FALLADO
UM-101	3+062.00	3+088.00	77.00	23.00	MUY POBRE
UM-102	3+088.00	3+114.00	77.00	23.00	MUY POBRE
UM-103	3+114.00	3+140.00	82.66	17.34	MUY POBRE
UM-104	3+140.00	3+166.00	59.00	41.00	REGULAR
UM-105	3+166.00	3+192.00	56.45	43.55	REGULAR
UM-106	3+192.00	3+218.00	64.72	35.28	POBRE
UM-107	3+218.00	3+244.00	68.50	31.50	POBRE
UM-108	3+244.00	3+270.00	57.53	42.47	REGULAR
UM-109	3+270.00	3+296.00	53.93	46.07	REGULAR
UM-110	3+296.00	3+322.00	50.40	49.60	REGULAR
UM-111	3+322.00	3+348.00	54.67	45.33	REGULAR
UM-112	3+348.00	3+374.00	54.15	45.85	REGULAR
UM-113	3+374.00	3+400.00	25.17	74.83	MUY BUENA
UM-114	3+400.00	3+426.00	54.76	45.24	REGULAR
UM-115	3+426.00	3+452.00	46.70	53.30	REGULAR
UM-116	3+452.00	3+478.00	49.18	50.82	REGULAR
UM-117	3+478.00	3+504.00	48.93	51.07	REGULAR
UM-118	3+504.00	3+530.00	57.56	42.44	REGULAR
UM-119	3+530.00	3+556.00	56.17	43.83	REGULAR
UM-120	3+556.00	3+582.00	28.25	71.75	MUY BUENA

Continua...



UM-121	3+582.00	3+608.00	62.00	38.00	POBRE
UM-122	3+608.00	3+634.00	56.08	43.92	REGULAR
UM-123	3+634.00	3+660.00	73.54	26.46	POBRE
UM-124	3+660.00	3+686.00	58.92	41.08	REGULAR
UM-125	3+686.00	3+712.00	70.75	29.25	POBRE
UM-126	3+712.00	3+738.00	67.24	32.76	POBRE
UM-127	3+738.00	3+764.00	59.53	40.47	REGULAR
UM-128	3+764.00	3+790.00	58.14	41.86	REGULAR
UM-129	3+790.00	3+816.00	67.23	32.77	POBRE
UM-130	3+816.00	3+842.00	56.71	43.29	REGULAR
UM-131	3+842.00	3+868.00	35.09	64.91	BUENA
UM-132	3+868.00	3+894.00	49.59	50.41	REGULAR
UM-133	3+894.00	3+920.00	31.09	68.91	BUENA
UM-134	3+920.00	3+946.00	29.25	70.75	MUY BUENA
UM-135	3+946.00	3+972.00	34.19	65.81	BUENA
UM-136	3+972.00	3+998.00	48.04	51.96	REGULAR
UM-137	3+998.00	4+024.00	43.43	56.57	BUENA
UM-138	4+024.00	4+050.00	56.85	43.15	REGULAR
UM-139	4+050.00	4+076.00	41.17	58.83	BUENA
UM-140	4+076.00	4+102.00	49.97	50.03	REGULAR
UM-141	4+102.00	4+128.00	26.29	73.71	MUY BUENA
UM-142	4+128.00	4+154.00	44.81	55.19	BUENA
UM-143	4+154.00	4+180.00	49.53	50.47	REGULAR
UM-144	4+180.00	4+206.00	45.57	54.43	REGULAR
UM-145	4+206.00	4+232.00	46.81	53.19	REGULAR
UM-146	4+232.00	4+258.00	51.67	48.33	REGULAR
UM-147	4+258.00	4+284.00	46.10	53.90	REGULAR
UM-148	4+284.00	4+310.00	58.35	41.65	REGULAR
UM-149	4+310.00	4+336.00	58.35	41.65	REGULAR
UM-150	4+336.00	4+362.00	43.70	56.30	BUENA
UM-151	4+362.00	4+388.00	49.13	50.87	REGULAR

Continua...

UM-152	4+388.00	4+414.00	32.03	67.97	BUENA
UM-153	4+414.00	4+440.00	43.02	56.98	BUENA
UM-154	4+440.00	4+466.00	50.02	49.98	REGULAR
UM-155	4+466.00	4+492.00	42.70	57.30	BUENA
UM-156	4+492.00	4+518.00	66.00	34.00	POBRE
UM-157	4+518.00	4+544.00	76.44	23.56	MUY POBRE
UM-158	4+544.00	4+570.00	56.89	43.11	REGULAR
UM-159	4+570.00	4+596.00	74.30	25.70	POBRE
UM-160	4+596.00	4+622.00	58.27	41.73	REGULAR
UM-161	4+622.00	4+648.00	61.26	38.74	POBRE
UM-162	4+648.00	4+674.00	57.34	42.66	REGULAR
UM-163	4+674.00	4+700.00	72.36	27.64	POBRE
UM-164	4+700.00	4+726.00	73.13	26.87	#¡REF!
UM-165	4+726.00	4+752.00	78.35	21.65	MUY POBRE
UM-166	4+752.00	4+778.00	75.99	24.01	MUY POBRE
UM-167	4+778.00	4+804.00	81.43	18.57	MUY POBRE
UM-168	4+804.00	4+830.00	82.16	17.84	MUY POBRE
UM-169	4+830.00	4+856.00	80.33	19.67	MUY POBRE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: Valores de PCI con su respectiva Calificación para cada UM 4to tramo

Tramo: Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT O MAX VDC	PCI	CONDICIÓN
UM-85	2+646.00	2+672.00	50.23	49.77	REGULAR
UM-86	2+672.00	2+698.00	79.61	20.39	MUY POBRE
UM-87	2+698.00	2+724.00	20.75	79.25	MUY BUENA
UM-88	2+724.00	2+750.00	25.10	74.90	MUY BUENA
UM-89	2+750.00	2+776.00	52.94	47.06	REGULAR
UM-90	2+776.00	2+802.00	46.77	53.23	REGULAR
UM-91	2+802.00	2+828.00	75.74	24.26	MUY POBRE

Continua...



UM-92	2+828.00	2+854.00	69.47	30.53	POBRE
UM-93	2+854.00	2+880.00	37.73	62.27	BUENA
UM-94	2+880.00	2+906.00	54.64	45.36	REGULAR
UM-95	2+906.00	2+932.00	86.58	13.42	MUY POBRE
UM-96	2+932.00	2+958.00	64.09	35.91	POBRE
UM-97	2+958.00	2+984.00	49.30	50.70	REGULAR
UM-98	2+984.00	3+010.00	63.74	36.26	POBRE
UM-99	3+010.00	3+036.00	61.94	38.06	POBRE
UM-100	3+036.00	3+062.00	52.09	47.91	REGULAR
UM-101	3+062.00	3+088.00	52.17	47.83	REGULAR
UM-102	3+088.00	3+114.00	14.60	85.40	EXCELENTE
UM-103	3+114.00	3+140.00	3.81	96.19	EXCELENTE
UM-104	3+140.00	3+166.00	73.50	26.50	POBRE
UM-105	3+166.00	3+192.00	62.76	37.24	POBRE
UM-106	3+192.00	3+218.00	28.22	71.78	MUY BUENA
UM-107	3+218.00	3+244.00	46.10	53.90	REGULAR
UM-108	3+244.00	3+270.00	35.61	64.39	BUENA
UM-109	3+270.00	3+296.00	61.82	38.18	POBRE
UM-110	3+296.00	3+322.00	40.84	59.16	BUENA
UM-111	3+322.00	3+348.00	40.54	59.46	BUENA
UM-112	3+348.00	3+374.00	43.12	56.88	BUENA
UM-113	3+374.00	3+400.00	64.36	35.64	POBRE
UM-114	3+400.00	3+426.00	66.93	33.07	POBRE
UM-115	3+426.00	3+452.00	53.98	46.02	REGULAR
UM-116	3+452.00	3+478.00	39.07	60.93	BUENA
UM-117	3+478.00	3+504.00	68.60	31.40	POBRE
UM-118	3+504.00	3+530.00	92.21	7.79	FALLADO
UM-119	3+530.00	3+556.00	50.57	49.43	REGULAR
UM-120	3+556.00	3+582.00	72.27	27.73	POBRE
UM-121	3+582.00	3+608.00	41.42	58.58	BUENA
UM-122	3+608.00	3+634.00	53.31	46.69	REGULAR

Continua...



UM-123	3+634.00	3+660.00	49.73	50.27	REGULAR
UM-124	3+660.00	3+686.00	46.54	53.46	REGULAR
UM-125	3+686.00	3+712.00	55.21	44.79	REGULAR
UM-126	3+712.00	3+738.00	59.93	40.07	REGULAR
UM-127	3+738.00	3+764.00	62.15	37.85	POBRE
UM-128	3+764.00	3+790.00	55.59	44.41	REGULAR
UM-129	3+790.00	3+816.00	77.93	22.07	MUY POBRE
UM-130	3+816.00	3+842.00	50.87	49.13	REGULAR
UM-131	3+842.00	3+868.00	47.20	52.80	REGULAR
UM-132	3+868.00	3+894.00	45.07	54.93	REGULAR
UM-133	3+894.00	3+920.00	52.86	47.14	REGULAR
UM-134	3+920.00	3+946.00	50.97	49.03	REGULAR
UM-135	3+946.00	3+972.00	50.44	49.56	REGULAR
UM-136	3+972.00	3+998.00	64.99	35.01	POBRE
UM-137	3+998.00	4+024.00	49.83	50.17	REGULAR
UM-138	4+024.00	4+050.00	41.58	58.42	BUENA
UM-139	4+050.00	4+076.00	48.80	51.20	REGULAR
UM-140	4+076.00	4+102.00	50.96	49.04	REGULAR
UM-141	4+102.00	4+128.00	49.02	50.98	REGULAR
UM-142	4+128.00	4+154.00	47.76	52.24	REGULAR
UM-143	4+154.00	4+180.00	28.97	71.03	MUY BUENA
UM-144	4+180.00	4+206.00	37.50	62.50	BUENA
UM-145	4+206.00	4+232.00	46.83	53.17	REGULAR
UM-146	4+232.00	4+258.00	35.96	64.04	BUENA
UM-147	4+258.00	4+284.00	28.99	71.01	MUY BUENA
UM-148	4+284.00	4+310.00	37.07	62.93	BUENA
UM-149	4+310.00	4+336.00	34.43	65.57	BUENA
UM-150	4+336.00	4+362.00	26.90	73.10	MUY BUENA
UM-151	4+362.00	4+388.00	30.74	69.26	BUENA
UM-152	4+388.00	4+414.00	34.96	65.04	BUENA
UM-153	4+414.00	4+440.00	26.38	73.62	MUY BUENA



UM-154	4+440.00	4+466.00	44.87	55.13	BUENA
UM-155	4+466.00	4+492.00	61.34	38.66	POBRE
UM-156	4+492.00	4+518.00	73.00	27.00	POBRE
UM-157	4+518.00	4+544.00	57.90	42.10	REGULAR
UM-158	4+544.00	4+570.00	65.52	34.48	POBRE
UM-159	4+570.00	4+596.00	79.13	20.87	MUY POBRE
UM-160	4+596.00	4+622.00	74.58	25.42	POBRE
UM-161	4+622.00	4+648.00	41.60	58.40	BUENA
UM-162	4+648.00	4+674.00	75.95	24.05	MUY POBRE
UM-163	4+674.00	4+700.00	78.15	21.85	MUY POBRE
UM-164	4+700.00	4+726.00	80.89	19.11	MUY POBRE
UM-165	4+726.00	4+752.00	74.68	25.32	POBRE
UM-166	4+752.00	4+778.00	77.01	22.99	MUY POBRE
UM-167	4+778.00	4+804.00	52.91	47.09	REGULAR
UM-168	4+804.00	4+830.00	77.84	22.16	MUY POBRE
UM-169	4+830.00	4+856.00	57.00	43.00	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

b) Diagramas, Tablas

Cálculo de valores deducidos para cada tipo de falla.

Tabla 35: Valores Deducidos - Piel de Cocodrilo

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

Fuente: (D6433, 2007)

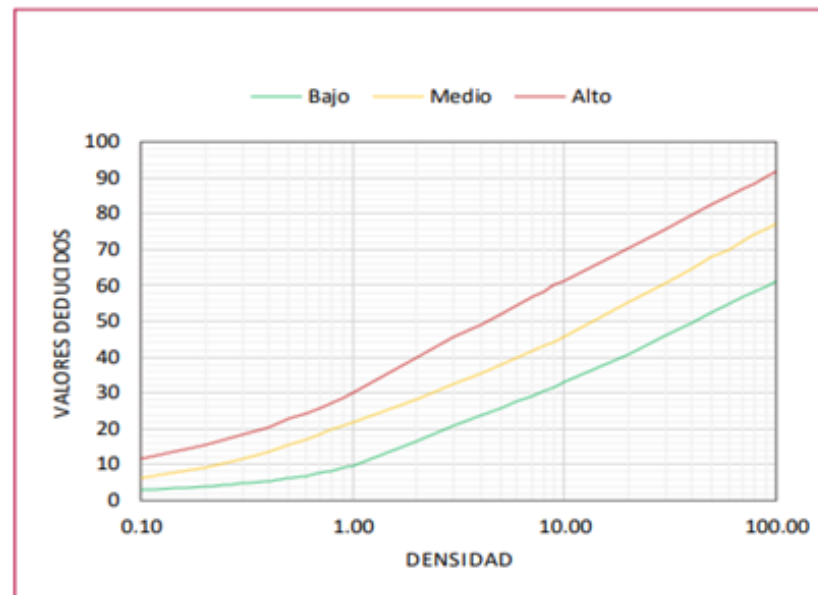


Figura 97: Curva de Valores Deducidos - Piel de Cocodrilo

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 36: Valores Deducidos - Exudación

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10

Fuente: (D6433, 2007)

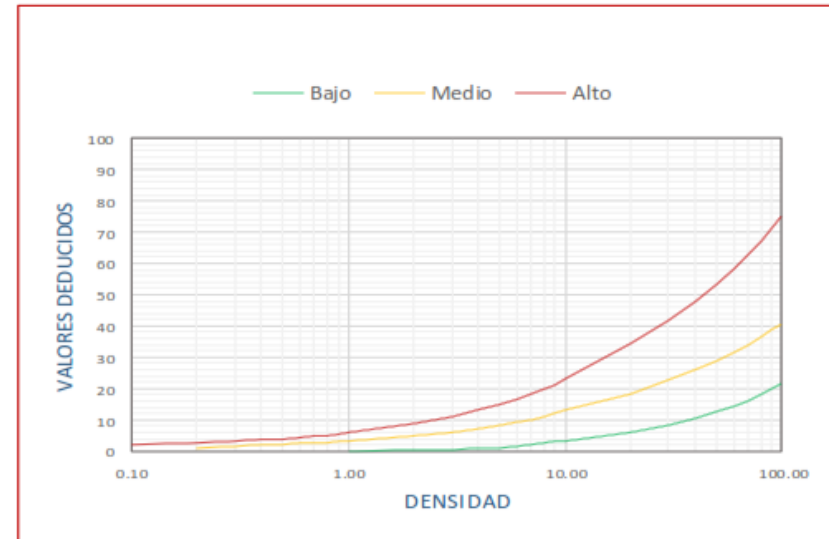


Figura 98: Curva de Valores Deducidos – Exudación

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 37: Valores Deducidos - Agrietamiento en Bloque

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			0.20
0.20			0.90
0.30			1.70
0.40			2.40
0.50			3.20
0.60		0.40	3.90
0.70		0.80	4.70
0.80		1.20	5.40
0.90		1.50	6.20
1.00	0.00	1.70	7.00
2.00	1.30	5.80	11.10
3.00	2.90	8.20	14.30
4.00	4.10	10.00	17.00
5.00	5.00	11.30	19.50
6.00	5.70	12.50	21.90
7.00	6.30	13.40	24.00
8.00	6.90	14.20	26.10
9.00	7.40	14.90	28.00
10.00	8.00	16.00	29.50
20.00	13.10	22.90	39.60
30.00	16.50	28.00	46.40
40.00	19.00	31.10	51.90
50.00	20.90	33.80	56.60
60.00	22.40	35.90	60.80
70.00	23.70	37.70	64.60
80.00	24.80	39.30	68.00
90.00	25.80	40.70	71.20
100.00	26.70	42.00	74.20

Fuente: (D6433, 2007)

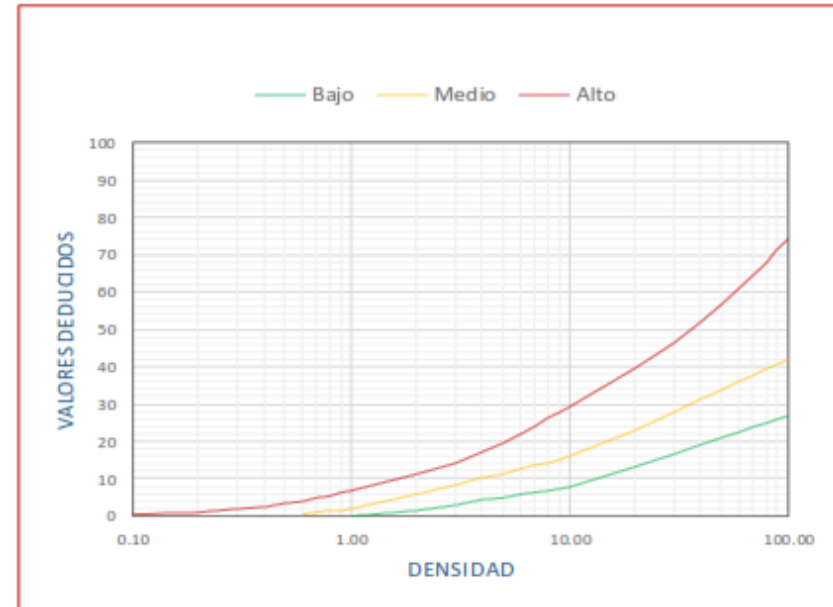


Figura 99: Curva de Valores Deducidos – Agrietamiento en Bloque

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 38: Valores Deducidos – Abultamientos y Hundimientos

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30		4.40	20.50
0.40	0.90	6.40	23.10
0.50	1.60	7.90	25.30
0.60	2.20	9.20	27.30
0.70	2.70	10.20	29.10
0.80	3.20	11.20	30.80
0.90	3.60	12.00	32.30
1.00	3.90	12.70	33.70
2.00	6.80	17.60	44.80
3.00	8.00	21.90	50.50
4.00	9.20	25.50	55.00
5.00	10.40	28.70	58.80
6.00	11.50	31.70	62.10
7.00	12.70	34.40	65.00
8.00	13.90	36.90	67.60
9.00	15.10	39.30	70.00
10.00	16.30	41.60	72.30
20.00	28.10	60.20	88.80
30.00	39.90	74.80	100.20
32.00	40.00	75.00	100.30
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

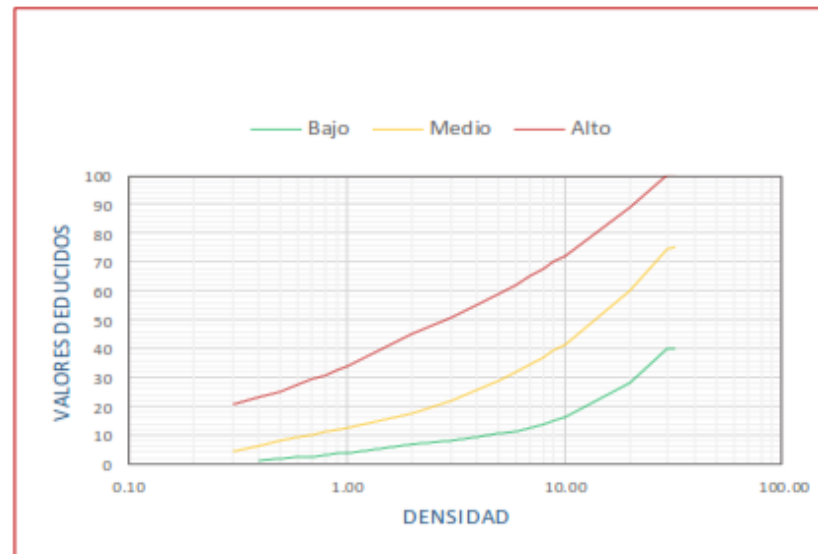


Figura 100: Curva de Valores Deducidos - Abultamientos y Hundimientos

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 39: Valores Deducidos – Corrugación

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.40	5.50	10.90
0.20	1.50	6.70	18.30
0.30	1.60	7.90	22.60
0.40	1.60	9.00	25.70
0.50	1.70	10.20	28.00
0.60	1.80	11.40	30.00
0.70	1.80	12.60	31.60
0.80	1.90	13.80	33.00
0.90	2.00	15.00	34.30
1.00	2.40	16.20	35.50
2.00	4.20	22.40	41.90
3.00	5.60	26.70	46.70
4.00	6.90	29.70	50.10
5.00	8.10	32.00	52.80
6.00	9.20	33.90	55.00
7.00	10.30	35.50	56.80
8.00	11.10	36.90	58.40
9.00	11.80	38.10	59.80
10.00	12.50	39.50	61.60
20.00	20.40	48.80	72.30
30.00	25.00	54.40	78.00
40.00	28.30	58.80	82.00
50.00	30.90	62.40	85.10
60.00	32.90	65.50	87.60
70.00	34.70	68.30	89.80
80.00	36.20	70.80	91.70
90.00	37.60	73.00	93.30
100.00	38.80	75.10	94.80

Fuente: (D6433, 2007)

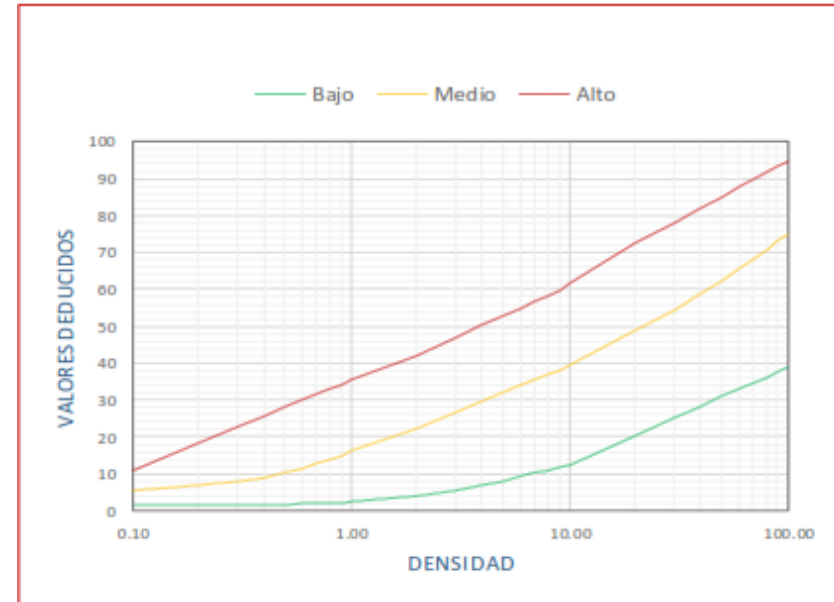


Figura 101: Curva de Valores Deducidos – Corrugación

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 40: Valores Deducidos – Depresión

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.80	7.80	12.60
0.20	3.90	7.80	13.00
0.30	3.90	7.80	13.50
0.40	3.90	7.90	14.00
0.50	3.90	8.00	14.50
0.60	3.90	8.10	15.00
0.70	4.00	8.10	15.50
0.80	4.00	8.20	15.90
0.90	4.00	8.30	16.40
1.00	4.10	9.00	17.00
2.00	5.40	11.20	20.70
3.00	6.80	14.00	24.60
4.00	8.10	16.40	27.80
5.00	9.40	18.60	30.60
6.00	10.80	20.60	33.10
7.00	12.10	22.40	35.40
8.00	13.50	24.10	37.50
9.00	14.80	25.70	39.40
10.00	16.20	27.30	41.30
20.00	29.80	42.00	56.90
30.00	34.50	50.30	61.30
40.00	37.80	52.70	64.50
50.00	40.40	54.60	66.90
60.00	42.50	56.20	68.90
70.00	44.30	57.50	70.60
80.00	45.90	58.60	72.00
90.00	47.20	59.60	73.30
100.00	48.40	60.50	74.50

Fuente: (D6433, 2007)

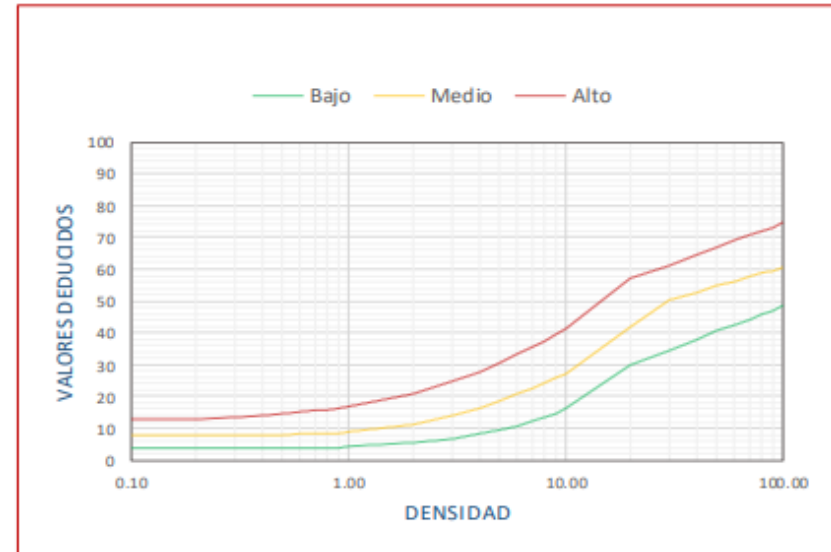


Figura 102: Curva de Valores Deducidos - Depresión

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 41: Valores Deducidos Grieta de Borde

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

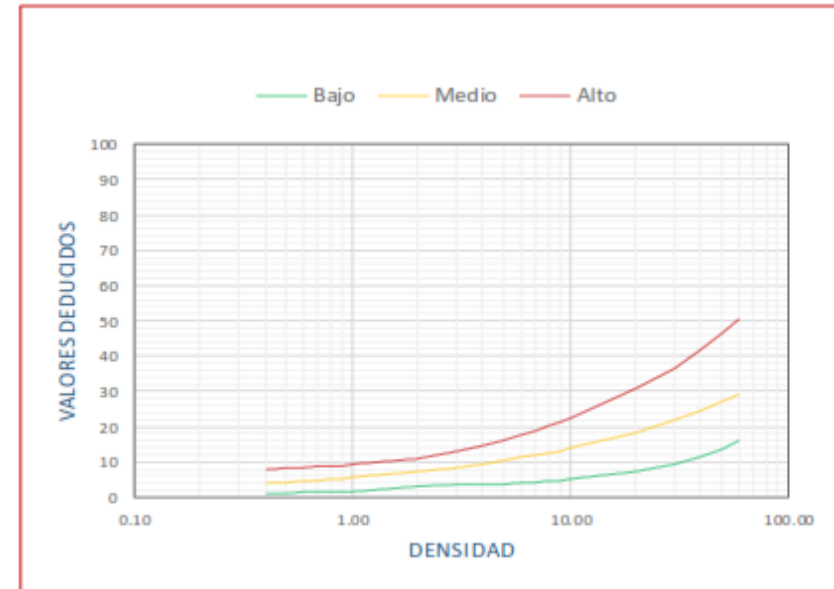


Figura 103: Curva de Valores Deducidos – Grieta de Borde

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 42: Valores Deducidos - Grieta de Reflexión de Junta

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40		1.60	2.80
0.50		1.80	4.00
0.60		2.00	5.00
0.70		2.10	5.80
0.80		2.30	6.50
0.90		2.50	7.10
1.00	0.40	2.60	7.10
2.00	1.10	4.30	11.20
3.00	1.90	5.90	14.40
4.00	2.60	7.50	17.30
5.00	3.30	9.20	19.90
6.00	4.00	10.80	22.30
7.00	4.70	12.50	24.50
8.00	5.40	14.10	26.70
9.00	6.10	15.70	28.70
10.00	6.60	16.60	30.70
20.00	10.10	26.20	49.50
30.00	12.90	31.80	59.00
40.00	15.30	36.10	63.80
50.00	17.50	38.10	66.60
60.00	19.50	39.80	68.90
70.00	21.50	41.20	70.80
80.00	23.30	42.20	72.50
90.00	25.00	43.50	73.90
100.00	26.60	44.40	75.30

Fuente: (D6433, 2007)

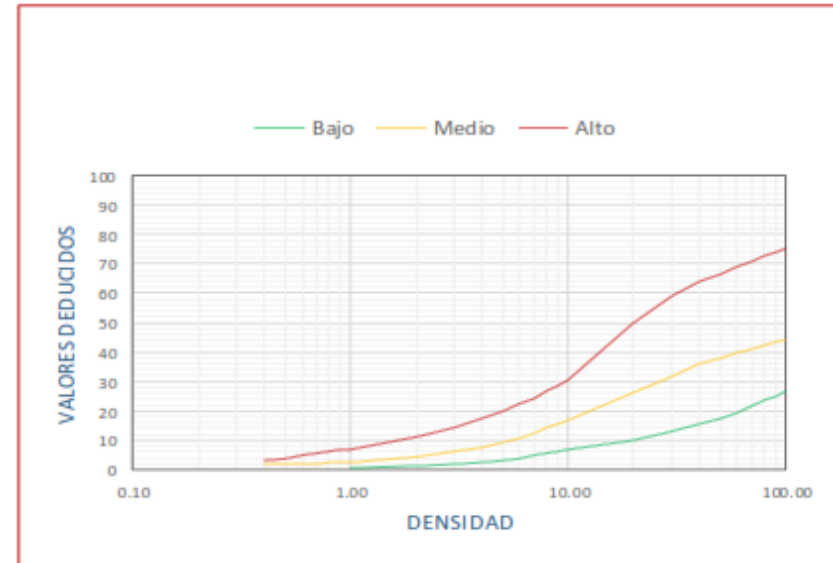


Figura 104: Curva de Valores Deducidos – Grieta de Reflexión de Junta

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 43: Valores Deducidos - Desnivel Carril Berma

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00	1.90	3.90	7.00
3.00	2.20	4.40	7.80
4.00	2.50	4.90	8.60
5.00	2.80	5.40	9.40
6.00	3.10	5.90	10.20
7.00	3.40	6.40	11.00
8.00	3.70	6.90	11.80
9.00	4.00	7.40	12.60
10.00	4.30	7.90	13.40
20.00	7.30	12.80	21.50
30.00	10.30	17.80	29.60
40.00	13.40	22.70	37.60
50.00	16.40	27.70	45.70
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

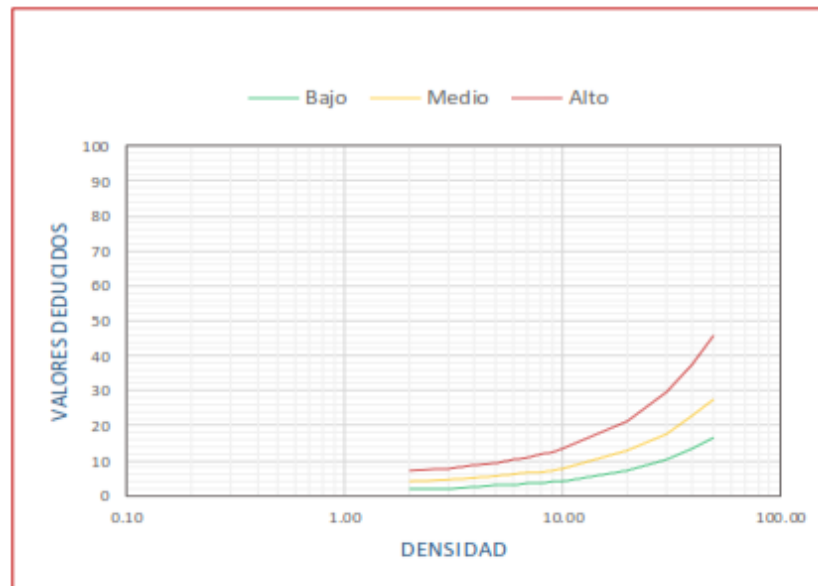


Figura 105: Curva de Valores Deducidos – Desnivel Carril Berma

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 44: Valores Deducidos - Grietas Longitudinales y Transversales

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50

Fuente: (D6433, 2007)

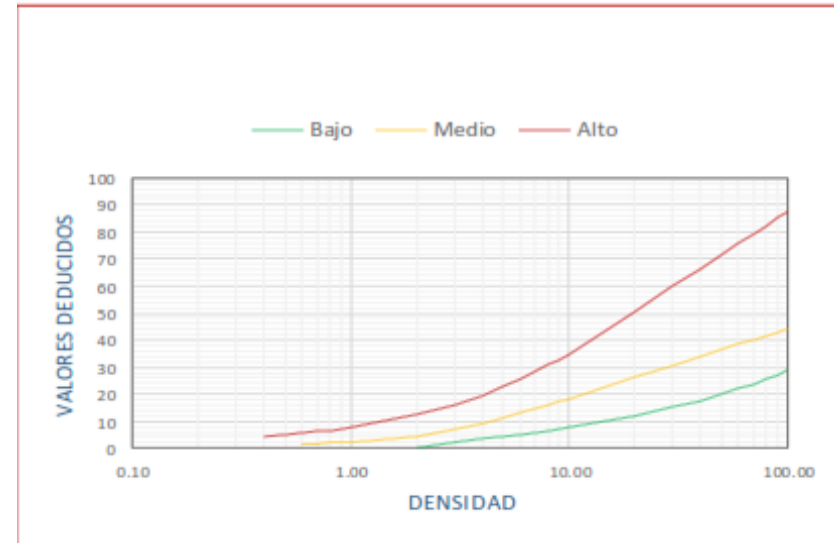


Figura 106: Curva de Valores Deducidos – Grietas Longitudinales y Transversales

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 45: Valores Deducidos - Parcheo

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.70	6.50
0.20		4.50	9.20
0.30		5.20	11.20
0.40		6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.00
1.00	2.30	10.10	20.00
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

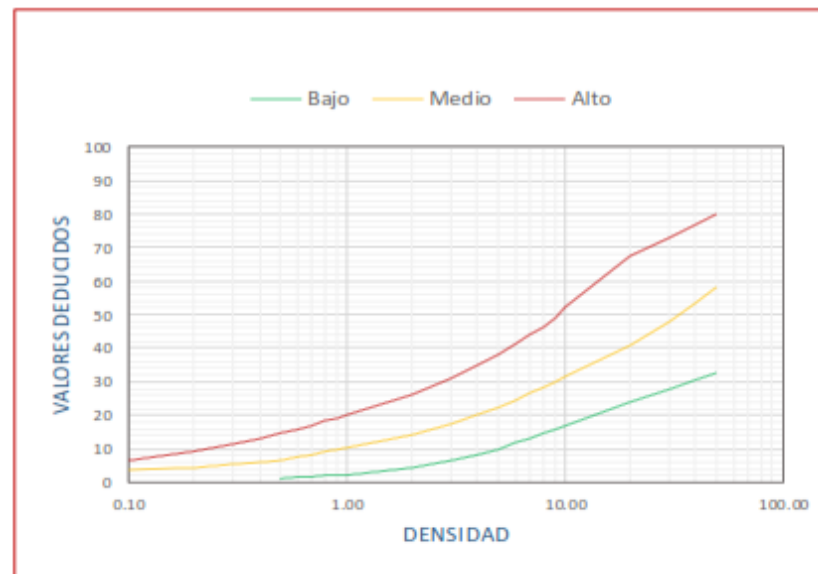


Figura 107: Curva de Valores Deducidos – Parcheo

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 46: Valores Deducidos - Pulimento de Agregados

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00			
3.00			
4.00		0.50	
5.00		1.20	
6.00		1.80	
7.00		2.30	
8.00		2.80	
9.00		3.10	
10.00		3.50	
20.00		6.50	
30.00		8.30	
40.00		10.10	
50.00		11.80	
60.00		13.60	
70.00		15.40	
80.00		17.10	
90.00		18.90	
100.00		20.70	

Fuente: (D6433, 2007)

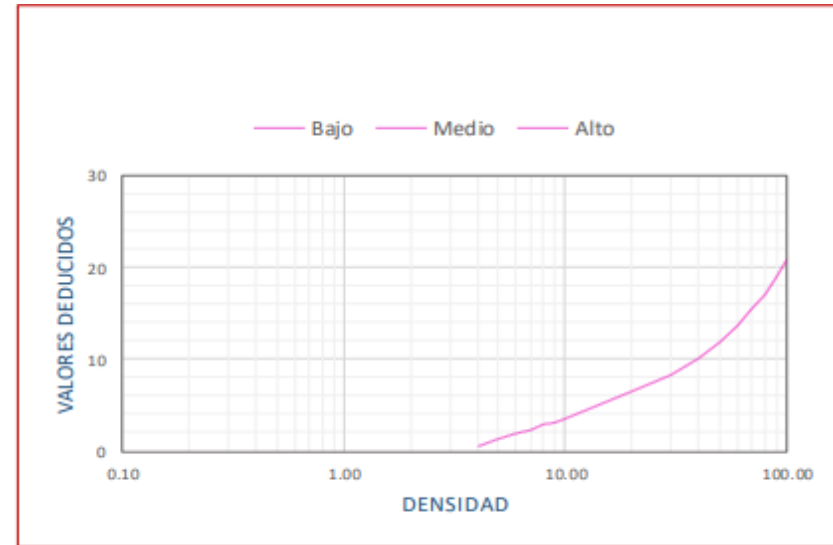


Figura 108: Curva de Valores Deducidos - Pulimento de Agregados

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 47: Valores Deducidos - Huecos

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	30.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.0
9.00	53.30	82.00	
10.00	55.00	86.50	
15.00	62.00	100.00	
30.00	74.30		
40.00	79.50		
50.00	83.60		
60.00	87.00		
70.00	89.80		
80.00	92.20		
90.00	94.40		
100.00	96.30		

Fuente: (D6433, 2007)

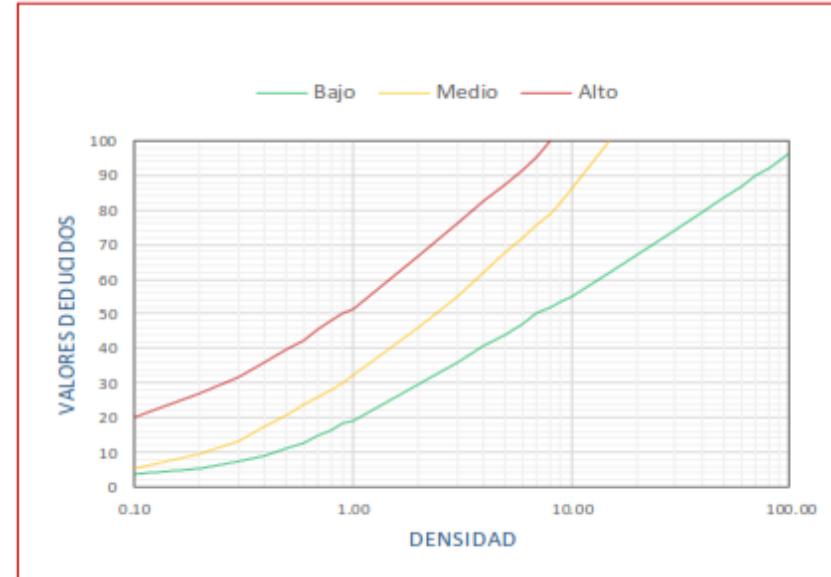


Figura 109: Curva de Valores Deducidos - Huecos

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 48: Valores Deducidos - Cruce de Línea Férrea

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.00	6.50	21.20
2.00	3.20	12.10	30.60
3.00	4.40	17.20	37.90
4.00	5.60	22.20	44.20
5.00	6.80	27.00	49.70
6.00	8.00	31.70	54.70
7.00	9.20	35.00	59.40
8.00	10.50	36.80	63.80
9.00	11.70	37.70	66.00
10.00	13.10	38.60	68.00
20.00	16.50	44.50	75.60
30.00	18.50	48.00	78.90
40.00	19.90	50.40	81.20
50.00	20.90	52.30	83.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

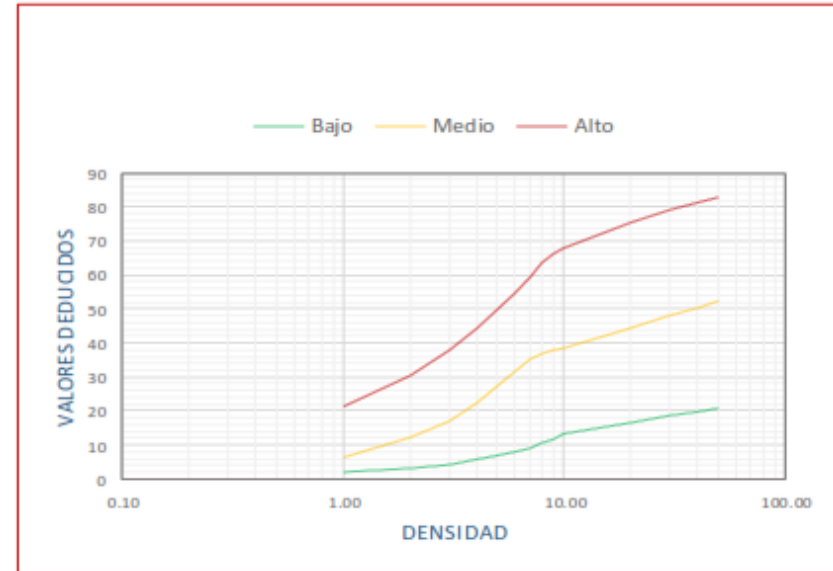


Figura 110: Curva de Valores Deducidos - Cruce de Línea Férrea

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 49: Valores Deducidos - Ahuellamiento

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.20
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.90	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90

Fuente: (D6433, 2007)

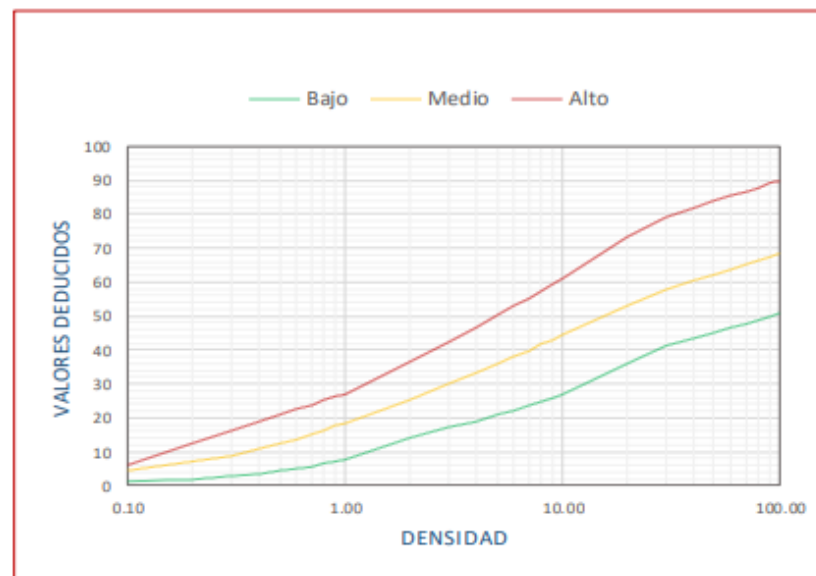


Figura 111: Curva de Valores Deducidos – Ahuellamiento

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 50: Valores Deducidos - Desplazamiento

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		2.20	8.00
0.20		3.10	9.63
0.30		4.00	10.70
0.40		4.80	12.00
0.50	1.10	5.70	13.30
0.60	2.00	6.60	14.60
0.70	2.80	7.50	15.90
0.80	3.50	8.30	17.20
0.90	4.10	9.20	18.60
1.00	4.60	10.50	19.50
2.00	7.70	15.40	26.10
3.00	10.60	19.00	31.20
4.00	13.00	22.10	35.40
5.00	14.90	24.80	39.00
6.00	16.50	27.30	42.30
7.00	17.80	29.60	45.20
8.00	18.90	31.70	48.00
9.00	19.90	33.70	50.50
10.00	21.30	35.60	53.10
20.00	28.00	49.30	65.20
30.00	31.90	55.90	72.30
40.00	34.60	60.50	77.30
50.00	36.80	64.10	81.20
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

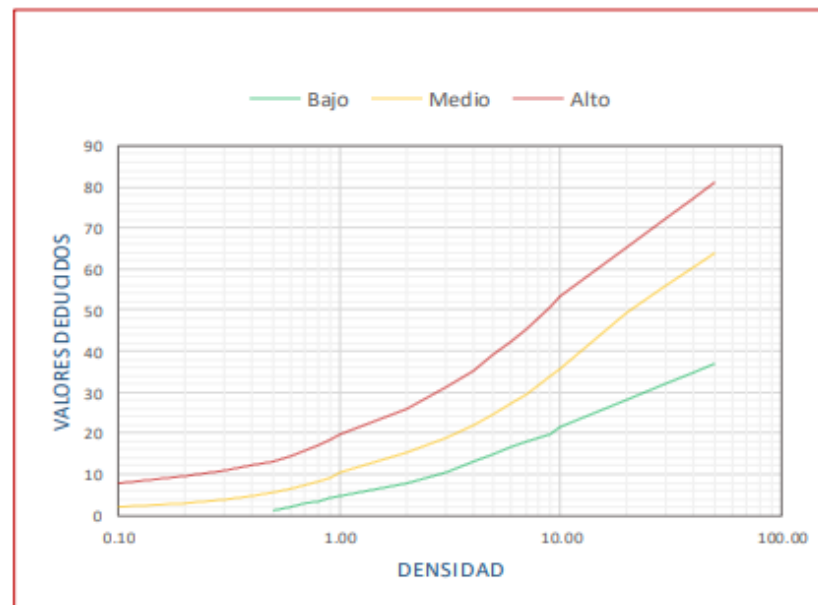


Figura 112: Curva de Valores Deducidos – Desplazamiento

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 51: Valores Deducidos - Grietas Parabólicas

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		1.00	4.00
0.20	0.80	3.60	6.50
0.30	1.60	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10

Fuente: (D6433, 2007)

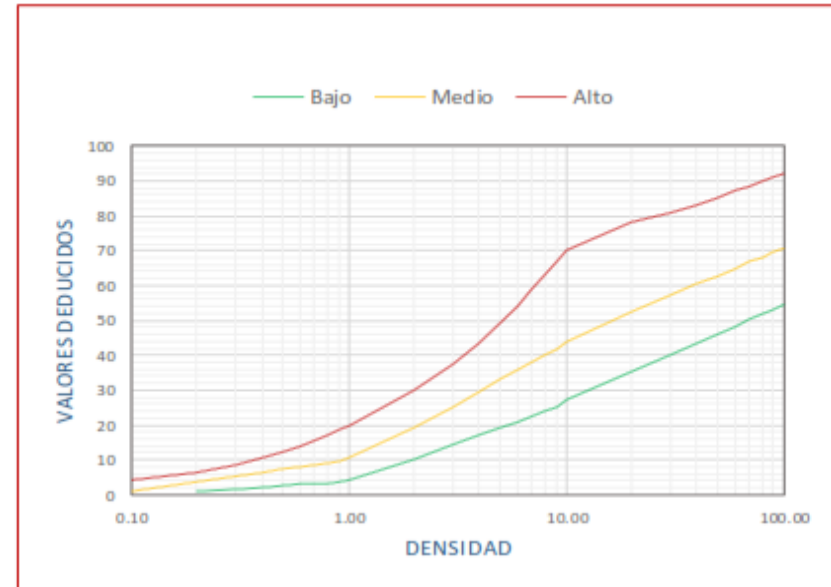


Figura 113: Curva de Valores Deducidos - Grietas Parabólicas

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 52: Valores Deducidos - Hinchamiento

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00			
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Fuente: (D6433, 2007)

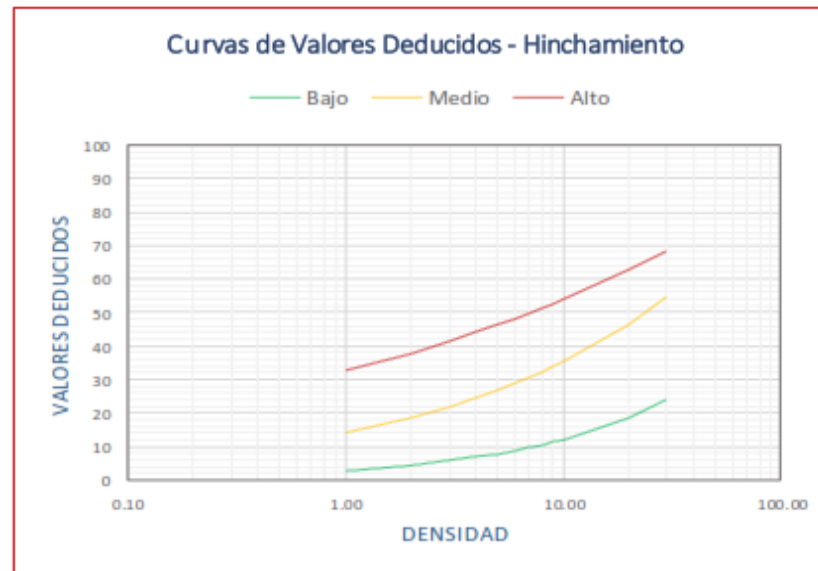


Figura 114: Curva de Valores Deducidos - Hinchamiento

Fuente: (D6433, 2007)

Tabla 53: Valores Deducidos - Desprendimiento de Agregados

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	0.30	4.40	5.70
0.20	0.40	5.70	8.80
0.30	0.80	6.50	10.60
0.40	1.20	7.00	11.90
0.50	1.40	7.40	12.90
0.60	1.60	7.80	13.70
0.70	1.70	8.10	14.40
0.80	1.90	8.30	15.00
0.90	2.00	8.50	15.50
1.00	2.00	8.90	16.00
2.00	2.30	10.00	21.00
3.00	2.70	11.20	24.90
4.00	3.00	12.30	28.20
5.00	3.30	13.40	30.90
6.00	3.70	14.50	33.40
7.00	4.00	15.70	35.60
8.00	4.30	16.80	37.70
9.00	4.60	17.90	39.60
10.00	4.60	19.00	42.00
20.00	8.00	25.30	54.50
30.00	10.00	29.90	60.60
40.00	11.40	33.10	65.00
50.00	12.50	35.60	68.40
60.00	13.40	37.60	71.10
70.00	14.10	39.30	73.50
80.00	14.80	40.80	75.50
90.00	15.30	42.10	77.30
100.00	15.80	43.30	78.90

Fuente: (D6433, 2007)

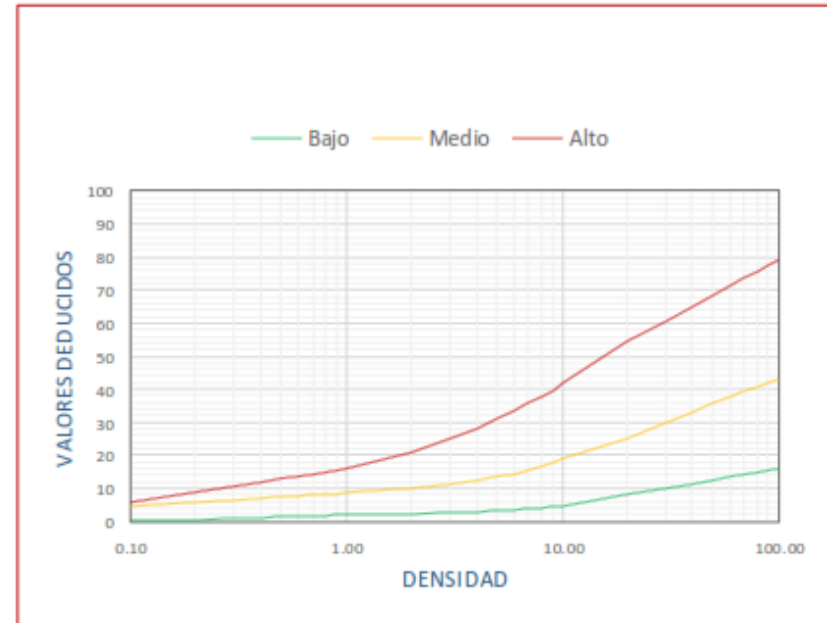


Figura 115: Curva de Valores Deducidos - Desprendimiento de Agregados

Fuente: (D6433, 2007)

Cálculo de valores deducidos corregidos

Tabla 54: Tabla de Valores Deducidos Corregidos

VDT	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
0.0	0.0						
10.0	10.0						
12.0	12.0	8.0					
18.0	18.0	12.5	8.0				
20.0	20.0	14.0	10.0				
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0			
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0		
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0		
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0		
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110.0		76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120.0		81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130.0		86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135.0		88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140.0		91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150.0		94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160.0		98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166.0		100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170.0			96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180.0			99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182.0			100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190.0				96.0	91.0	88.0	82.0
200.0				98.0	94.0	90.0	84.0

Fuente: (D6433, 2007)

Determinar la calificación que le corresponde de acuerdo al valor de PCI obtenido.

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

Tabla 55: Calificación de PCI

Fuente: (D6433, 2007)

c) Análisis de la prueba

Se realizó el cálculo de PCI en diferentes tramos y se determinó que existían tres tramos homogéneos de los cuales cada tramo tiene características propias como geométricas como la presencia de fallas, en el tramo Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo se determinó que la falla mayoritaria es el ahuellamiento, en el tramo Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner se determinó que la falla mayoritaria es Piel de cocodrilo y ahuellamiento, en el tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil Subida y Bajada la falla mayoritaria es Fisuras longitudinales y transversales seguido de agrietamiento en bloque.

Tabla 56:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 1er tramo - PCI

Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo					
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	PIEL DE COCODRILO	m2	B	0.00	2.00
			M	8.76	
			A	2.79	
2	EXUDACIÓN	m2	B	0.86	1.00
			M	0.00	
			A	0.00	
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	B	0.81	1.00
			M	0.00	

Continua...



			A	0.00	
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	m2	B	1.24	12.00
			M	3.91	
			A	6.04	
6	DEPRESIÓN	m	B	0.00	1.00
			M	0.07	
			A	0.00	
7	GRIETA DE BORDE	m	B	0.00	1.00
			M	6.00	
			A	0.00	
8	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	m	B	0.17	2.00
			M	0.50	
			A	0.00	
9	DESNIVEL CARRIL / BERMA	m	B	4.70	1.00
			M	0.00	
			A	0.00	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	B	12.06	22.00
			M	10.95	
			A	9.75	
11	PARCHEO	m2	B	3.60	8.00
			M	8.66	
			A	46.40	
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	B	12.42	11.00
			M	58.99	
			A	13.72	
15	AHUELLAMIENTO	m2	B	1002.02	34.00
			M	764.64	
			A	115.248	
16	DESPLAZAMIENTO	m2	B	0.00	4.00
			M	4.08	
			A	22.90	
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.00	2.00
			M	0.00	
			A	1.14	
Área Total (m2)		15025.50	FALLAS REPRESENTATIVAS		CANT.
Área Deteriorada (m2)		3159.66	Ahuellamiento		34
% de Área Deteriorada		20.55	Grietas Longitudinales y Transversales		22
Cantidad de Fallas (Und)		101.00	Abultamiento y Hundimiento		12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 2do tramo - PCI

Tramo: Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner					
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	PIEL DE COCODRILO	m2	B	42.76	56.00
			M	396.92	
			A	359.71	
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	m2	B	1.89	34.00
			M	48.02	
			A	110.43	
9	DESNIVEL CARRIL / BERMA	m	B	4.85	7.00
			M	8.20	
			A	106.75	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	B	0.00	18.00
			M	26.09	
			A	42.82	
11	PARCHEO	m2	B	2.00	18.00
			M	20.51	
			A	36.31	
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.00	8.00
			M	69.80	
			A	52.12	
13	HUECOS	und	B	0.60	17.00
			M	11.00	
			A	10.10	
15	AHUELLAMIENTO	m2	B	207.35	38.00
			M	329.70	
			A	143.276	
16	DESPLAZAMIENTO	m2	B	4.20	16.00
			M	13.90	
			A	76.21	
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.00	13.00
			M	7.36	
			A	26.59	
Área Total (m2)		8064.00	FALLAS REPRESENTATIVAS		CANT.
Área Deteriorada (m2)		3448.96	Piel de Cocodrilo		56
% de Área Deteriorada		42.76	Ahuellamiento		38
Cantidad de Fallas (Und)		225.00	Abultamiento y Hundimiento		34

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo
Subida - PCI

Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner - Paradero Grifo Mobil – SUBIDA					
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	PIEL DE COCODRILO	m2	B	37.45	59.00
			M	134.02	
			A	96.79	
2	EXUDACIÓN	m2	B	0.00	2.00
			M	3.36	
			A	1.11	
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	B	6.28	88.00
			M	86.59	
			A	259.17	
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	m2	B	0.48	18.00
			M	13.63	
			A	22.75	
6	DEPRESIÓN	m	B	0.00	1.00
			M	0.99	
			A	0.00	
7	GRIETA DE BORDE	m	B	0.00	1.00
			M	3.40	
			A	0.00	
9	DESNIVEL CARRIL / BERMA	m	B	0.00	2.00
			M	3.32	
			A	0.00	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	B	43.18	130.00
			M	149.97	
			A	284.20	
11	PARCHEO	m2	B	1.59	48.00
			M	91.74	
			A	170.96	
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.00	5.00
			M	20.58	
			A	15.66	
13	HUECOS	und	B	1.00	26.00
			M	5.83	
			A	11.84	

Continua...

15	AHUELLAMIENTO	m2	B	787.54	108.00
			M	1797.90	
			A	605.14	
16	DESPLAZAMIENTO	m2	B	0.00	2.00
			M	0.13	
			A	2.64	
17	GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)	m2	B	0.00	5.00
			M	4.43	
			A	0.54	
18	HINCHAMIENTO	m2	B	0.00	0.00
			M	0.00	
			A	0.00	
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.25	24.00
			M	37.33	
			A	5.73	
Área Total (m2)		26520.00	FALLAS REPRESENTATIVAS		CANT.
Área Deteriorada (m2)		4707.51	Grietas Longitudinales y Transversales		130
% de Área Deteriorada		17.70	Ahuellamiento		108
Cantidad de Fallas (Und)		519.00	Agrietamiento en Bloque		88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59: Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo
Bajada - PCI

Tramo: Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner – BAJADA					
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	PIEL DE COCODRILO	m2	B	0.24	35.00
			M	65.10	
			A	136.59	
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	B	0.73	91.00
			M	129.10	
			A	364.00	
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	m2	B	0.00	6.00
			M	0.78	
			A	22.51	
7	GRIETA DE BORDE	m	B	0.00	1.00
			M	0.00	

Continua...



			A	0.65	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	B	56.20	136.00
			M	234.45	
			A	163.95	
11	PARCHEO	m2	B	2.07	32.00
			M	48.25	
			A	136.15	
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	B	5.46	8.00
			M	84.17	
			A	0.00	
13	HUECOS	und	B	0.00	19.00
			M	10.44	
			A	20.52	
15	AHUELLAMIENTO	m2	B	734.16	72.00
			M	1341.46	
			A	642.91	
16	DESPLAZAMIENTO	m2	B	0.00	3.00
			M	5.62	
			A	0.62	
17	GRIETA PARABÓLICAS (SLIPPAGE)	m2	B	0.00	5.00
			M	0.66	
			A	1.39	
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	B	0.51	16.00
			M	23.01	
			A	7.66	
Área Total (m2)		26520.00	FALLAS REPRESENTATIVAS		CANT.
Área Deteriorada (m2)		4239.37	Grietas Longitudinales y Transversales		136
% de Área Deteriorada		15.93	Agrietamiento en Bloque		91
Cantidad de Fallas (Und)		424.00	Ahuellamiento		72

Fuente: Elaboración Propia

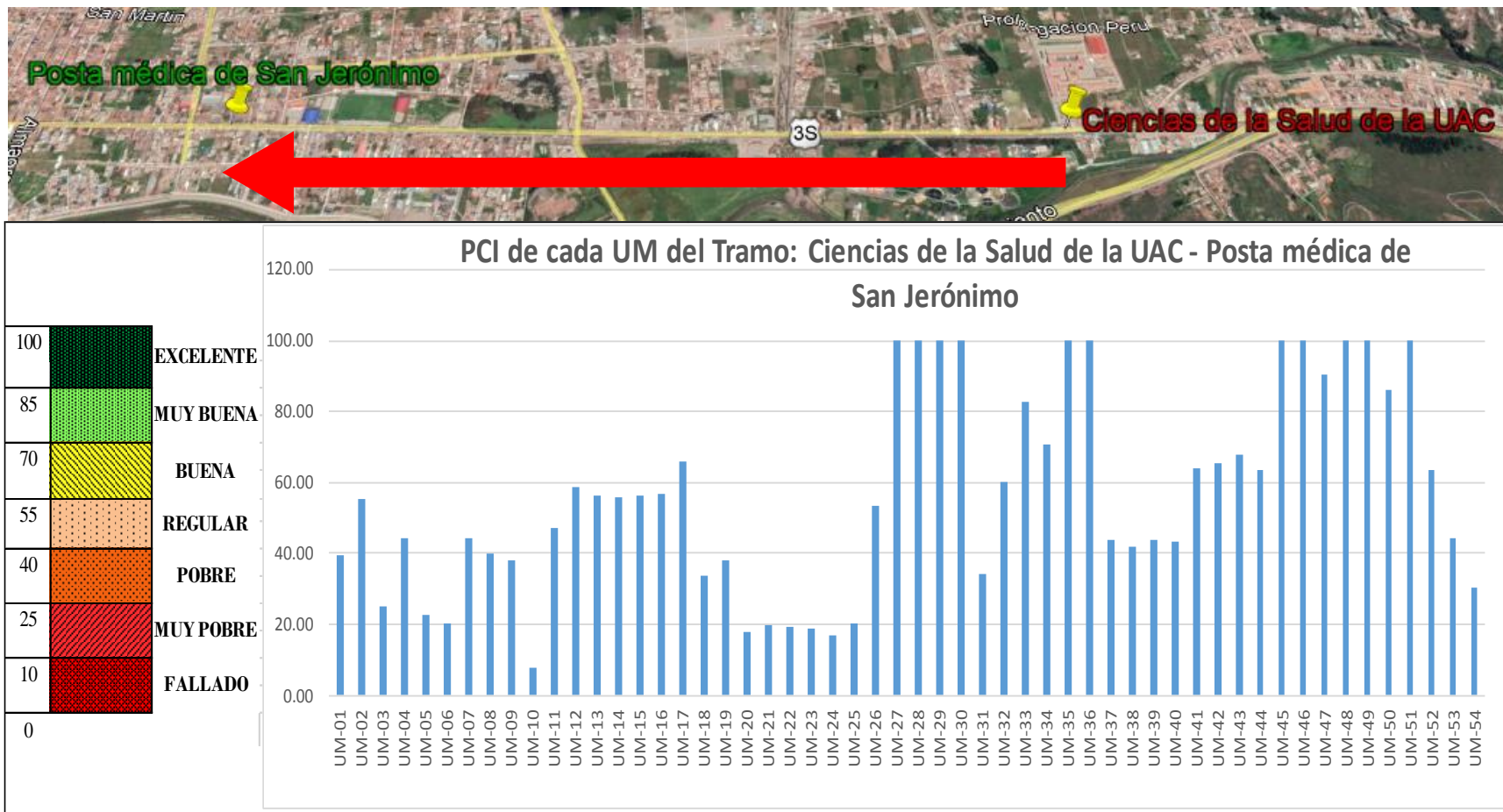


Figura 116: Valor de PCI – Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo

Fuente: Elaboración Propia

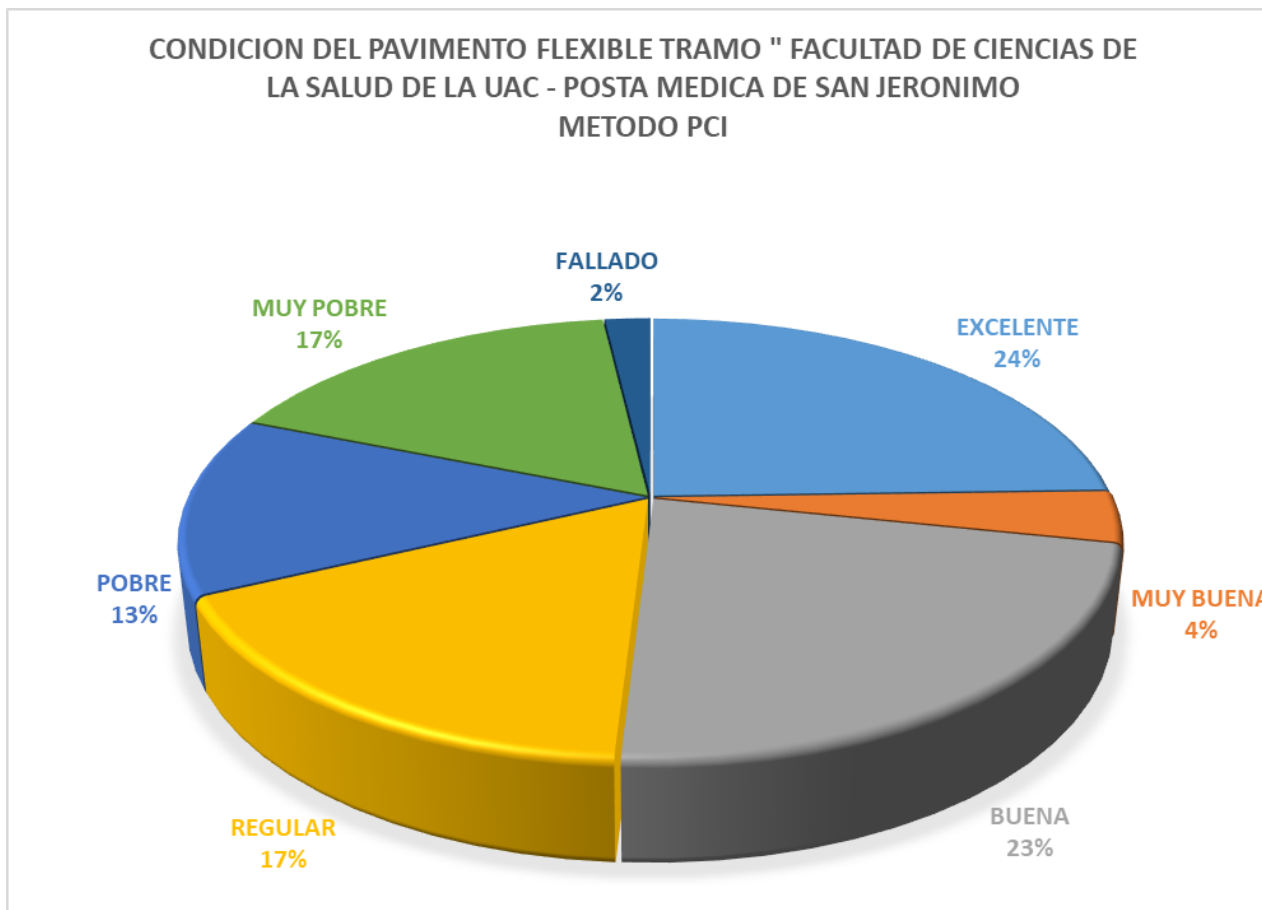


Figura 117: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC – Posta Médica de San Jerónimo - Método PCI

Fuente: Elaboración Propia

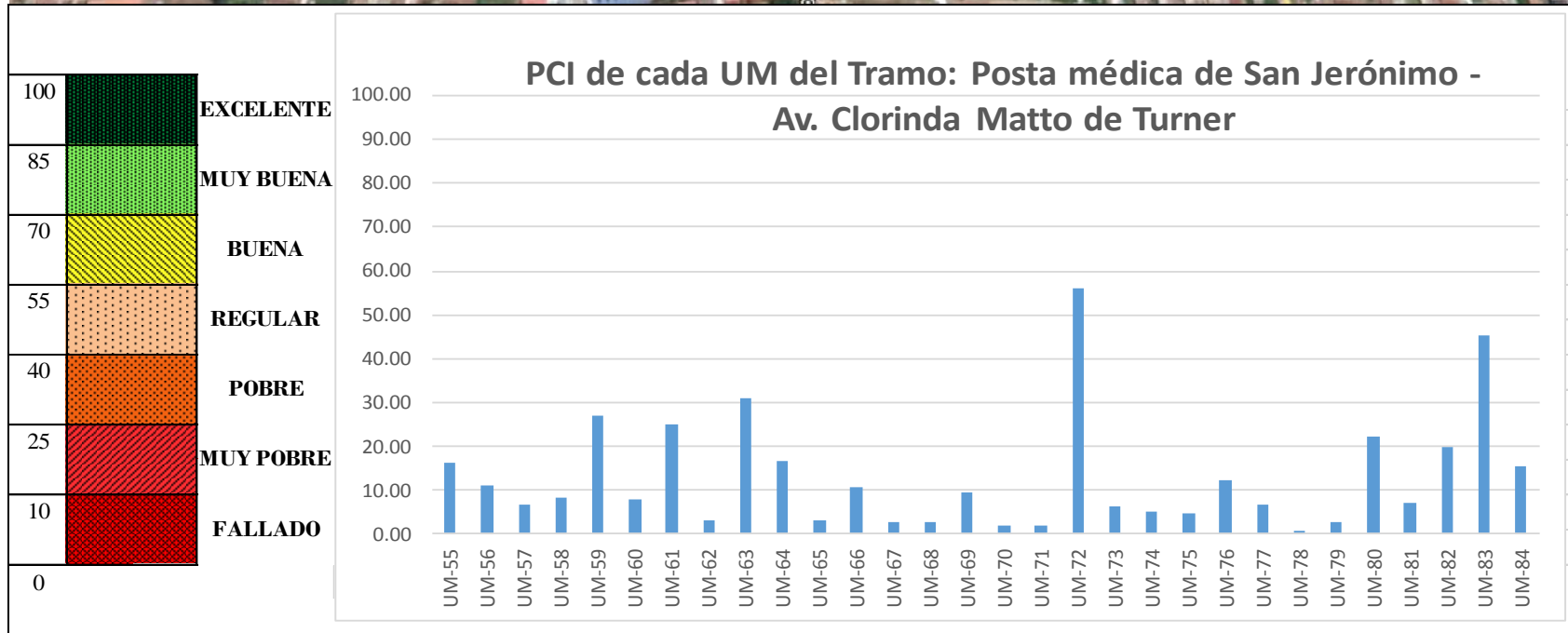


Figura 118: Valor de PCI – Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner

Fuente: Elaboración Propia

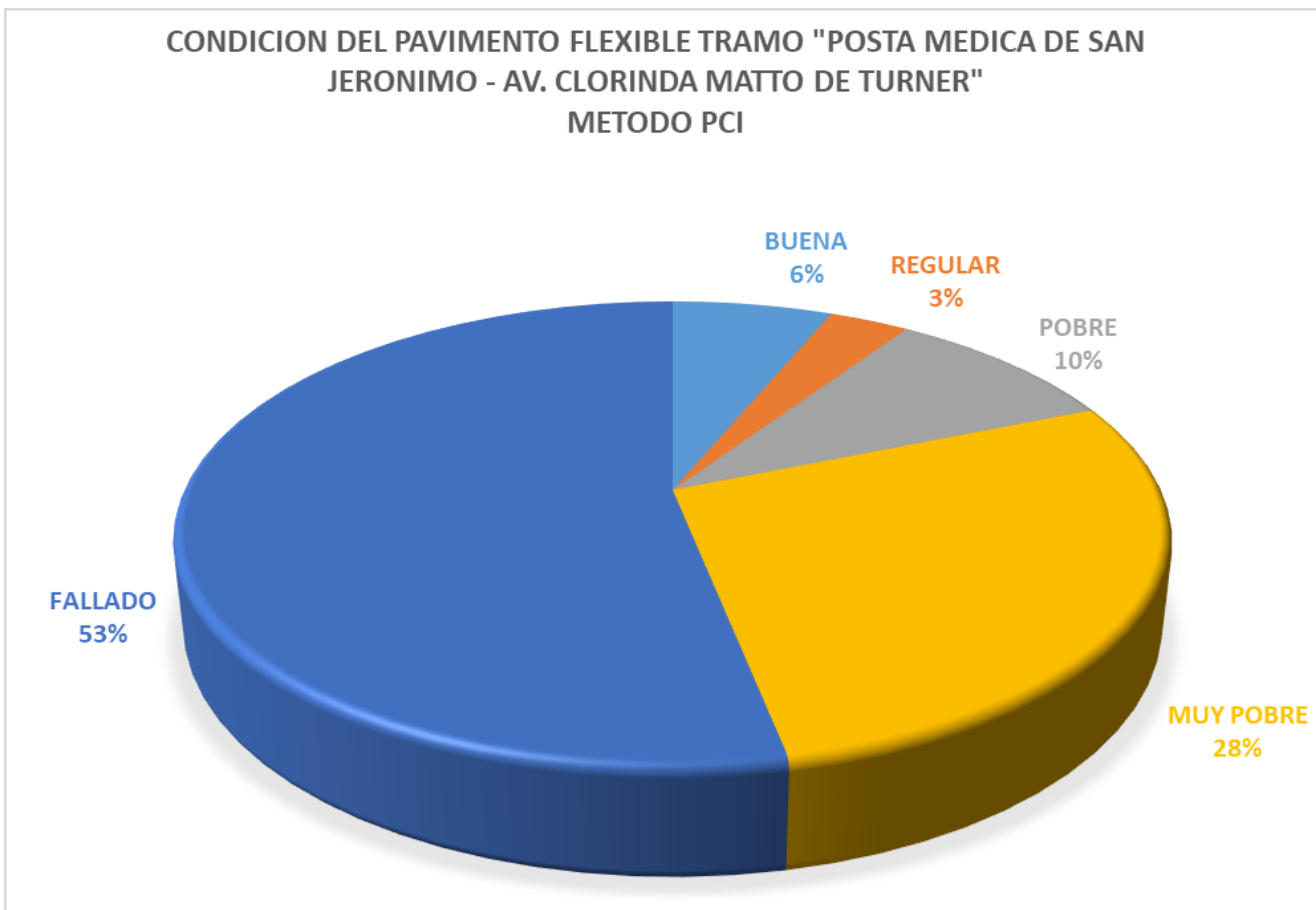


Figura 119: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner - Método PCI

Fuente: Elaboración Propia

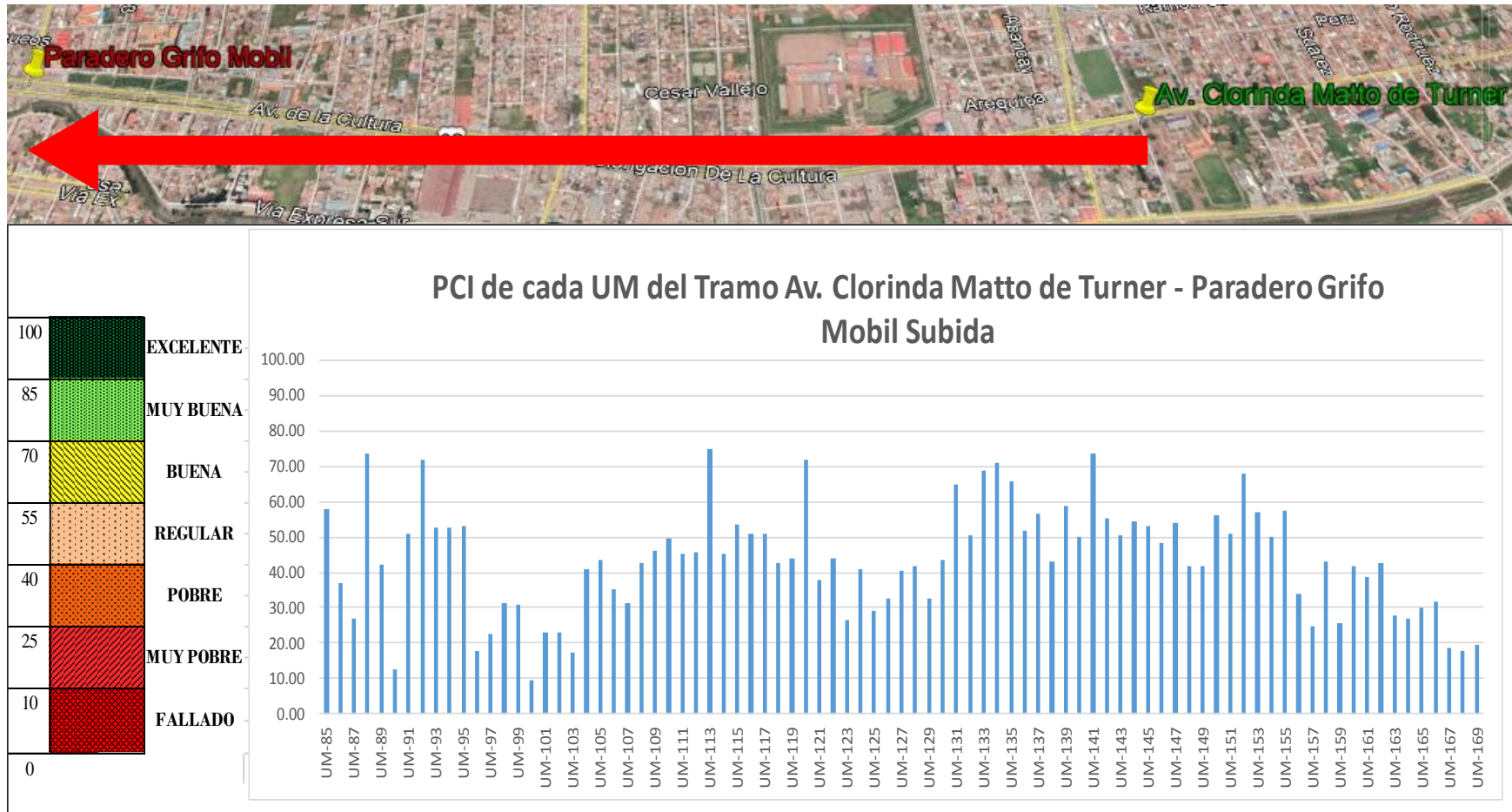


Figura 120: Valor de PCI – Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida

Fuente: Elaboración Propia

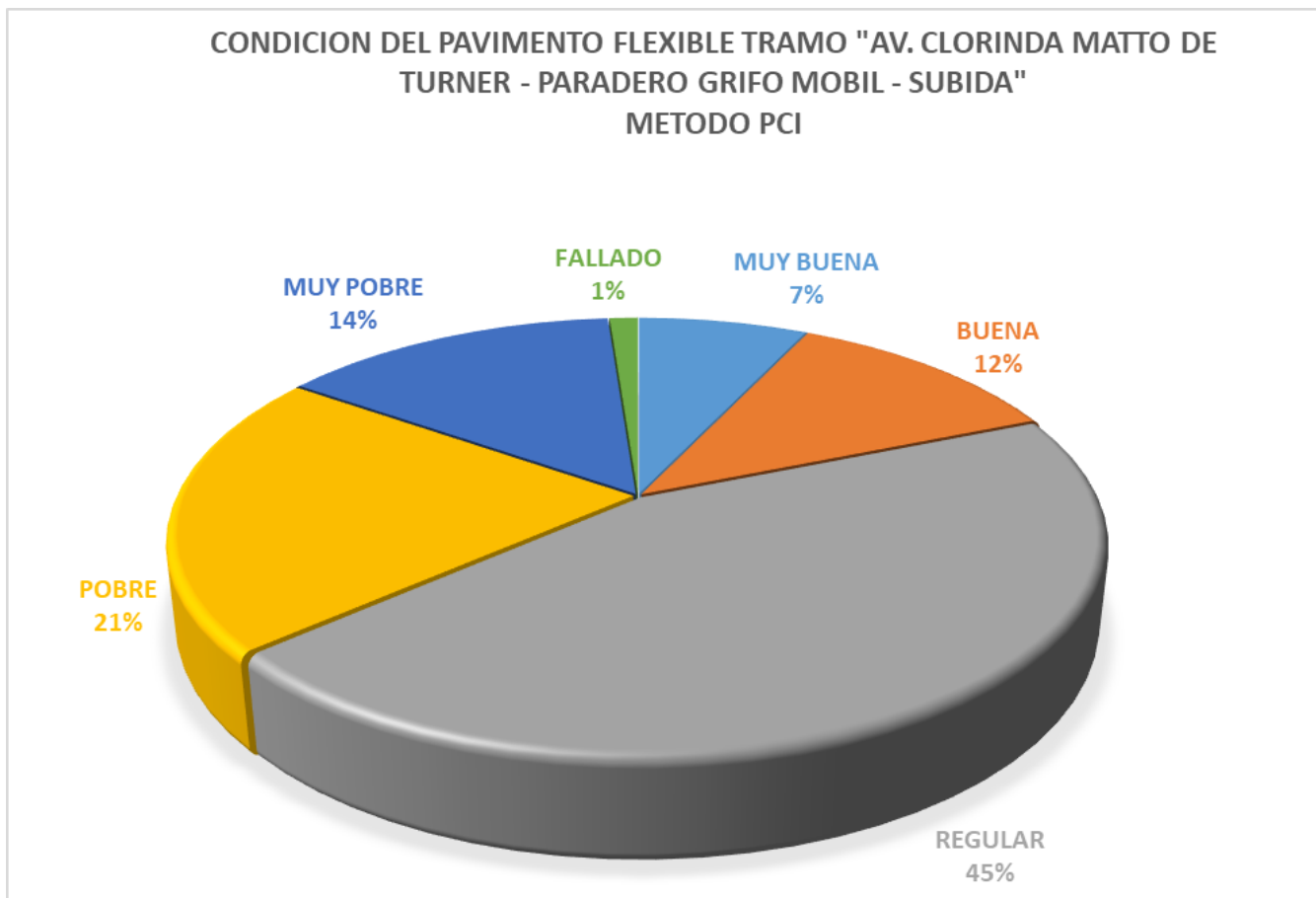


Figura 121: Condición del Pavimento Flexible Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida – Método PCI

Fuente: Elaboración Propia

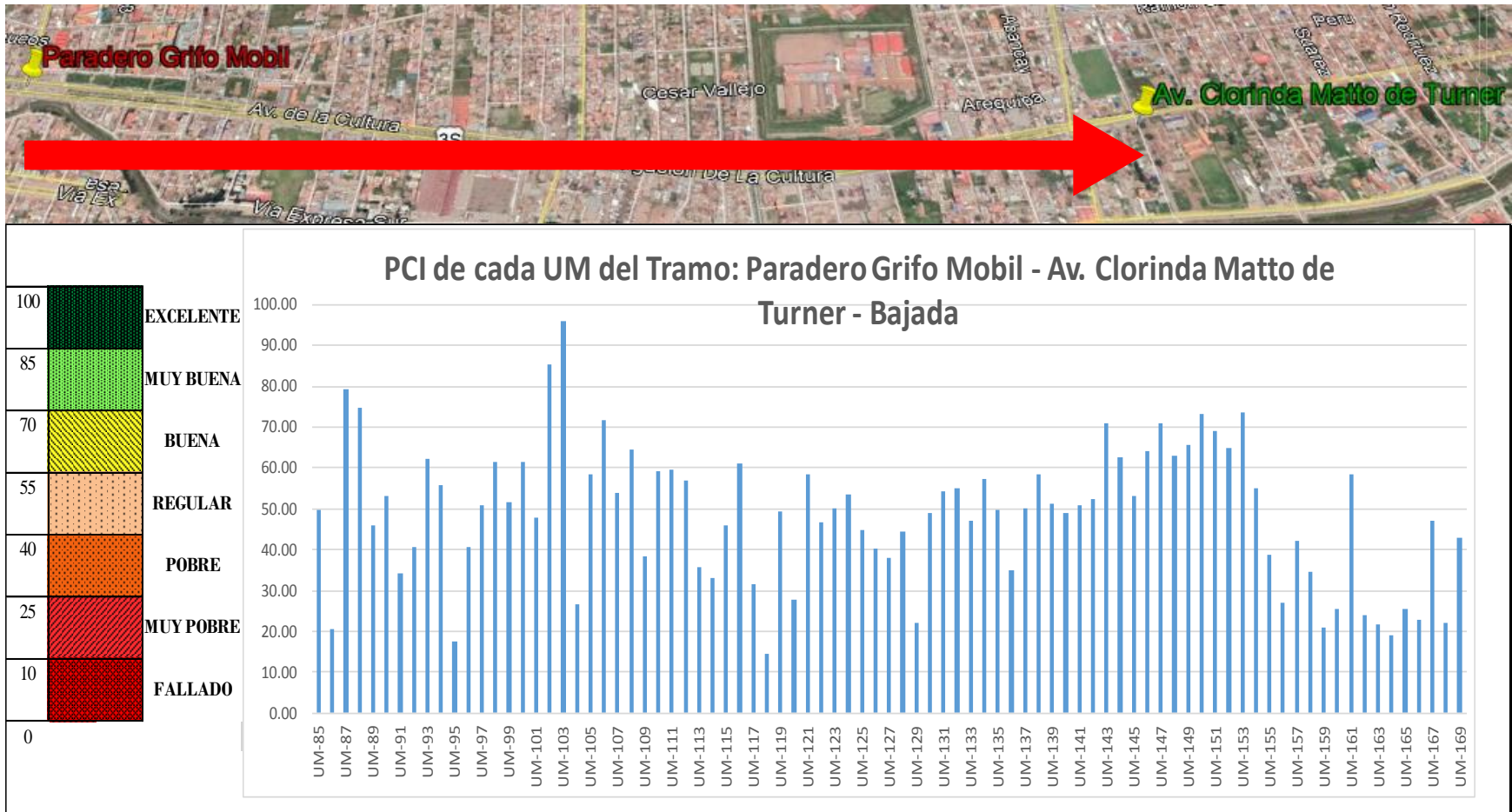


Figura 122: Valor de PCI – Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner – Bajada

Fuente: Elaboración Propia

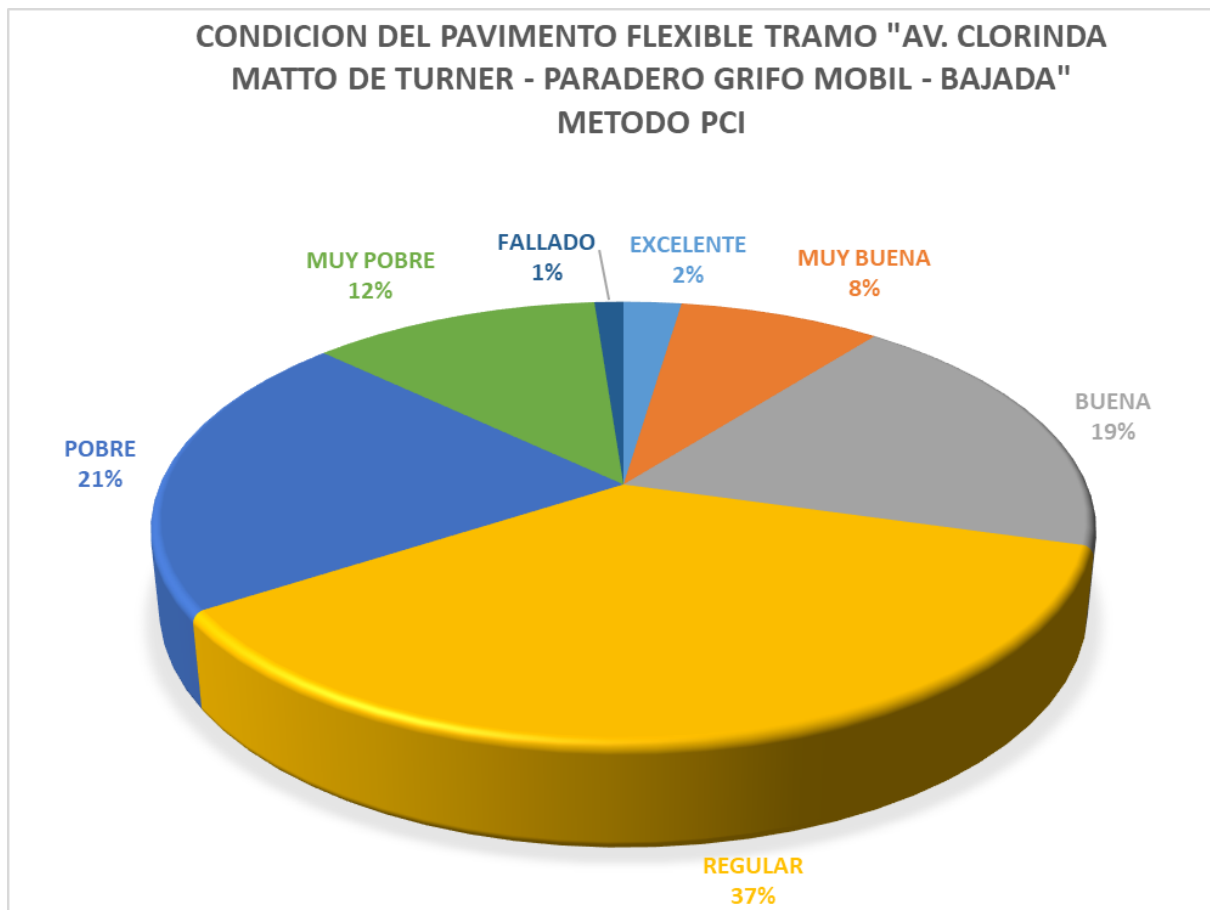


Figura 123: Condición del Pavimento Flexible Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner - Bajada –
Método PCI

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60: Resultados de PCI por Tramos

RESULTADOS - PCI POR TRAMOS		
TRAMO	Valor PCI	CALIFICACIÓN
Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo	57.26	BUENA
Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner	12.76	MUY POBRE
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner SUBIDA	42.86	REGULAR
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner BAJADA	47.12	REGULAR
Promedio PCI	40.00	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2. Método VIZIR

a) Procedimiento de cálculo de Índice de Deterioro Superficial (Is)

Paso 1:

Totalizar las fallas con sus respectivos niveles de severidad. Se calcula la densidad con la siguiente expresión:

$$Densidad = \frac{\text{Área de Falla} * 100}{\text{Área Total}}$$

Tabla 61: Calculo de la Densidad de fallas Existente en UM-10

Fallas existentes										
Tipo de Falla	Codigo	Severidad	Cantidades Parciales	Extension	If	Id	Is	Cr	Is Final	Calificacion
A	FLF	1	1.60	0.56						
A	FLF	2	1.00	0.35						
A	B	2	4.05	1.43						
A	B	3	7.20	2.54						
A	AH	3	77.18	27.22						
B	DM	3	22.55	7.95						

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2:

Con la ayuda de la figura 128 se podrá realizar los cálculos para la determinación de Índice de Deterioro Superficial "Is".

Primero se determina el Índice de Figuración (If) esto debido a la presencia de fisuras longitudinales por fatiga (FLF). Para el ejemplo se toma el mayor que es 2.

Examen visual	(I) Índice de fisuración If	Extencion vs gravedad	0 a 10%	10% a 50%	>50%
		1	1	2	3
2	2	3	4		
3	3	4	5		

Figura 124: Determinación del Índice de Fisuración

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Segundo se determina el índice de Deformación (Id) esto debido a la presencia de Ahuellamiento (AH). Para el ejemplo Id es 4.

(I) Índice de deformación Id	Extencion vs gravedad	0 a 10%	10% a 50%	>50%
	1	1	2	3
2	2	3	4	
3	3	4	5	

Figura 125: Determinación del Índice de Deformación

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Paso 3:

Con los valores de Índice de fisuración (If) e Índice de deformación (Id) se determina el Índice de deterioro Superficial (Is).

Primera calificacion de indice de deterioros Is.	If vs Id	0	1 a 2	3	4 a 5
	0	1	2	3	4
1 a 2	3	3	4	5	
3	4	5	5	6	
4 a 5	5	6	7	7	

Figura 126: Determinación del Índice de Deterioro Superficial

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Si en el registro de fallas existiera el tipo de fallas Bacheos y parcheo entonces el índice de deterioro superficial (Is) debe ser corregido por reparación de acuerdo al

nivel de severidad y la densidad de la falla del tipo Bacheos y Parcheos para el ejemplo el valor de corrección por reparación es cero.

Extencion vs gravedad	0 a 10%	10% a 50%	>50%
1	0	0	0
2	0	0	0+1
3	0	0+1	0+1

Figura 127: Determinación del Valor de Corrección

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Finalmente se determinó el Índice de deterioro superficial

$$\text{Índice de Deterioro Superficial (Is)} = 3 + 0 = 3$$

Paso 4:

Finalmente se determina la calificación según la escala VIZIR

CONDICION DE LA SUPERFICIE	
CALIFICACION	Is
Bueno	1 - 2
Regular	3 - 4
Deficiente	5 - 6 - 7

Figura 128: Rangos de Calificación VIZIR

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

Finalmente, como resultado final tenemos el siguiente cuadro.

Fallas existentes										
Tipo de Falla	Codigo	Severidad	Cantidades Parciales	Extencion	If	Id	Is	Cr	Is Final	Calificacion
A	FLF	1	1.60	0.56	2	4	6	0	6	DEFICIENTE
A	FLF	2	1.00	0.35						
A	B	2	4.05	1.43						
A	B	3	7.20	2.54						
A	AH	3	77.18	27.22						
B	DM	3	22.55	7.95						

Figura 129: Resultado Final de la UM-10

Fuente: Elaboración Propia

Resultados de todas la Unidades de Muestreo Según VIZIR

Tabla 62: Valores de Índice de deterioro y su respectiva calificación para cada UM del 1er tramo

Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo				
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	Índice de deterioro Superficial (Is)	CALIFICACIÓN
UM-01	0+000.00	0+031.50	3	REGULAR
UM-02	0+031.50	0+063.00	3	REGULAR
UM-03	0+063.00	0+094.50	5	DEFICIENTE
UM-04	0+094.50	0+126.00	4	REGULAR
UM-05	0+126.00	0+157.50	5	DEFICIENTE
UM-06	0+157.50	0+189.00	5	DEFICIENTE
UM-07	0+189.00	0+220.50	4	REGULAR
UM-08	0+220.50	0+252.00	5	DEFICIENTE
UM-09	0+252.00	0+283.50	5	DEFICIENTE
UM-10	0+283.50	0+315.00	6	DEFICIENTE
UM-11	0+315.00	0+346.50	3	REGULAR
UM-12	0+346.50	0+378.00	3	REGULAR
UM-13	0+378.00	0+409.50	3	REGULAR
UM-14	0+409.50	0+441.00	3	REGULAR
UM-15	0+441.00	0+472.50	3	REGULAR
UM-16	0+472.50	0+504.00	3	REGULAR
UM-17	0+504.00	0+535.50	3	REGULAR
UM-18	0+535.50	0+567.00	4	REGULAR
UM-19	0+567.00	0+598.50	3	REGULAR
UM-20	0+598.50	0+630.00	4	REGULAR
UM-21	0+630.00	0+661.50	4	REGULAR
UM-22	0+661.50	0+693.00	4	REGULAR
UM-23	0+693.00	0+724.50	4	REGULAR
UM-24	0+724.50	0+756.00	4	REGULAR

Continua...



UM-25	0+756.00	0+787.50	4	REGULAR
UM-26	0+787.50	0+819.00	1	BUENO
UM-27	0+819.00	0+850.50	2	BUENO
UM-28	0+850.50	0+882.00	3	REGULAR
UM-29	0+882.00	0+913.50	2	BUENO
UM-30	0+913.50	0+945.00	2	BUENO
UM-31	0+945.00	0+976.50	4	REGULAR
UM-32	0+976.50	1+008.00	3	REGULAR
UM-33	1+008.00	1+039.50	0	BUENO
UM-34	1+039.50	1+071.00	3	REGULAR
UM-35	1+071.00	1+102.50	2	BUENO
UM-36	1+102.50	1+134.00	2	BUENO
UM-37	1+134.00	1+165.50	3	REGULAR
UM-38	1+165.50	1+197.00	3	REGULAR
UM-39	1+197.00	1+228.50	3	REGULAR
UM-40	1+228.50	1+260.00	3	REGULAR
UM-41	1+260.00	1+291.50	3	REGULAR
UM-42	1+291.50	1+323.00	3	REGULAR
UM-43	1+323.00	1+354.50	3	REGULAR
UM-44	1+354.50	1+386.00	3	REGULAR
UM-45	1+386.00	1+417.50	1	BUENO
UM-46	1+417.50	1+449.00	2	BUENO
UM-47	1+449.00	1+480.50	3	REGULAR
UM-48	1+480.50	1+512.00	3	REGULAR
UM-49	1+512.00	1+543.50	2	BUENO
UM-50	1+543.50	1+575.00	3	REGULAR
UM-51	1+575.00	1+606.50	2	BUENO
UM-52	1+606.50	1+638.00	1	BUENO
UM-53	1+638.00	1+669.50	3	REGULAR
UM-54	1+669.50	1+701.00	4	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63: Valores de Índice de deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 2do tramo

Tramo: Posta médica de San Jerónimo Av. - Clorinda Matto de Turner				
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	Índice de deterioro Superficial (Is)	CALIFICACIÓN
UM-55	1+701.00	1+732.50	5	DEFICIENTE
UM-56	1+732.50	1+764.00	4	REGULAR
UM-57	1+764.00	1+795.50	7	DEFICIENTE
UM-58	1+795.50	1+827.00	5	DEFICIENTE
UM-59	1+827.00	1+858.50	7	DEFICIENTE
UM-60	1+858.50	1+890.00	7	DEFICIENTE
UM-61	1+890.00	1+921.50	5	DEFICIENTE
UM-62	1+921.50	1+953.00	6	DEFICIENTE
UM-63	1+953.00	1+984.50	7	DEFICIENTE
UM-64	1+984.50	2+016.00	7	DEFICIENTE
UM-65	2+016.00	2+047.50	7	DEFICIENTE
UM-66	2+047.50	2+079.00	7	DEFICIENTE
UM-67	2+079.00	2+110.50	7	DEFICIENTE
UM-68	2+110.50	2+142.00	7	DEFICIENTE
UM-69	2+142.00	2+173.50	7	DEFICIENTE
UM-70	2+173.50	2+205.00	6	DEFICIENTE
UM-71	2+205.00	2+236.50	7	DEFICIENTE
UM-72	2+236.50	2+268.00	3	REGULAR
UM-73	2+268.00	2+299.50	7	DEFICIENTE
UM-74	2+299.50	2+331.00	7	DEFICIENTE
UM-75	2+331.00	2+362.50	5	DEFICIENTE
UM-76	2+362.50	2+394.00	7	DEFICIENTE
UM-77	2+394.00	2+425.50	5	DEFICIENTE
UM-78	2+425.50	2+457.00	7	DEFICIENTE
UM-79	2+457.00	2+488.50	5	DEFICIENTE
UM-80	2+488.50	2+520.00	5	DEFICIENTE

Continúa...

UM-81	2+520.00	2+551.50	5	DEFICIENTE
UM-82	2+551.50	2+583.00	5	DEFICIENTE
UM-83	2+583.00	2+614.50	3	REGULAR
UM-84	2+614.50	2+646.00	5	DEFICIENTE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64: Valores de Índice de deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 3er tramo

Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner - Paradero Grifo Mobil				
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	Índice de deterioro Superficial (Is)	CALIFICACIÓN
UM-85	2+646.00	2+672.00	5	DEFICIENTE
UM-86	2+672.00	2+698.00	3	REGULAR
UM-87	2+698.00	2+724.00	4	REGULAR
UM-88	2+724.00	2+750.00	1	BUENO
UM-89	2+750.00	2+776.00	5	DEFICIENTE
UM-90	2+776.00	2+802.00	5	DEFICIENTE
UM-91	2+802.00	2+828.00	4	REGULAR
UM-92	2+828.00	2+854.00	4	REGULAR
UM-93	2+854.00	2+880.00	4	REGULAR
UM-94	2+880.00	2+906.00	4	REGULAR
UM-95	2+906.00	2+932.00	3	REGULAR
UM-96	2+932.00	2+958.00	7	DEFICIENTE
UM-97	2+958.00	2+984.00	7	DEFICIENTE
UM-98	2+984.00	3+010.00	6	DEFICIENTE
UM-99	3+010.00	3+036.00	3	REGULAR
UM-100	3+036.00	3+062.00	5	DEFICIENTE
UM-101	3+062.00	3+088.00	5	DEFICIENTE
UM-102	3+088.00	3+114.00	5	DEFICIENTE
UM-103	3+114.00	3+140.00	5	DEFICIENTE

Continua...



UM-104	3+140.00	3+166.00	5	DEFICIENTE
UM-105	3+166.00	3+192.00	5	DEFICIENTE
UM-106	3+192.00	3+218.00	5	DEFICIENTE
UM-107	3+218.00	3+244.00	5	DEFICIENTE
UM-108	3+244.00	3+270.00	5	DEFICIENTE
UM-109	3+270.00	3+296.00	5	DEFICIENTE
UM-110	3+296.00	3+322.00	5	DEFICIENTE
UM-111	3+322.00	3+348.00	5	DEFICIENTE
UM-112	3+348.00	3+374.00	5	DEFICIENTE
UM-113	3+374.00	3+400.00	4	REGULAR
UM-114	3+400.00	3+426.00	5	DEFICIENTE
UM-115	3+426.00	3+452.00	4	REGULAR
UM-116	3+452.00	3+478.00	3	REGULAR
UM-117	3+478.00	3+504.00	5	DEFICIENTE
UM-118	3+504.00	3+530.00	5	DEFICIENTE
UM-119	3+530.00	3+556.00	5	DEFICIENTE
UM-120	3+556.00	3+582.00	4	REGULAR
UM-121	3+582.00	3+608.00	5	DEFICIENTE
UM-122	3+608.00	3+634.00	5	DEFICIENTE
UM-123	3+634.00	3+660.00	5	DEFICIENTE
UM-124	3+660.00	3+686.00	4	REGULAR
UM-125	3+686.00	3+712.00	5	DEFICIENTE
UM-126	3+712.00	3+738.00	5	DEFICIENTE
UM-127	3+738.00	3+764.00	5	DEFICIENTE
UM-128	3+764.00	3+790.00	5	DEFICIENTE
UM-129	3+790.00	3+816.00	7	DEFICIENTE
UM-130	3+816.00	3+842.00	5	DEFICIENTE
UM-131	3+842.00	3+868.00	4	REGULAR
UM-132	3+868.00	3+894.00	4	REGULAR
UM-133	3+894.00	3+920.00	4	REGULAR
UM-134	3+920.00	3+946.00	4	REGULAR

Continua...



UM-135	3+946.00	3+972.00	4	REGULAR
UM-136	3+972.00	3+998.00	5	DEFICIENTE
UM-137	3+998.00	4+024.00	4	REGULAR
UM-138	4+024.00	4+050.00	5	DEFICIENTE
UM-139	4+050.00	4+076.00	4	REGULAR
UM-140	4+076.00	4+102.00	5	DEFICIENTE
UM-141	4+102.00	4+128.00	4	REGULAR
UM-142	4+128.00	4+154.00	3	REGULAR
UM-143	4+154.00	4+180.00	4	REGULAR
UM-144	4+180.00	4+206.00	4	REGULAR
UM-145	4+206.00	4+232.00	5	DEFICIENTE
UM-146	4+232.00	4+258.00	5	DEFICIENTE
UM-147	4+258.00	4+284.00	4	REGULAR
UM-148	4+284.00	4+310.00	5	DEFICIENTE
UM-149	4+310.00	4+336.00	5	DEFICIENTE
UM-150	4+336.00	4+362.00	4	REGULAR
UM-151	4+362.00	4+388.00	5	DEFICIENTE
UM-152	4+388.00	4+414.00	4	REGULAR
UM-153	4+414.00	4+440.00	4	REGULAR
UM-154	4+440.00	4+466.00	4	REGULAR
UM-155	4+466.00	4+492.00	4	REGULAR
UM-156	4+492.00	4+518.00	5	DEFICIENTE
UM-157	4+518.00	4+544.00	4	REGULAR
UM-158	4+544.00	4+570.00	4	REGULAR
UM-159	4+570.00	4+596.00	4	REGULAR
UM-160	4+596.00	4+622.00	3	REGULAR
UM-161	4+622.00	4+648.00	4	REGULAR
UM-162	4+648.00	4+674.00	4	REGULAR
UM-163	4+674.00	4+700.00	4	REGULAR
UM-164	4+700.00	4+726.00	5	DEFICIENTE
UM-165	4+726.00	4+752.00	4	REGULAR

Continua...

UM-166	4+752.00	4+778.00	5	DEFICIENTE
UM-167	4+778.00	4+804.00	5	DEFICIENTE
UM-168	4+804.00	4+830.00	5	DEFICIENTE
UM-169	4+830.00	4+856.00	5	DEFICIENTE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65: Valores de Índice de Deterioro y su respectiva Calificación para cada UM del 4to tramo

Tramo: Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner				
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	Índice de deterioro Superficial (Is)	CALIFICACIÓN
UM-85	2+646.00	2+672.00	3	REGULAR
UM-86	2+672.00	2+698.00	3	REGULAR
UM-87	2+698.00	2+724.00	3	REGULAR
UM-88	2+724.00	2+750.00	3	REGULAR
UM-89	2+750.00	2+776.00	3	REGULAR
UM-90	2+776.00	2+802.00	3	REGULAR
UM-91	2+802.00	2+828.00	4	REGULAR
UM-92	2+828.00	2+854.00	3	REGULAR
UM-93	2+854.00	2+880.00	3	REGULAR
UM-94	2+880.00	2+906.00	3	REGULAR
UM-95	2+906.00	2+932.00	4	REGULAR
UM-96	2+932.00	2+958.00	3	REGULAR
UM-97	2+958.00	2+984.00	3	REGULAR
UM-98	2+984.00	3+010.00	3	REGULAR
UM-99	3+010.00	3+036.00	3	REGULAR
UM-100	3+036.00	3+062.00	3	REGULAR
UM-101	3+062.00	3+088.00	3	REGULAR
UM-102	3+088.00	3+114.00	3	REGULAR
UM-103	3+114.00	3+140.00	2	BUENO

Continua...



UM-104	3+140.00	3+166.00	5	DEFICIENTE
UM-105	3+166.00	3+192.00	3	REGULAR
UM-106	3+192.00	3+218.00	3	REGULAR
UM-107	3+218.00	3+244.00	3	REGULAR
UM-108	3+244.00	3+270.00	3	REGULAR
UM-109	3+270.00	3+296.00	5	DEFICIENTE
UM-110	3+296.00	3+322.00	3	REGULAR
UM-111	3+322.00	3+348.00	4	REGULAR
UM-112	3+348.00	3+374.00	3	REGULAR
UM-113	3+374.00	3+400.00	5	DEFICIENTE
UM-114	3+400.00	3+426.00	6	DEFICIENTE
UM-115	3+426.00	3+452.00	4	REGULAR
UM-116	3+452.00	3+478.00	4	REGULAR
UM-117	3+478.00	3+504.00	4	REGULAR
UM-118	3+504.00	3+530.00	5	DEFICIENTE
UM-119	3+530.00	3+556.00	5	DEFICIENTE
UM-120	3+556.00	3+582.00	3	REGULAR
UM-121	3+582.00	3+608.00	3	REGULAR
UM-122	3+608.00	3+634.00	5	DEFICIENTE
UM-123	3+634.00	3+660.00	5	DEFICIENTE
UM-124	3+660.00	3+686.00	5	DEFICIENTE
UM-125	3+686.00	3+712.00	5	DEFICIENTE
UM-126	3+712.00	3+738.00	3	REGULAR
UM-127	3+738.00	3+764.00	5	DEFICIENTE
UM-128	3+764.00	3+790.00	5	DEFICIENTE
UM-129	3+790.00	3+816.00	5	DEFICIENTE
UM-130	3+816.00	3+842.00	4	REGULAR
UM-131	3+842.00	3+868.00	3	REGULAR
UM-132	3+868.00	3+894.00	3	REGULAR
UM-133	3+894.00	3+920.00	4	REGULAR
UM-134	3+920.00	3+946.00	4	REGULAR

Continua...



UM-135	3+946.00	3+972.00	5	DEFICIENTE
UM-136	3+972.00	3+998.00	4	REGULAR
UM-137	3+998.00	4+024.00	5	DEFICIENTE
UM-138	4+024.00	4+050.00	3	REGULAR
UM-139	4+050.00	4+076.00	3	REGULAR
UM-140	4+076.00	4+102.00	5	DEFICIENTE
UM-141	4+102.00	4+128.00	5	DEFICIENTE
UM-142	4+128.00	4+154.00	4	REGULAR
UM-143	4+154.00	4+180.00	3	REGULAR
UM-144	4+180.00	4+206.00	4	REGULAR
UM-145	4+206.00	4+232.00	4	REGULAR
UM-146	4+232.00	4+258.00	3	REGULAR
UM-147	4+258.00	4+284.00	4	REGULAR
UM-148	4+284.00	4+310.00	4	REGULAR
UM-149	4+310.00	4+336.00	4	REGULAR
UM-150	4+336.00	4+362.00	3	REGULAR
UM-151	4+362.00	4+388.00	4	REGULAR
UM-152	4+388.00	4+414.00	4	REGULAR
UM-153	4+414.00	4+440.00	4	REGULAR
UM-154	4+440.00	4+466.00	4	REGULAR
UM-155	4+466.00	4+492.00	5	DEFICIENTE
UM-156	4+492.00	4+518.00	5	DEFICIENTE
UM-157	4+518.00	4+544.00	5	DEFICIENTE
UM-158	4+544.00	4+570.00	5	DEFICIENTE
UM-159	4+570.00	4+596.00	5	DEFICIENTE
UM-160	4+596.00	4+622.00	5	DEFICIENTE
UM-161	4+622.00	4+648.00	3	REGULAR
UM-162	4+648.00	4+674.00	5	DEFICIENTE
UM-163	4+674.00	4+700.00	5	DEFICIENTE
UM-164	4+700.00	4+726.00	5	DEFICIENTE
UM-165	4+726.00	4+752.00	6	DEFICIENTE

Continua...

UM-166	4+752.00	4+778.00	6	DEFICIENTE
UM-167	4+778.00	4+804.00	5	DEFICIENTE
UM-168	4+804.00	4+830.00	6	DEFICIENTE
UM-169	4+830.00	4+856.00	5	DEFICIENTE

Fuente: Elaboración Propia

b) Diagramas, Tablas

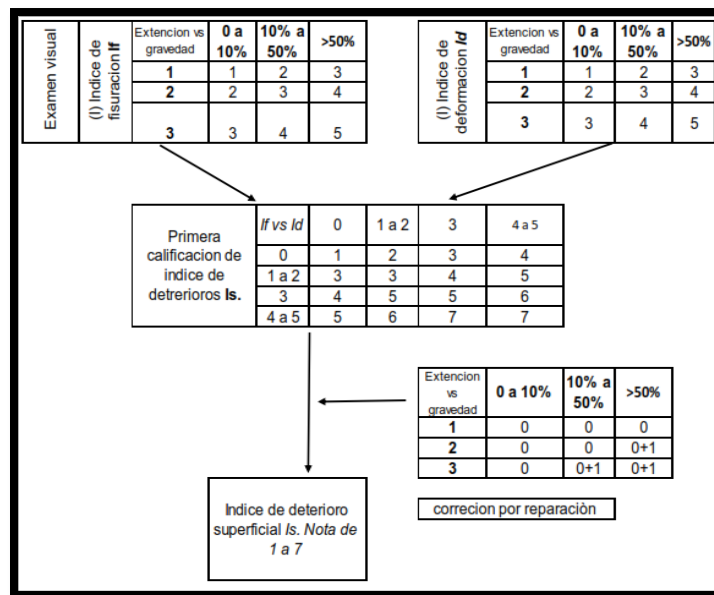


Figura 130: Determinación del Índice de deterioro Superficial “Is”

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2002)

c) Análisis de la prueba

Se realizó el procesamiento de datos para el método VIZIR resultando tres diferentes tramos, los cuales coinciden con el método PCI. En tramo Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo el índice de deterioro superficial es regular, al igual que en el tramo Paradero Grifo Mobil Av. - Clorinda Matto de Turner en el sentido de bajada; mientras que en los tramos Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner y tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil Subida, el índice de deterioro superficial es deficiente como se muestra a continuación:

Tabla 66:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 1er tramo - VIZIR

TRAMO: CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UAC - POSTA MEDICA DE SAN JERÓNIMO						
FALLAS TIPO A						
Item	Código	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	AH	AHUELLAMIENTO	m2	1	1483.58	35
				2	1125.6	
				3	309.97	
2	DL	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	m2	1	3.394	14
				2	11.46	
				3	0	
3	FLF	FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA	m2	1	15.06	22
				2	17.45	
				3	0.25	
4	FPC	FISURAS PIEL DE COCODRILO	m2	1	9.57	3
				2	2.79	
				3	0	
5	B	BACHEOS Y PARCHEOS	m2	1	3.6	8
				2	8.66	
				3	46.4	
FALLAS TIPO B						
1	FLJ	FISURA LONGITUDINAL DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN	m2	1	0.17	2
				2	0.5	
				3	0	
2	FB	FISURA DE BORDE	m2	1	0	1
				2	6	
				3	0	
3	DM	DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO	m2	1	0	2
				2	0.48	
				3	22.55	
4	D	DESCASCARAMIENTO	m2	1	0	3
				2	0	
				3	1.49	
5	PU	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	1	12.42	12
				2	58.99	
				3	13.72	
6	EX	EXUDACIÓN	m2	1	0.86	1
				2	0	
				3	0	
7	ECB		m	1	4.7	2

Continua...

	ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA	2	0	
		3	0	
Área Total (m2)	15025.50	Cantidad de Fallas Tipo A		82
Área Deteriorada (m2)	3159.66	Cantidad de Fallas Tipo B		23
% de Área Deteriorada	21.03	Total de Fallas		105

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 2do tramo – VIZIR

TRAMO: POSTA MEDICA SAN JERÓNIMO - AV. CLORINDA MATTO DE TURNER						
FALLAS TIPO A						
Item	Código	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	AH	AHUELLAMIENTO	m2	1	260.7	38
				2	444.52	
				3	1264.39	
2	DL	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	m2	1	1.89	34
				2	48.02	
				3	110.43	
3	FLF	FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA	m2	1	0	18
				2	26.09	
				3	42.82	
4	FPC	FISURAS PIEL DE COCODRILO	m2	1	42.76	56
				2	396.93	
				3	359.71	
5	B	BACHEOS Y PARCHEOS	m2	1	2	18
				2	20.52	
				3	36.31	
FALLAS TIPO B						
1	O	OJOS DE PESCADO	und	1	2	15
				2	9	
				3	10	
2	DM	DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO	m2	1	0	15
				2	18.1	
				3	69.25	
3	D	DESCASCARAMIENTO	m2	1	0	14
				2	7.37	
				3	33.56	
4	PU		m2	1	0	8

Continua...

		PULIMENTO DE AGREGADOS		2	69.8	
				3	52.12	
5	ECB	ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA	m	1	4.85	7
				2	8.2	
				3	106.75	
Área Total (m2)		8064.00	Cantidad de Fallas Tipo A		164	
Área Deteriorada (m2)		3448.09	Cantidad de Fallas Tipo B		29	
% de Área Deteriorada		42.76	Total de Fallas		193	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Subida - VIZIR

AV. CLORINDA MATTO DE TURNER - PARADERO GRIFO MOBIL - SUBIDA						
FALLAS TIPO A						
Item	Código	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	AH	AHUELLAMIENTO	m2	1	787.54	108
				2	1886.6	
				3	516.44	
2	DL	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	m2	1	0.48	19
				2	16.42	
				3	20.955	
3	FLF	FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA	m2	1	43.18	130
				2	149.97	
				3	284.2	
4	FPC	FISURAS PIEL DE COCODRILO	m2	1	53	129
				2	216.71	
				3	350.62	
5	B	BACHEOS Y PARCHEOS	m2	1	1.59	48
				2	92.58	
				3	170.16	
FALLAS TIPO B						
1	FP	FISURAS PARABÓLICAS	m2	1	0	5
				2	4.43	
				3	0.54	
2	FB	FISURA DE BORDE	m2	1	0	1
				2	3.4	
				3	0	
3	O	OJOS DE PESCADO	und	1	1	26

Continua... 211

				2	5.83	
				3	11.84	
4	DM	DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO DE MEZCLA	m2	1	0	2
				2	0.13	
				3	2.64	
5	D	DESCASCARAMIENTO	m2	1	0.25	24
				2	37.34	
				3	5.75	
6	PU	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	1	0	5
				2	20.58	
				3	15.66	
7	EX	EXUDACIÓN	m2	1	0	2
				2	3.36	
				3	1.11	
8	ECB	ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA	m	1	0	2
				2	3.32	
				3	0	
Área Total (m2)		26520.00	Cantidad de Fallas Tipo A		434	
Área Deteriorada (m2)		4707.63	Cantidad de Fallas Tipo B		33	
% de Área Deteriorada		17.75	Total de Fallas		467	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69:Conteo de Fallas con su respectivo nivel de severidad 3er tramo Bajada - VIZIR

AV. CLORINDA MATTO DE TURNER - PARADERO GRIFO MOBIL - BAJADA						
FALLAS TIPO A						
Item	Código	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Metrado	Cantidad de Fallas
1	AH	AHUELLAMIENTO	m2	1	734.16	72
				2	1341.46	
				3	642.91	
2	DL	DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES	m2	1	0	6
				2	0.78	
				3	22.51	
3	FLF		m2	1	56.2	136



		FISURAS LONGITUDINALES POR FATIGA		2	234.45	
				3	163.95	
4	FPC	FISURAS PIEL DE COCODRILO	m2	1	0.97	102
				2	194.22	
				3	500.65	
5	B	BACHEOS Y PARCHEOS	m2	1	2.07	32
				2	48.24	
				3	136.16	
FALLAS TIPO B						
1	FP	FISURAS PARABÓLICAS	m2	1	0	5
				2	0.66	
				3	1.39	
2	FB	FISURA DE BORDE	m2	1	0	1
				2	0	
				3	0.65	
3	O	OJOS DE PESCADO	und	1	0	19
				2	10.44	
				3	20.52	
4	DM	DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO O AHUELLAMIENTO DE MEZCLA	m2	1	0	3
				2	5.62	
				3	0.62	
5	D	DESCASCARAMIENTO	m2	1	0.51	16
				2	23.01	
				3	7.66	
6	PU	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	1	5.46	8
				2	84.18	
				3	0	
Area Total (m2)		26520.00		Cantidad de Fallas Tipo A		348
Area Deteriorada (m2)		4239.45		Cantidad de Fallas Tipo B		24
% de Area Deteriorada		15.99		Total de Fallas		372

Fuente: Elaboración Propia

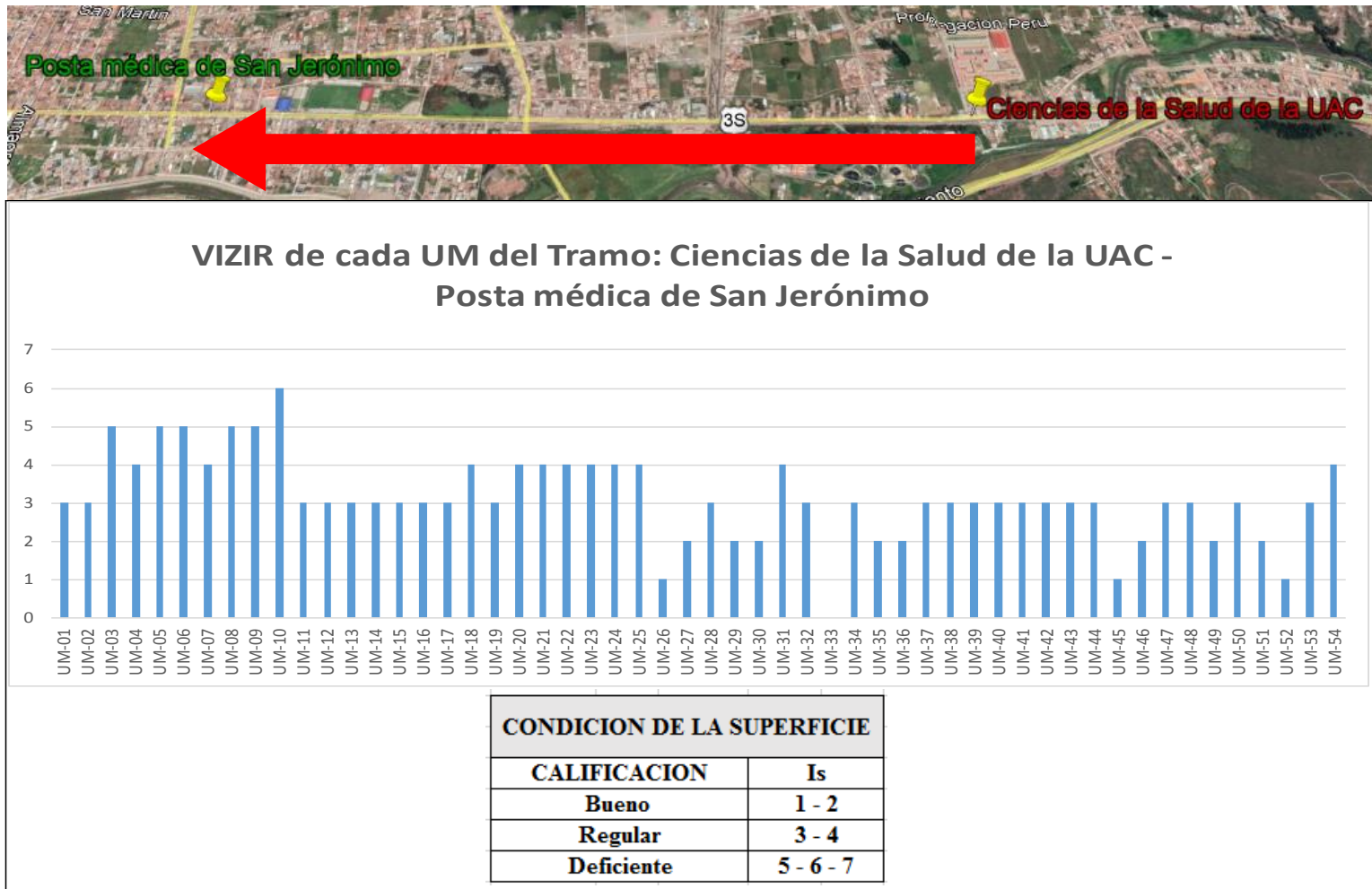


Figura 131: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo

Fuente: Elaboración Propia

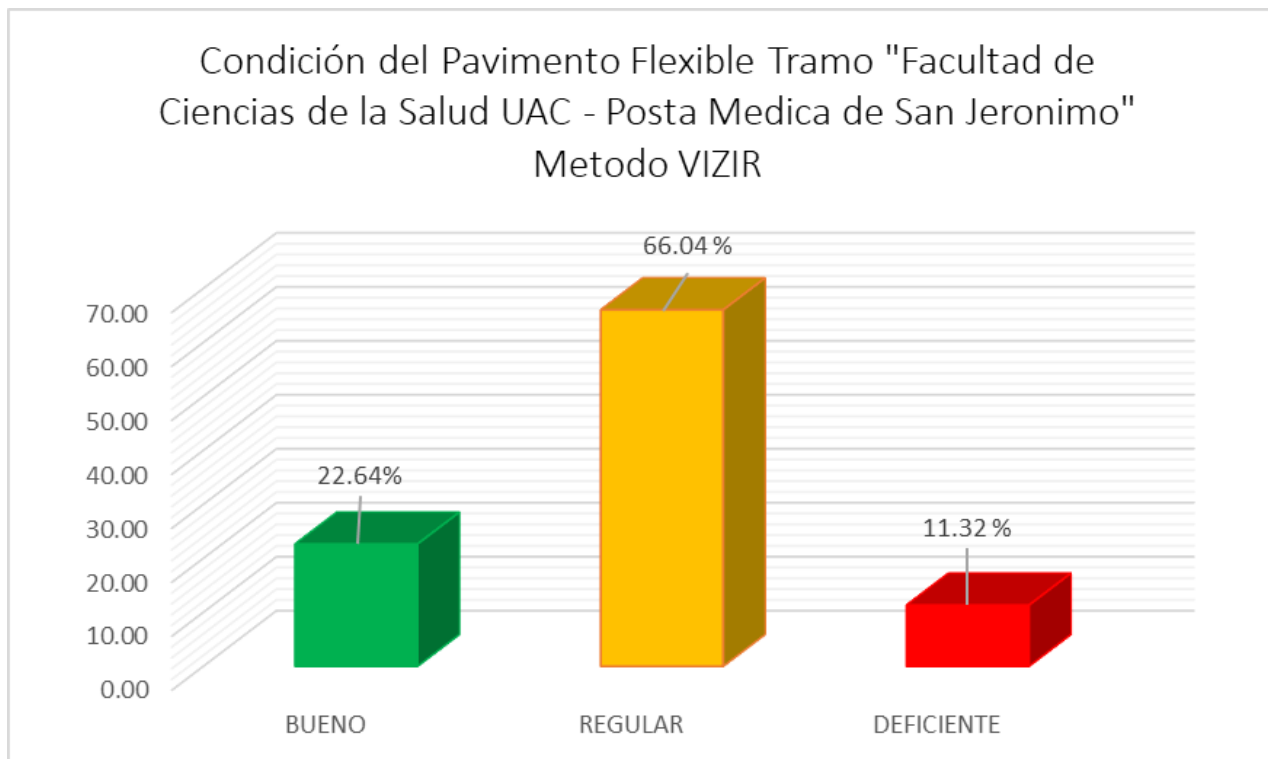


Figura 132: Condición del Pavimento Flexible Tramo Facultad de Ciencias de la Salud UAC - Posta Médica de San Jerónimo – Método VIZIR

Fuente: Elaboración Propia

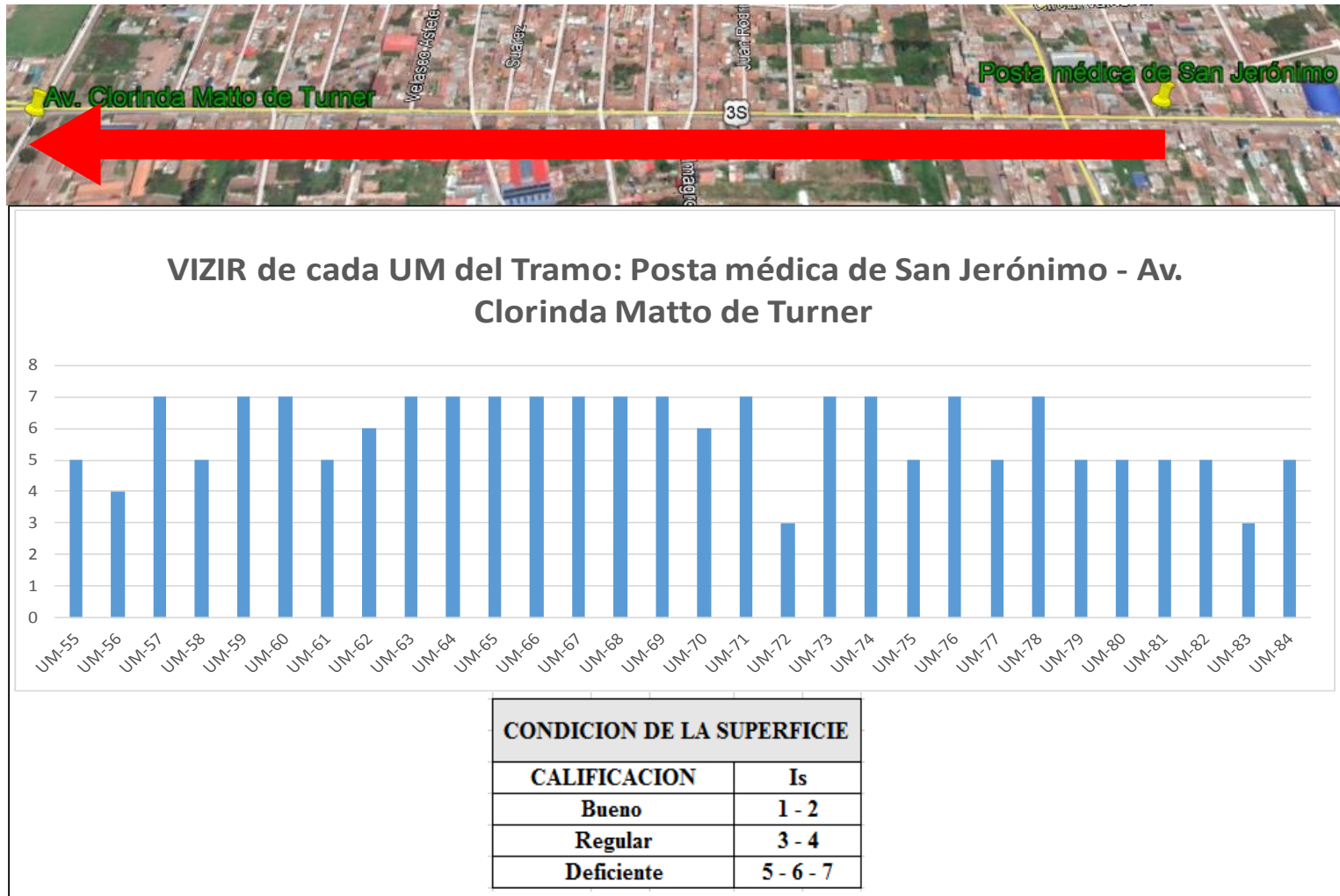


Figura 133: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner

Fuente: Elaboración Propia

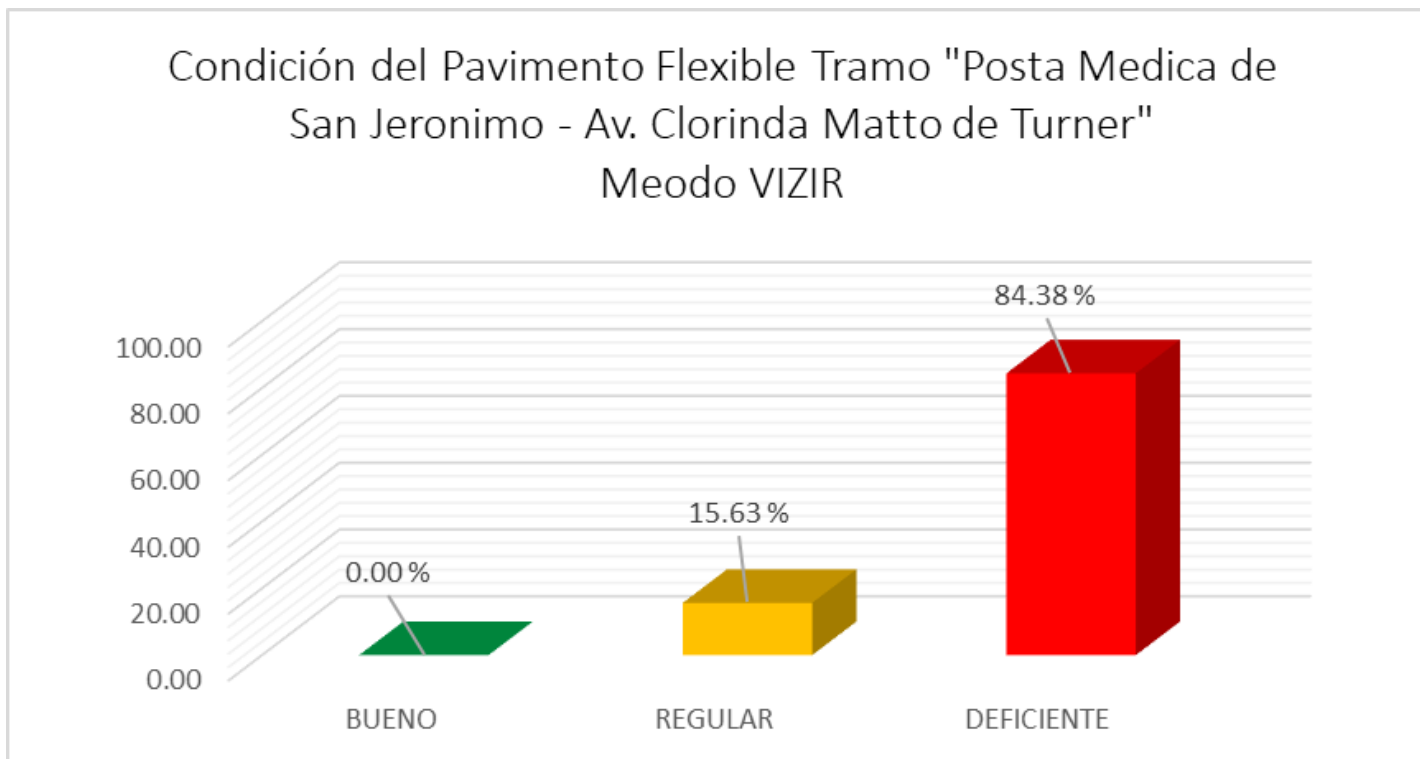


Figura 134: Condición del Pavimento Flexible Tramo Posta Médica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner – Método VIZIR

Fuente: Elaboración Propia

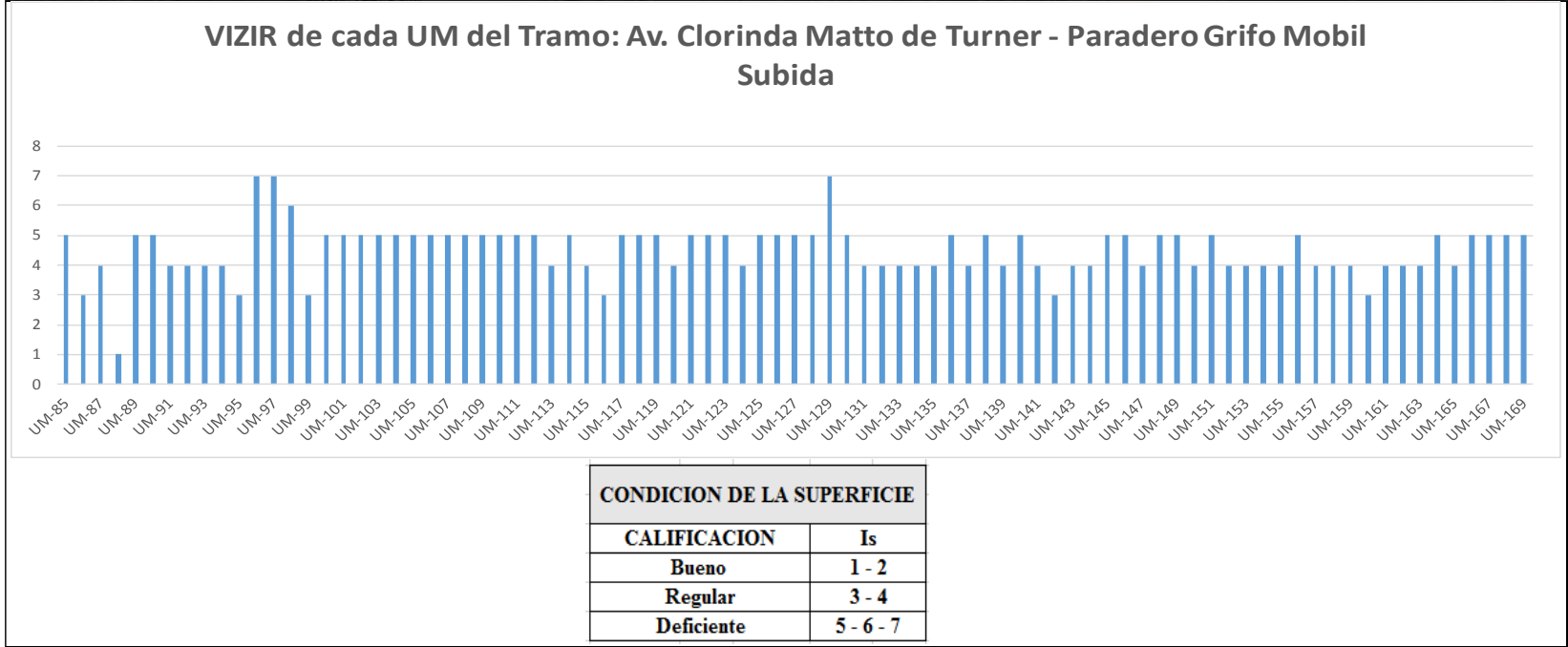


Figura 135: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil Subida

Fuente: Elaboración Propia

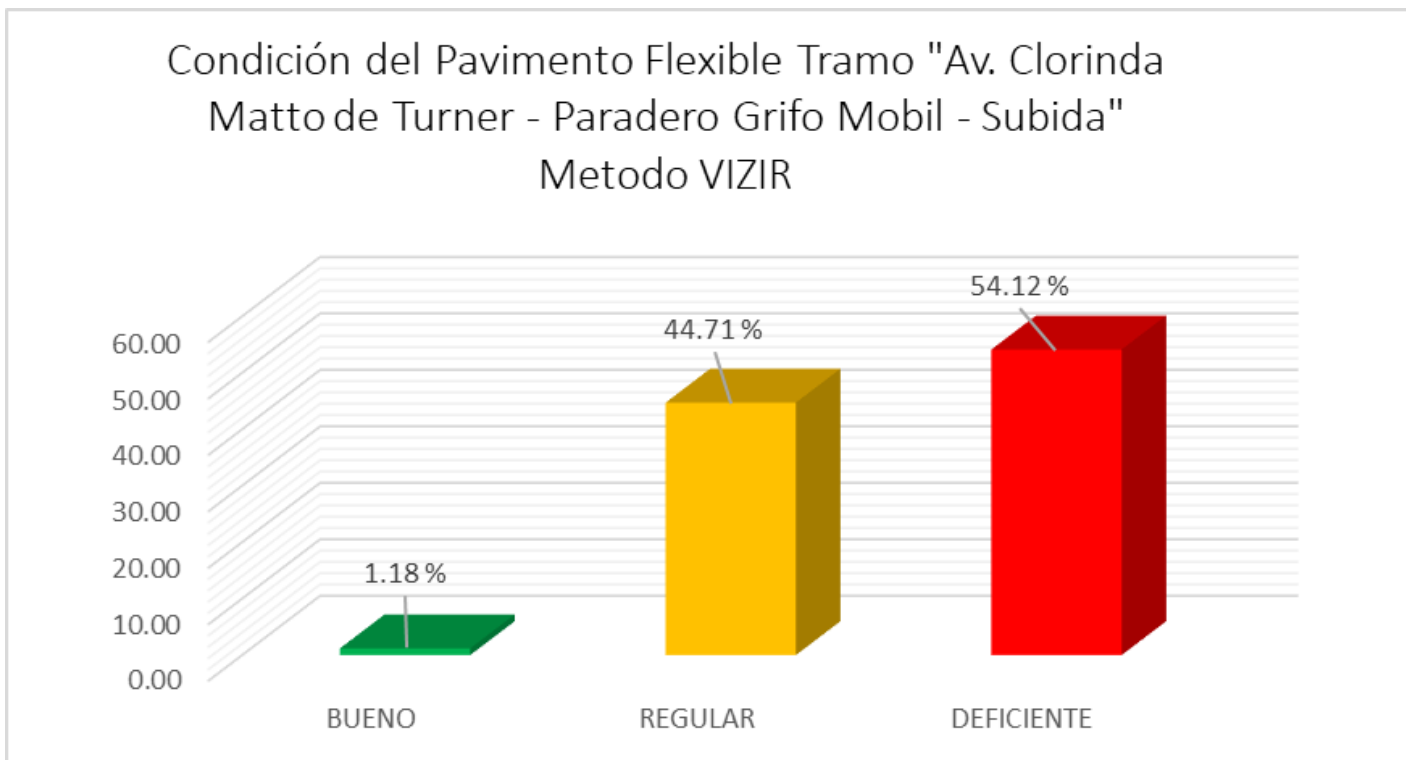


Figura 136: Condición del Pavimento Flexible Tramo Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil – Subida – Método VIZIR

Fuente: Elaboración Propia

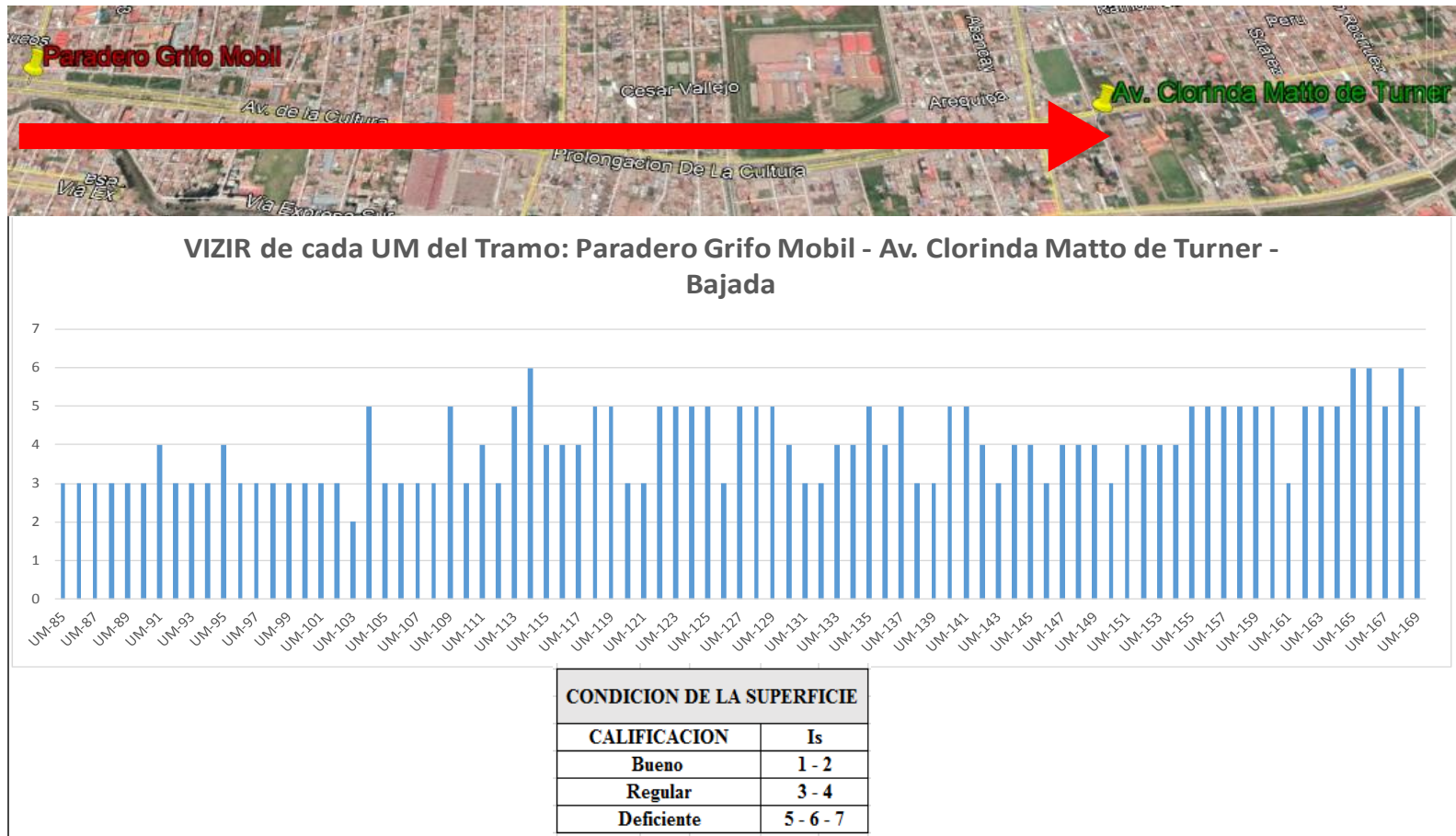


Figura 137: Valores con el Método VIZIR en Tramo: Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner - Bajada

Fuente: Elaboración Propia

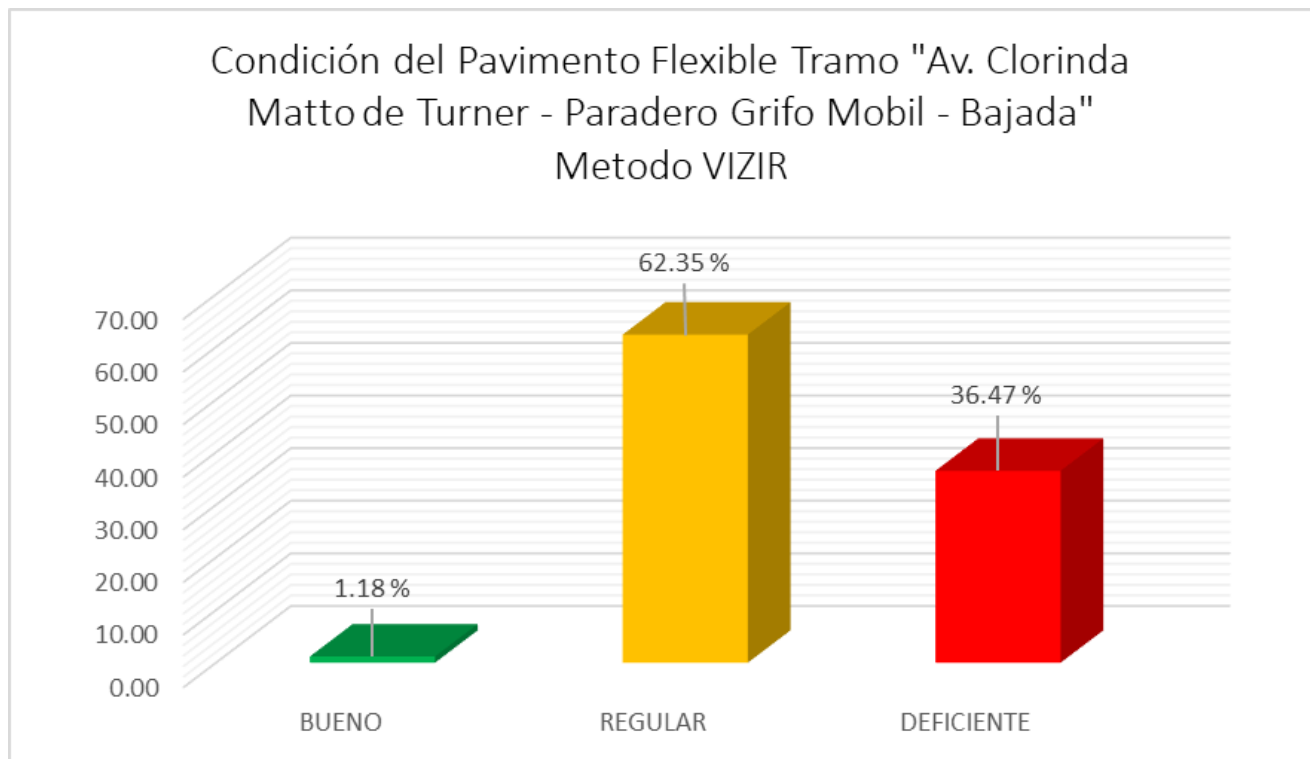


Figura 138: Condición del Pavimento Flexible Tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner –Bajada – Método VIZIR

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70: Resultados de VIZIR por Tramos

RESULTADOS - VIZIR POR TRAMOS		
TRAMO	Valor VIZIR	CALIFICACIÓN
Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo	3.13	REGULAR
Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner	5.90	DEFICIENTE
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner SUBIDA	4.52	DEFICIENTE
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner BAJADA	4.02	REGULAR
Promedio Valor VIZIR General	4.39	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

3.6.3. Método PSI

a) Procedimiento de cálculo de Índice de Deterioro Superficial (Is)

Paso 1:

Como ejemplo de cálculo se tomará el ensayo N° 12 del tramo Planta de Tratamiento de Aguas Servidas - Ciencias de la Salud-UAC en sentido bajada.

El procedimiento de análisis comienza contando la cantidad de veces que se repiten los valores de los casilleros de toma de datos de una muestra compuesta por 200 valores.

Tabla 71: Repeticiones por lecturas que marca el puntero del Rugosímetro de Merlín

Nº	Rep.	Nº	Rep.	Nº	Rep.	Nº	Rep.	Nº	Rep.
1	0	11	0	21	6	31	3	41	0
2	0	12	0	22	8	32	8	42	0
3	0	13	0	23	10	33	5	43	0
4	0	14	0	24	18	34	0	44	0
5	0	15	0	25	19	35	0	45	0
6	0	16	0	26	21	36	0	46	0
7	0	17	2	27	36	37	4	47	0
8	0	18	3	28	30	38	2	48	0
9	0	19	3	29	14	39	0	49	0
10	0	20	3	30	5	40	0	50	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72: Lecturas Ordenas para determinación de la cantidad de intervalos de desviaciones

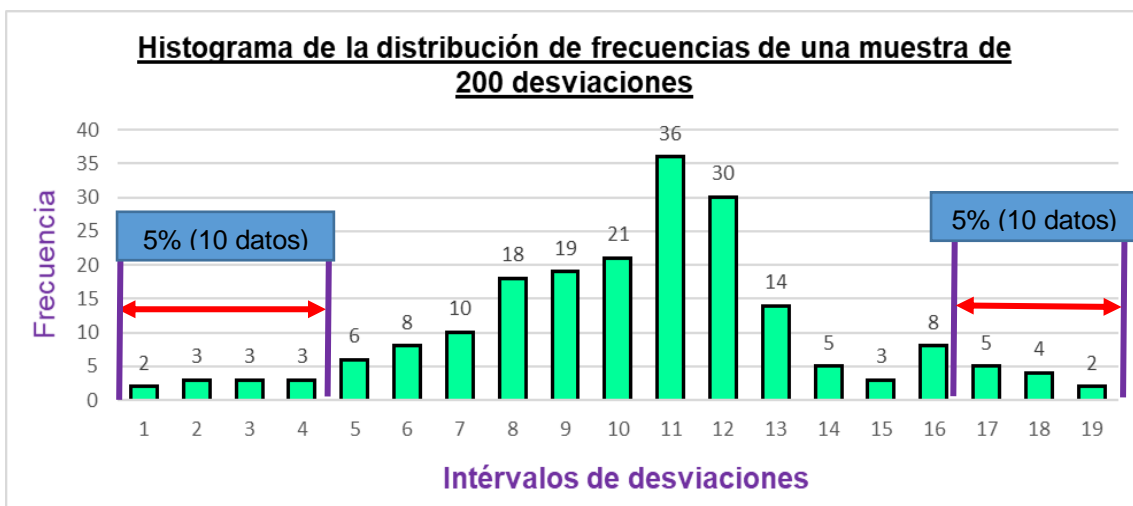
valor	frecuencia	nº orden	valor	frecuencia	nº orden
17	2	1	27	36	11
18	3	2	28	30	12
19	3	3	29	14	13
20	3	4	30	5	14
21	6	5	31	3	15
22	8	6	32	8	16
23	10	7	33	5	17
24	18	8	37	4	18
25	19	9	38	2	19
26	21	10			

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2:

Se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Tabla 73: Descarte de datos del Histograma de frecuencias



Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 73, por ejemplo, en el extremo superior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y una unidad fraccionada igual a $1/3=0.33$ Caso similar sucede en el extremo inferior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $1/5=0.20$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $1/3+12+1/5=12.53$ unidades.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ($12.53 \times 5\text{mm}=62.67\text{mm}$).

Paso 3:

Para corregir los resultados se verificó la relación de brazos del instrumento, y, se determinó un factor de corrección (F.C.) que permitió llevar los valores a condiciones estándar, usando la siguiente expresión:

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

donde,

EP : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

Con respecto a los datos anteriores; si la posición inicial del puntero fue 29 y la final fue 16, entonces el Factor de Corrección resultó:

$$F.C. = (4.9 \times 10) / [(29 - 16) \times 5]$$

$$F.C. = (0.754)$$

Paso 4:

El valor D calculado, se modificó considerando el Factor de Corrección ($FC=0.754$) definido en el paso 3 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos fue ($RB=1$).



El valor D corregido fue $62.67\text{mm} \times 0.754 \times 1 = 47.24\text{mm}$. Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLÍN”.

Paso 5:

Para transformar la rugosidad de unidades MERLÍN a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2). Aplicando la expresión para el caso

$$\text{Cuando de } IRI < 2.4, \text{ entonces } IRI = 0.0485 D$$

se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a 2.29 m/km.

Paso 6:

Finalmente, para llegar al valor del PSI se aplica la siguiente expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

$$IRI = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{PSI} \right)$$

En tanto el PSI del ensayo N° 12 del tramo Planta de Tratamiento de Aguas Servidas - Ciencias de la Salud-UAC en sentido bajada tiene el valor de:

$$PSI = 5 * (\text{EXP}((-2.29)/5.5))$$

$$PSI = 3.30$$

Resultados de todas la Unidades de Muestreo Según PSI

Tabla 74: Valores de IRI y PSI y su respectiva Calificación para cada UM sentido Bajada

Tramo: Paradero Grifo Mobil - Ciencias de la Salud de la UAC sentido BAJADA					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	IRI (m/Km)	PSI	ESTADO
UM-01	0+000.00	0+400.00	4.63	2.15	REGULAR
UM-02	0+400.00	0+800.00	4.17	2.34	REGULAR
UM-03	0+800.00	1+200.00	3.34	2.73	REGULAR
UM-04	1+200.00	1+600.00	3.46	2.67	REGULAR
UM-05	1+600.00	2+000.00	3.44	2.68	REGULAR
UM-06	2+000.00	2+400.00	4.78	2.10	REGULAR
UM-07	2+400.00	2+800.00	5.70	1.77	MALA
UM-08	2+800.00	3+200.00	5.21	1.94	MALA
UM-09	3+200.00	3+600.00	2.26	3.32	BUENA
UM-10	3+600.00	4+000.00	1.89	3.55	BUENA
UM-11	4+000.00	4+400.00	1.86	3.57	BUENA
UM-12	4+400.00	4+800.00	2.29	3.30	BUENA

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75: Valores de IRI y PSI y su respectiva Calificación para cada UM sentido Subida

Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC - Paradero Grifo Mobil sentido SUBIDA					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	IRI (m/Km)	PSI	ESTADO
UM-01	0+000.00	0+400.00	2.34	3.27	BUENA
UM-02	0+400.00	0+800.00	2.24	3.33	BUENA
UM-03	0+800.00	1+200.00	2.34	3.27	BUENA
UM-04	1+200.00	1+600.00	2.38	3.25	BUENA
UM-05	1+600.00	2+000.00	3.12	2.83	REGULAR
UM-06	2+000.00	2+400.00	4.33	2.28	REGULAR
UM-07	2+400.00	2+800.00	6.30	1.59	MALA
UM-08	2+800.00	3+200.00	6.54	1.52	MALA
UM-09	3+200.00	3+600.00	5.98	1.69	MALA
UM-10	3+600.00	4+000.00	3.32	2.73	REGULAR
UM-11	4+000.00	4+400.00	3.17	2.81	REGULAR
UM-12	4+400.00	4+800.00	3.09	2.28	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

b) Diagramas, Tablas

Tabla 76: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHTO)			Pavimentos Rígidos (Modelo de AASHTO)			Clasificación
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	
5.0	0.0	0 - 1.0	5.0	0.0	0 - 1.4	Muy Bueno
4.2	0.8		4.5	1.0		
4.0	1.0		4.0	1.4		
3.0	1.9	1.0 - 1.9	3.0	2.3	1.4 - 2.3	Bueno
2.5	2.6	1.9 - 3.6	2.5	2.9	2.3 - 3.6	Regular
2.0	3.6		2.0	3.6		
1.5	4.9	3.6 - 6.4	1.5	4.6	3.6 - 6	Mala
1.0	6.4		1.0	6.0		
0.0	9.5	> 6.4	0.0	11.2	> 6	Muy Mala

Fuente: (Barrantes Jiménez, 2011)

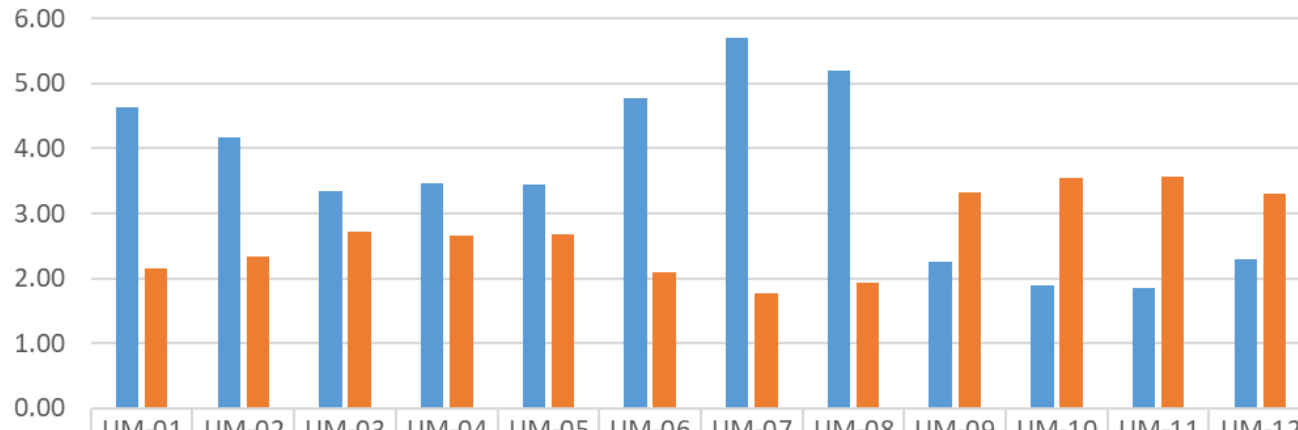
c) Análisis de la prueba

Se realizó el cálculo de PSI y según las características en la variación del IRI, se determinó tres tramos diferentes a lo largo de la vía. En el tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner en los sentidos de subida y bajada se obtuvo una calificación del PSI regular, en el tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo en los sentidos de subida y bajada se obtuvo una calificación del PSI mala, y en el tramo Posta médica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la UAC se obtuvo una calificación del PSI buena para ambos sentidos como se muestra a continuación.



IRI Y PSI de cada UM del Tramo: Paradero-Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC - BAJADA

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHTO)			Clasificación
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	
5.0	0.0	0 - 1.0	Muy Bueno
4.2	0.8		
4.0	1.0		
3.0	1.9	1.0 - 1.9	Bueno
2.5	2.6	1.9 - 3.6	Regular
2.0	3.6		
1.5	4.9		
1.0	6.4	3.6 - 6.4	Mala
0.0	9.5	> 6.4	Muy Mala



	UM-01	UM-02	UM-03	UM-04	UM-05	UM-06	UM-07	UM-08	UM-09	UM-10	UM-11	UM-12
IRI (m/Km)	4.63	4.17	3.34	3.46	3.44	4.78	5.70	5.21	2.26	1.89	1.86	2.29
PSI	2.15	2.34	2.73	2.67	2.68	2.10	1.77	1.94	3.32	3.55	3.57	3.30

Figura 139: Valores de IRI y PSI en Tramo: Paradero Grifo Mobil a Ciencias de la Salud de la UAC - Bajada

Fuente: Elaboración Propia



IRI Y PSI de cada UM del Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC a Paradero-Grifo - SUBIDA

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHTO)			Clasificación		
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI			
5.0	0.0	0 - 1.0	Muy Bueno		
4.2	0.8				
4.0	1.0				
3.0	1.9	1.0 - 1.9	Bueno		
				2.5	2.6
				2.0	3.6
1.5	4.9	3.6 - 6.4	Mala		
1.0	6.4				
0.0	9.5	> 6.4	Muy Mala		

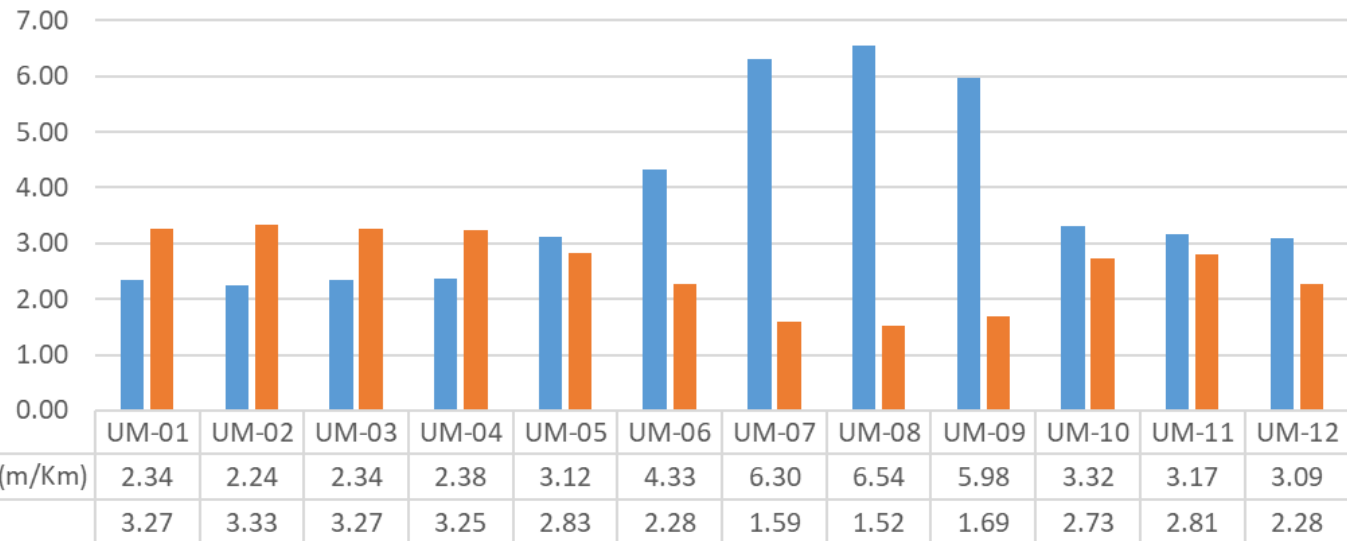


Figura 140:Valores de IRI y PSI en Tramo: Ciencias de la Salud de la UAC a Paradero Grifo Mobil - Subida

Fuente: Elaboración Propia

Calificación		Descripción
Numérica	Cualitativa	
5.0 - 4.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 - 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría proporcionan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial como desprendimiento leve de material en los bordes de la losa y fisuras menores.
3.0 - 2.0	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para las velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamientos. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y bombeo
2.0 - 1.0	Mala	Los pavimentos se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden presentar grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamiento y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye pérdida de material en las juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los cambios se pueden pasar a velocidades reducidas y considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Posta médica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la UAC

Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner

Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo

Figura 141: Calificación PSI para los tres tramos Homogéneos, según la tabla 12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 77 Resultados de IRI y PSI – Bajada

RESULTADOS - IRI y PSI POR TRAMOS BAJADA			
TRAMO	Valor IRI	Valor PSI	CALIFICACIÓN
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner	3.97	2.44	REGULAR
Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo	5.23	1.94	MALA
Posta médica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la UAC	2.07	3.43	BUENA
Promedio Valor IRI y PSI Bajada	3.59	2.67	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78: Resultados de IRI y PSI – Subida

RESULTADOS - IRI y PSI POR TRAMOS SUBIDA			
TRAMO	Valor IRI	Valor PSI	CALIFICACIÓN
Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo	2.79	3.04	BUENA
Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner	5.72	1.80	MALA
Av. Clorinda Matto de Turner - Paradero Grifo Mobil	3.89	2.38	REGULAR
Promedio Valor IRI y PSI Subida	3.76	2.57	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79: Resultado IRI y PSI General

RESULTADOS -IRI y PSI POR TRAMOS			
TRAMO	Valor IRI	Valor PSI	CALIFICACIÓN
Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo	3.38	2.74	REGULAR
Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner	5.48	1.87	MALA
Av. Clorinda Matto de Turner - Paradero Grifo Mobil	2.98	2.90	REGULAR
Valor IRI y PSI General	3.67	2.62	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

3.6.3.1. Aforo Vehicular

a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Paso 1:

Para realizar el conteo vehicular, se empleó el Reglamento Nacional de Vehículos D.S. N°058-2003-MTC; considerando el tipo de vehículos, peso, dimensiones y la disposición de sus ejes; también se consideró realizar los conteos en los 3 tramos ya delimitados para complementar el análisis de serviciabilidad. Dicho aforo se realizó los 7 días de la semana de forma continua las 24 horas en los tramos establecidos, dando inicio del conteo el lunes 03 de diciembre del 2018 y finalizando el domingo 23 de diciembre del mismo año.

Tabla 80: Conteo Vehicular Tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC

TESIS: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO LAS METODOLOGÍAS PCI, VIZIR Y PSI, EN EL TRAMO PARADERO GRIFO MOBIL-CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DE LA PROLONGACIÓN AV. DE LA CULTURA – AV. MANCO CAPAC – PROLONGACIÓN AV. MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DEL CUSCO- 2018".




















Formato de Aforo Vehicular

TRAMO DE LA CARRETERA	Posta Medica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la UAC		
OPERADORES	Condori Nelly y Goyzueta Shirley		
ESTACION	Granja Kayra		
DIA	Martes		
FECHA	04	12	18

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					
7:00-8:00	255	69	77	21	34	108	32	4	56	5	1	0	0	0	14	0	0	0	1	677	
8:00-9:00	287	57	85	12	29	110	35	1	44	11	2	0	0	1	13	0	0	0	0	687	
9:00-10:00	298	65	99	26	38	116	33	3	50	3	1	0	0	0	6	0	0	0	0	738	
10:00-11:00	263	65	101	11	29	101	28	3	55	4	2	0	0	0	8	0	0	0	0	670	
11:00-12:00	311	68	106	17	47	114	36	2	45	4	1	0	0	0	7	0	0	0	0	758	
12:00-13:00	274	53	108	18	40	101	35	2	45	2	2	0	0	0	6	0	0	0	0	686	
13:00-14:00	300	72	122	31	44	124	32	5	54	3	4	0	0	1	21	0	0	0	1	814	
14:00-15:00	291	71	90	22	34	111	33	2	50	3	0	0	0	0	15	0	0	0	0	722	
15:00-16:00	259	56	80	16	30	99	28	3	51	4	2	0	0	0	15	0	0	0	0	643	
16:00-17:00	217	63	79	14	27	97	33	2	39	4	3	0	0	1	14	0	0	0	0	593	
17:00-18:00	239	54	79	7	29	87	28	5	37	4	1	0	0	0	13	0	0	0	0	583	
18:00-19:00	234	59	69	14	23	83	24	4	35	2	3	0	0	0	6	0	0	0	0	556	
19:00-20:00	227	49	66	9	21	89	13	2	31	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	511	
20:00-21:00	224	41	54	10	10	75	10	2	13	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	447	
21:00-22:00	196	26	51	5	6	34	5	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	332	
22:00-23:00	182	16	40	3	0	14	1	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	263	
23:00-0:00	102	9	25	1	0	2	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	
0:00-1:00	69	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	
1:00-2:00	57	6	7	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	
2:00-3:00	49	7	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	
3:00-4:00	55	10	10	0	0	0	0	3	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	
4:00-5:00	100	32	31	3	6	5	2	2	17	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	202	
5:00-6:00	208	40	43	12	8	45	20	2	37	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	422	
6:00-7:00	232	60	67	17	33	83	27	1	56	2	1	0	0	1	3	0	0	0	0	583	
TOTAL	4929	1054	1496	270	489	1598	456	56	735	65	30	0	0	4	148	0	0	0	2	11332	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81: Resumen de conteo vehicular durante una semana Tramo: Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC

VEHICULOS		DIAS						
Tipo	Diagra.	Lunes 03	Martes 04	Miércoles 05	Jueves 06	Viernes 07	Sábado 08	Domingo 09
AUTO		5312	4929	5211	5068	5494	5467	4302
STATION WAGON		1076	1054	1120	1125	1182	1167	1057
PICK UP		1618	1496	1372	1545	1666	1698	1497
PANEL		287	270	250	278	268	254	278
COMBI RURAL		520	489	469	491	573	578	439
MICRO		1696	1598	1629	1653	1778	1767	1446
BUS 2E		518	456	461	475	538	535	403
BUS >=3E		73	56	70	65	79	80	64
CAMIÓN 2E		663	735	671	674	668	666	647
CAMIÓN 3E		70	65	74	69	65	63	46
CAMIÓN 4E		39	30	41	32	45	44	30
MI TRAYLER 2S1 y 2S2		1	0	0	1	0	0	0
SEMI TRAYLER 2S3		2	0	1	2	0	6	0
SEMI TRAYLER 3S1 y 3S2		4	4	1	3	5	7	0
SEMI TRAYLER >=3S3		132	148	106	126	73	95	90
TRAYLER 2T2		0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 2T3		0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 3T2		0	0	0	0	0	2	0
TRAYLER >=3T3		4	2	6	8	5	10	0
TOTAL		12015	11332	11482	11615	12439	12439	10299

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2:

Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje más Cercano al camino.

Tabla 82: Factores de corrección promedio para vehículos ligeros 2018

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P059	Rumichaca	1.313437	1.023745	0.995061	0.826767	1.198725	1.183175	0.864668	0.951512	1.214331	1.028613	1.086110	1.047318
P060	Santa Lucía	1.265383	0.949992	1.293140	1.239950	1.301753	1.048459	1.093066	0.840069	1.165849	1.130071	1.155767	0.847905
P061	Saylla	1.012254	0.962672	1.064325	1.292215	1.179586	1.171810	1.045055	0.979378	0.931480	1.056679	1.067440	0.987959
P062	Serpentín de Pasamayo	1.095463	1.007880	1.022644	1.013634	0.978524	0.993843	0.984806	1.037533	1.080017	0.895230	0.886778	0.852263
P063	Sicuyani	0.971417	0.758596	1.068523	1.111396	1.229779	1.311310	1.031490	0.683282	1.384191	1.019804	1.119919	0.978667

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83: Factores de corrección promedio para vehículos pesados 2018

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
P059	Rumichaca	1.162753	1.022717	1.033297	0.941196	0.983642	0.934395	0.918484	0.947720	1.154767	0.990122	1.044174	1.052340
P060	Santa Lucía	1.089248	1.031527	1.091317	1.097922	1.103856	0.987479	1.049061	0.923008	0.988300	0.979695	0.951238	0.898871
P061	Saylla	1.033154	1.002258	1.048227	1.197009	1.087123	1.085906	1.026910	0.967106	0.969674	0.996550	0.959322	0.913599
P062	Serpentín de Pasamayo	0.984569	1.000589	1.044372	1.053622	1.046078	1.026596	1.012132	1.011370	1.030776	0.984974	0.975315	0.911831
P063	Sicuyani	1.062581	0.970722	1.036539	1.034068	1.039184	1.279381	1.026615	0.894581	1.453616	0.980164	0.945178	0.905259

Fuente: Elaboración Propia

F.C.E. Vehículos ligeros:	0.987959
F.C.E. Vehículos pesados:	0.913599

Paso 3:

Se aplica la siguiente fórmula para hallar el IMDa en un conteo de 7 días.

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:

IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular tomada

IMDa = Índice Medio Anual

Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factores de Corrección Estacional

Tabla 84: IMDa del Tramo Posta Médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC

VEHICULOS		DIAS							Total Semana	IMDS	FC	IMDa
Tipo	Diagra.	Lunes 03	Martes 04	Miércoles 05	Jueves 06	Viernes 07	Sábado 08	Domingo 09				
AUTO		5312	4929	5211	5068	5494	5467	4302	35783	5112	0.987959	5050
STATION WAGON		1076	1054	1120	1125	1182	1167	1057	7781	1112	0.987959	1098
PICK UP		1618	1496	1372	1545	1666	1698	1497	10892	1556	0.987959	1537
PANEL		287	270	250	278	268	254	278	1885	269	0.987959	266
COMBI RURAL		520	489	469	491	573	578	439	3559	508	0.987959	502
MICRO		1696	1598	1629	1653	1778	1767	1446	11567	1652	0.987959	1633
BUS 2E		518	456	461	475	538	535	403	3386	484	0.913599	442
BUS >=3E		73	56	70	65	79	80	64	487	70	0.913599	64
CAMIÓN 2E		663	735	671	674	668	666	647	4724	675	0.913599	617
CAMIÓN 3E		70	65	74	69	65	63	46	452	65	0.913599	59
CAMIÓN 4E		39	30	41	32	45	44	30	261	37	0.913599	34
MI TRAYLER 2S1 y 2		1	0	0	1	0	0	0	2	0	0.913599	0
SEMI TRAYLER 2S3		2	0	1	2	0	6	0	11	2	0.913599	1
MI TRAYLER 3S1 y 3		4	4	1	3	5	7	0	24	3	0.913599	3
SEMI TRAYLER >=3S:		132	148	106	126	73	95	90	770	110	0.913599	100
TRAYLER 2T2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.913599	0
TRAYLER 2T3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.913599	0
TRAYLER 3T2		0	0	0	0	0	2	0	2	0	0.913599	0
TRAYLER >=3T3		4	2	6	8	5	10	0	35	5	0.913599	5
TOTAL		12015	11332	11482	11615	12439	12439	10299	81621	11660		11412

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85: IMDa del Tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta Medica de San Jerónimo

VEHICULOS		DIAS							Total Semana	IMDS	FC	IMDa
Tipo	Diagra.	Lunes 10	Martes 11	Miércoles 12	Jueves 13	Viernes 14	Sábado 15	Domingo 16				
AUTO		7940	8202	8008	7962	7906	8162	6210	54390	7770	1.067440	8294
STATION WAGON		1772	1759	1777	1693	1667	1737	1445	11850	1693	1.067440	1807
PICK UP		2029	1959	1908	1702	1965	2115	1874	13552	1936	1.067440	2067
PANEL		190	195	192	199	203	181	341	1501	214	1.067440	229
COMBI RURAL		660	614	586	543	627	581	696	4307	615	1.067440	657
MICRO		1697	1610	1681	1696	1630	1645	1787	11746	1678	1.067440	1791
BUS 2E		615	513	533	482	606	600	605	3954	565	0.959322	542
BUS >=3E		94	89	63	63	99	89	102	599	86	0.959322	82
CAMIÓN 2E		301	291	289	305	278	303	701	2468	353	0.959322	338
CAMIÓN 3E		199	153	138	145	177	263	68	1143	163	0.959322	157
CAMIÓN 4E		46	37	36	43	40	70	47	319	46	0.959322	44
MI TRAYLER 2S1 y 2		13	16	15	19	13	17	0	93	13	0.959322	13
SEMI TRAYLER 2S3		1	2	3	5	1	1	10	23	3	0.959322	3
MI TRAYLER 3S1 y 3		25	18	17	22	25	29	0	136	19	0.959322	19
SEMI TRAYLER >=3S3		126	85	57	55	122	135	67	647	92	0.959322	89
TRAYLER 2T2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.959322	0
TRAYLER 2T3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.959322	0
TRAYLER 3T2		0	0	0	0	0	4	1	5	1	0.959322	1
TRAYLER >=3T3		7	11	10	8	15	10	12	73	10	0.959322	10
TOTAL		15715	15554	15313	14942	15374	15942	13966	106806	15258		16141

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86: IMDa del Tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner

VEHICULOS		DIAS							Total Semana	IMDS	FC	IMDa
Tipo	Diagra.	Lunes 17	Martes 18	Miércoles 19	Jueves 20	Viernes 21	Sábado 22	Domingo 23				
AUTO		21054	19669	21578	21130	21574	21765	20096	146865	20981	1.067440	22396
STATION WAGON		4630	4377	4922	4758	4243	4289	4648	31865	4552	1.067440	4859
PICK UP		5301	6132	5586	6188	6057	6290	5776	41329	5904	1.067440	6302
PANEL		233	105	156	180	214	228	141	1256	179	1.067440	192
COMBI RURAL		2093	1753	2149	2708	1937	1871	2308	14817	2117	1.067440	2259
MICRO		4443	6764	4413	4193	5973	6907	4120	36812	5259	1.067440	5613
BUS 2E		1569	1016	1657	1713	1193	1140	1627	9914	1416	0.959322	1359
BUS >=3E		214	98	232	125	172	101	146	1086	155	0.959322	149
CAMIÓN 2E		973	1310	1078	775	1031	1311	895	7373	1053	0.959322	1010
CAMIÓN 3E		721	184	790	500	521	248	589	3552	507	0.959322	487
CAMIÓN 4E		165	26	176	138	107	26	113	750	107	0.959322	103
MI TRAYLER 2S1 y 2		40	6	29	88	24	5	49	240	34	0.959322	33
SEMI TRAYLER 2S3		3	0	1	0	0	3	0	7	1	0.959322	1
MI TRAYLER 3S1 y 3		62	2	40	28	34	4	35	204	29	0.959322	28
SEMI TRAYLER >=3S3		762	245	719	443	484	249	521	3422	489	0.959322	469
TRAYLER 2T2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.959322	0
TRAYLER 2T3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.959322	0
TRAYLER 3T2		0	0	0	1	0	0	0	1	0	0.959322	0
TRAYLER >=3T3		3	16	26	23	27	40	14	149	21	0.959322	20
TOTAL		42263	41703	43548	42987	43589	44477	41074	299639	42806		45280

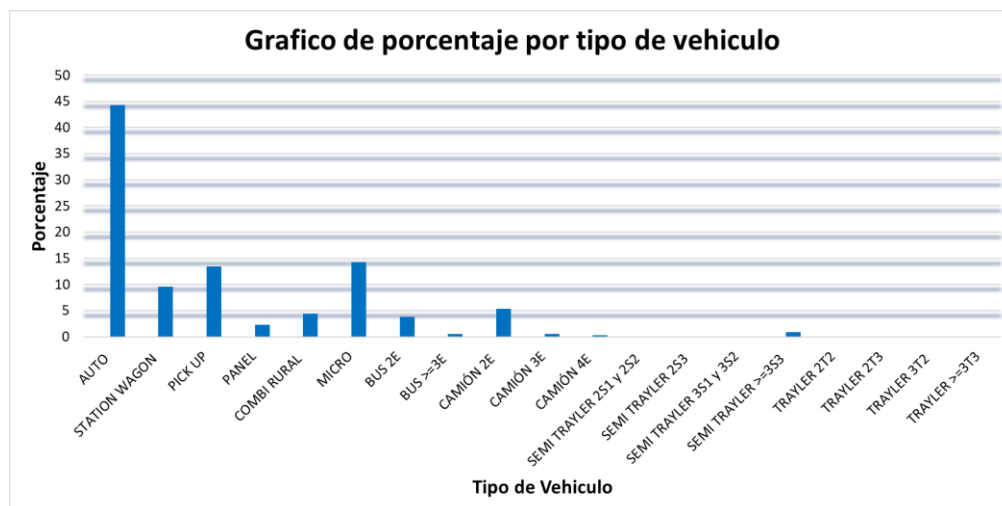
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 87 Porcentaje IMDa tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC

VEHICULOS		IMDa	Porcentaje
Tipo	Diagra.		
AUTO		5050	44%
STATION WAGON		1098	10%
PICK UP		1537	13%
PANEL		266	2%
COMBI RURAL		502	4%
MICRO		1633	14%
BUS 2E		442	4%
BUS >=3E		64	1%
CAMIÓN 2E		617	5%
CAMIÓN 3E		59	1%
CAMIÓN 4E		34	0%
MI TRAYLER 2S1 y 2		0	0%
SEMI TRAYLER 2S3		1	0%
MI TRAYLER 3S1 y 3		3	0%
SEMI TRAYLER >=3S3		100	1%
TRAYLER 2T2		0	0%
TRAYLER 2T3		0	0%
TRAYLER 3T2		0	0%
TRAYLER >=3T3		5	0%
TOTAL		11412	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88: Participación por tipo de vehículo tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC



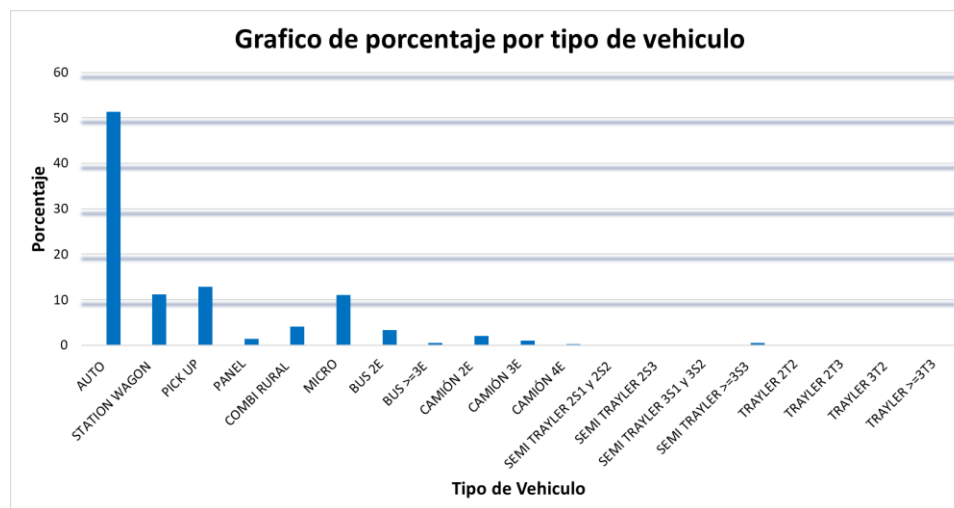
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 89: Porcentaje IMDa tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo

VEHICULOS		IMDa	Porcentaje
Tipo	Diagra.		
AUTO		8294	51%
STATION WAGON		1807	11%
PICK UP		2067	13%
PANEL		229	1%
COMBI RURAL		657	4%
MICRO		1791	11%
BUS 2E		542	3%
BUS >=3E		82	1%
CAMIÓN 2E		338	2%
CAMIÓN 3E		157	1%
CAMIÓN 4E		44	0%
MI TRAYLER 2S1 y 2		13	0%
SEMI TRAYLER 2S3		3	0%
MI TRAYLER 3S1 y 3		19	0%
SEMI TRAYLER >=3S3		89	1%
TRAYLER 2T2		0	0%
TRAYLER 2T3		0	0%
TRAYLER 3T2		1	0%
TRAYLER >=3T3		10	0%
TOTAL		16141	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 90: Participación por tipo de vehículo tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo



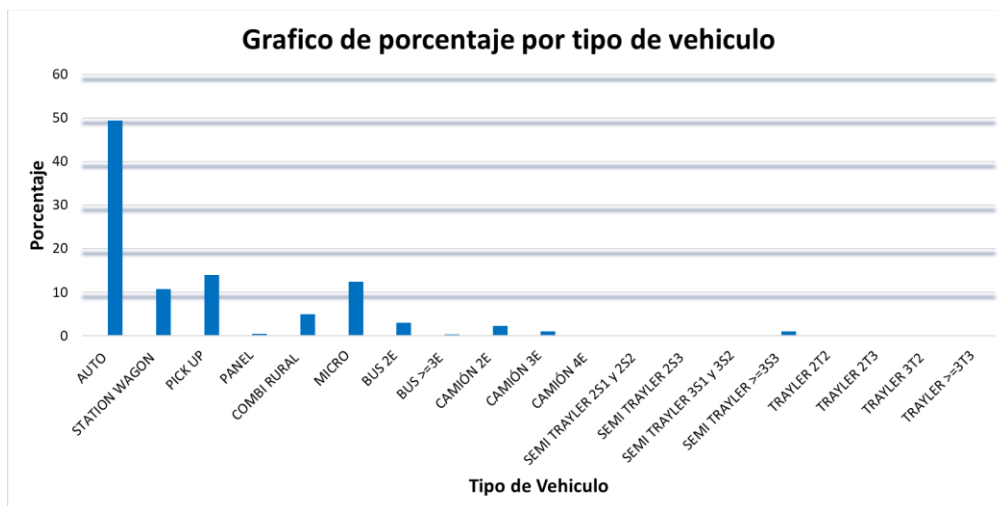
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91: Porcentaje IMDa tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner

VEHICULOS		IMDa	Porcentaje
Tipo	Diagra.		
AUTO		22396	49%
STATION WAGON		4859	11%
PICK UP		6302	14%
PANEL		192	0%
COMBI RURAL		2259	5%
MICRO		5613	12%
BUS 2E		1359	3%
BUS >=3E		149	0%
CAMIÓN 2E		1010	2%
CAMIÓN 3E		487	1%
CAMIÓN 4E		103	0%
MICRO TRAYLER 2S1 y 2S2		33	0%
SEMI TRAYLER 2S3		1	0%
SEMI TRAYLER 3S1 y 3S2		28	0%
SEMI TRAYLER >=3S3		469	1%
TRAYLER 2T2		0	0%
TRAYLER 2T3		0	0%
TRAYLER 3T2		0	0%
TRAYLER >=3T3		20	0%
TOTAL		45280	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 92: Participación por tipo de vehículo tramo Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner



Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV: Resultados

Tener la información de las condiciones en las que se encuentra el pavimento flexible de la vía en estudio es muy importante para poder determinar las estrategias de intervención.

Sabiendo que el IRI característico (IRI_c) del tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC es 3.38m/km (tabla 79), se analizó la tabla 13 del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; donde se indica que el IRI característico de una carretera en periodo de servicio y con un IMDa de 11412 veh/día es 3.50m/km. Por lo tanto, se concluye que el tramo Posta Medica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC se encuentra dentro del margen establecido por esta norma.

Por otro lado, el IRI característico (IRI_c) del tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo es 5.48 m/km (tabla 79), y el IRI característico de una carretera en periodo de servicio del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos con un IMDa de 16141 veh/día es 3.50m/km. Por lo tanto, se concluye que el tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Tramo Posta Medica de San Jerónimo no se encuentra dentro del margen establecido por esta norma, considerando que su serviciabilidad está en una calificación de mala.

Por último, el IRI característico (IRI_c) del tramo Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner es 2.98 m/km (tabla 79), y según la tabla 13, el IRI característico de una carretera en periodo de servicio y con un IMDa de 45280 veh/día es 3.50m/km. Por lo tanto, se concluye que el tramo tramo Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner también se encuentra dentro del margen establecido por esta norma.

Con el uso de la tabla 8 que detalla alternativas de solución para pavimentos flexibles, tabla 13 según la escala de calificación de serviciabilidad, y la tabla 17 que propone mantenimientos con respecto a tipos de conservación de pavimentos, se pudo elaborar la tabla 83 que relaciona el tipo de falla presente en cada método, con las opciones de conservación y a su vez con los tipos de mantenimiento, que se muestra a continuación.



Tabla 93: Resumen de Resultados PCI, VIZIR Y PSI

TIPOS DE FALLA	TIPOS DE FALLA	TIPOS DE FALLA	SEVERIDAD	OPCIONES DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS	TIPO DE MANTENIMIENTO
PCI	VIZIR	PSI			
1. PIEL DE COCODRILO	5. FISURA PIEL DE COCODRILO		B	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta	PERIODICO
			M	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth), Sobrecarpeta, Reconstrucción	
			A	Parqueo parcial o Full Depth, Sobrecarpeta y Reconstrucción	
2. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		AGRIETAMIENTOS AGRIETAMIENTO PROFUNDO	B	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.00 mm. Riego de sello.	PERIODICO
			M	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	
			A	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	
3. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	2. DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES		B	No se hace nada.	PERIODICO
			M	Reciclado en frío, Parqueo profundo o parcial.	
			A	Reciclado (fresado) en frío, Parqueo profundo o parcial. Sobrecarpeta	
	B		No se hace nada.		
	M		Reciclado en frío, Parqueo profundo o parcial.		
	A		Reciclado (fresado) en frío, Parqueo profundo o parcial. Sobrecarpeta		
3. DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS TRANSVERSALES			B	No se hace nada.	PERIODICO
			M	Reciclado en frío, Parqueo profundo o parcial.	
			A	Reciclado (fresado) en frío, Parqueo profundo o parcial. Sobrecarpeta	
4. DEPRESION			B	No se hace nada.	PERIODICO
			M	Parqueo superficial, parcial o profundo.	
			A	Parqueo superficial, parcial o profundo.	
5. HUECOS	13. OJOS DE PESCADO		B	No se hace nada. Parqueo parcial o profundo.	RUTINARIO
			M	Parqueo parcial o profundo.	
			A	Parqueo profundo.	
6. AHUELLAMIENTO	1. AHUELLAMIENTO	AHUELLAMIENTO	B	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.	PERIODICO
			M	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta	
			A	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta	
7. DESPLAZAMIENTO	12. DEFORMACION		B	No se hace nada. Fresado.	PERIODICO
			M	Fresado, Parqueo parcial o profundo.	
			A	Fresado, Parqueo parcial o profundo.	
8. HINCHAMIENTO			B	No se hace nada.	PERIODICO
			M	No se hace nada. Reconstrucción.	
			A	Reconstrucción.	
9. EXUDACION	18. EXUDACION		B	No se hace nada.	RUTINARIO
			M	Se aplica arena / agregados y cilindrado.	
			A	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).	
10. CORRUGACION			B	No se hace nada.	PERIODICO
			M	Reconstrucción.	
			A	Reconstrucción.	
11. GRIETA DE BORDE	11. FISURA DE BORDE		B	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	RUTINARIO
			M	Sellado de grietas. Parqueo parcial - profundo.	
			A	Parqueo parcial - profundo.	
12. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA	7. FISURA LONGITUDINAL DE JUNTA E CONSTRUCCION		B	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.	RUTINARIO
			M	Sellado de grietas. Parqueo de profundidad parcial.	
			A	Parqueo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.	
	B		Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.		
	M		Sellado de grietas. Parqueo de profundidad parcial.		
	A		Parqueo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.		
13. DESNIVEL CARRIL / BERMA	22. ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA		B	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.	PERIODICO
			M	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.	
			A	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.	
	B		Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
	M		Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
	A		Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
14. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (NO SON DE REFLEXION DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND)	4. FISURA LONGITUDINAL POR FATIGA	FISURACION ALEATORIA	B	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.	RUTINARIO
			M	Sellado de grietas.	
			A	Sellado de grietas. Parqueo parcial.	
	B		No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.		
	M		Sellado de grietas.		
	A		Sellado de grietas. Parqueo parcial.		
15. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS	6. BACHEOS Y PARCHES	PARCHES BACHES	B	No se hace nada.	RUTINARIO
			M	No se hace nada. Sustitución del parche	
			A	Sustitución del parche.	
16. PULIMENTO DE AGREGADOS	17. PULIMENTO DE AGREGADOS		B	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	RUTINARIO
			M	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	
			A	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.	
17. CRUCE DE VIA FERREA			B	No se hace nada.	-
			M	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce	
			A	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce	
18. GRIETAS PARABOLICAS (SLIPPAGE)	10. FISURAS PARABOLICAS		B	No se hace nada. Parqueo parcial	RUTINARIO
			M	Parqueo parcial.	
			A	Parqueo parcial.	
19. METEORIZACION / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	14. PÉRDIDA DE PELÍCULA DE LIGANTE	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	PERIODICO
			M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	
			A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción	
	15. PÉRDIDA DE AGREGADOS	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	
			M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	
			A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción	
	16. DECASCARAMIENTO	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	
			M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	
			A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción	
	19. AFLORAMIENTO DE MORTERO	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	
			M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	
			A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción	
20. AFLORAMIENTO DE AGUA	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.		
		M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.		
		A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción		
24. SEGREGACION	PERDIDA DE AGREGADOS	B	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.		
		M	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.		
		A	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción		
			Nota.	Para los niveles M y H, si el daño es localizado, se hace parqueo parcial.	

Fuente: Elaboración Propia



En las tablas 60, tabla 70, tabla 77 y tabla 78 se puede observar lo siguiente:

El tramo más deteriorado es el tramo “Posta Medica de San Jerónimo – Av. Clorinda Matto de Turner” este tramo presenta la mayor cantidad de fallas, obteniendo una calificación PCI de “MUY POBRE”, calificación VIZIR de “DEFICIENTE” y cuanto a serviciabilidad en el Carril de Subida y Bajada una calificación de “MALA”.

El tramo que esta conservado es el tramo “Faculta de Ciencias de la Salud de la UAC – Posta Medica de San Jerónimo”, este tramo presenta la menor cantidad de fallas y con severidad baja, obteniendo una calificación de PCI de “BUENA”, calificación de VIZIR de “ReGULAR” y en cuanto a serviciabilidad en ambos carriles una calificación de “BUENA”.

El tramo que tiene una condición de “REGULAR A DEFICIENTE” es el tramo “Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil - Subida”, este tramo tiene esta condición porque en el sentido de subida transitan vehículos con carga pesada y esto es uno de las razones por las cuales se encontró un pavimento más deteriorado que en el sentido de bajada. Presentando una calificación PCI de “REGULAR”, calificación VIZIR de “DEFICIENTE” y en cuanto a serviciabilidad de subida y bajada una calificación de “REGULAR”

Por lo tanto, haciendo uso de la tabla 60, tabla, 70, tabla 79, y tabla 93 se tiene los siguientes resultados:



Tabla 94: Resumen de Resultados PCI, VIZIR Y PSI

RESULTADO DE LOS TRES MÉTODOS Y ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN POR TRAMOS						
TRAMOS HOMOGÉNEOS	PCI	VIZIR	PSI		ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN	PRINCIPALES ACTIVIDADES / SEGÚN MATRIZ DE OPCIONES DE REPARACIÓN (tabla 93)
			Bajada	Subida		
Ciencias de la Salud de la UAC - Posta médica de San Jerónimo	70 - 55	3 y 4	4 - 3	4 - 3	RUTINARIO	Sellado de Fisuras y Grietas en calzada y berma Tratamiento de zonas con exudación en calzada Nivelación de bermas con mezcla asfáltica
	57	3	3.43	3.04		
	BUENA	REGULAR	BUENA	BUENA		
Posta médica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner	25 - 10	5, 6 y 7	2 - 1	2 - 1	PERIÓDICO	Recapados Asfálticos Fresado y Microfresado de Carpeta Asfáltica Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.
	13	6	1.94	1.8		
	MUY POBRE	DEFICIENTE	MALA	MALA		
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner SUBIDA	55 - 40	5, 6 y 7	3 - 2	3 - 2	RUTINARIO	Sellado de Fisuras y Grietas en calzada Parchado Superficial y Profundo en calzada
	43	5	2.44	2.38		
	REGULAR	DEFICIENTE	REGULAR	REGULAR		
Paradero Grifo Mobil - Av. Clorinda Matto de Turner BAJADA	55 - 40	3 y 4			REGULAR	REGULAR
	47	4				
	REGULAR	REGULAR				
Paradero Grifo Mobil - Ciencias de la Salud de la UAC	40 - 25	5, 6 y 7	3 - 2	3 - 2		
	40	4	2.62	2.62		
	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR		

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo V: Discusión

a) Contraste de resultados con referentes del marco teórico

¿Es posible la adecuación de las metodologías VIZIR, PCI y PSI descritas en el marco teórico para el área de investigación?

Si, primeramente, porque el criterio para la utilización de nuevas fuentes de información fue verificado en los antecedentes de tesis nacionales e internacionales donde se indica la utilización ya que actualmente la normativa nacional Manual de Carreteras Sección de Suelos y Pavimentos MTC propone utilizar la metodología del PCI para determinar la condición del pavimento en función a su confortabilidad y seguridad, normativas internacionales tales como las normativas AASHTO y ASTM los cuales indican la utilización de las metodologías PSI y PCI para la determinar las condiciones actuales del pavimento de la zona de investigación. Así también el uso de la metodología VIZIR desarrollado por “Laboratoire central des Ponts et Chaussées” – Francia para distinguir las fallas estructurales y funcionales.

¿Es recomendable realizar la prueba del rugosímetro de Merlín solo en los carriles exteriores de la vía como especifica la metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos?

Este método de medición muy usada en carreteras de dos carriles (primera clase) se realiza por sentido, sin embargo, en infraestructuras de varios carriles como autopistas y vías urbanas donde se recomienda principalmente la evaluación del carril externo (según la metodología). En lo observado en nuestro tramo los vehículos pesados circulan más por el carril interno, lo que implica que para estos casos la evaluación para el PSI se realice en este carril-consideración que debe tener nuestros manuales nacionales de evaluación.

b) Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

¿Es factible la implementación de las estrategias de intervención a la superficie de rodadura de la zona de investigación?

Si, ya que las estrategias de intervención que se plantean en la presente tesis como son sellado de fisuras y grietas, nivelación de bermas con mezcla asfáltica, parchados superficiales y profundos en la calzada, fresado y microfresado de la carpeta son descritas en el Manual de Carreteras y Conservación Vial del MTC (2013), las cuales son aplicables a la superficie de rodadura de la zona de investigación.

c) Comentario de la demostración de la hipótesis

¿Son necesarias las intervenciones de tipo mantenimiento en la superficie de rodadura de la zona de investigación?

Si, ya que las fallas encontradas dentro de la zona de investigación son fisuras, grietas y en algunos casos se requiere un cambio de superficie de rodadura, a esto se añade la constante carga vehicular pesada que sigue dañando la superficie de rodadura.

d) Aporte de la investigación

¿Esta Investigación es útil para la toma de decisiones, como llegar a una estrategia de mantenimiento el mejoramiento de la Vía?

Si. Porque los resultados de esta investigación nos sirven para poder determinar el estado de la condición y la serviciabilidad de pavimento flexible de esta vía y así poder determinar el tipo de mantenimiento que requiere.

e) Incorporación de temas nuevos que se ha presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación

¿Es necesaria la implementación de un conteo vehicular para determinación de las condiciones actuales del pavimento de la zona de estudio?



Si, se tuvo que incorporar como tema nuevo un conteo vehicular (aforo) en la zona de investigación para así poder comparar los resultados del IRI obtenidos en campo con el uso del rugosímetro de Merlín, y el IRI característico propuesto por el manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del 2014 (tabla 12) que toma en cuenta el tipo de carretera según el IMDa para una vía en periodo de servicio.

Con los datos obtenidos del conteo vehicular, se puede realizar el cálculo de ejes equivalentes el cual sería útil para plantear otro tipo de intervención ya sea un rediseño de la estructura del pavimento o de la carpeta de rodadura.



Glosario

ASSHTO

Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials)

ASTM

Asociación Americana para el Ensayo de Materiales (American Society for Testing Materials)

MTC

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

RUGOSIDAD

Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el índice de Rugosidad Internacional (IRI).

SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

Es una medida de confort y la conveniencia del público usuario referido al comportamiento funcional de un pavimento.

PCI

Denominado Índice de Condición del Pavimento, Índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. (Varela, 2002).

PSI

Denominado Índice de Serviciabilidad del Pavimento, es un índice numérico fue creado en 1957 para poder evaluar las vías y como estaba su deterioro, varía de cero (0) para



un pavimento muy malo o en mal estado, hasta cinco (5) para un pavimento en muy buen estado (Varela, 2002).

IRI

Índice de Regularidad Internacional en la superficie del pavimento que afecta en la superficie del pavimento, que afecta adversamente a la calidad del rodado, seguridad y operación del vehículo.

AHUELLAMIENTO

Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

BACHEO

Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

GRIETA

Fractura de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma longitudinal o transversal al eje de la vía.

FISURA

Fractura fina de variados orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMDA)

Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un periodo anual.



MANTENIMIENTO VIAL

Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida en buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

RECAPEO ASFALTICO

Colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento existente con fines de mantenimiento o rehabilitación. En caso se especifique incluye una capa nivelante para corregir el perfil del pavimento antiguo.

SUPERFICIE DE RODADURA

Parte de la vía destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

TRANSITABILIDAD

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

VÍA

Camino, arteria o calle.



Conclusiones

Conclusión General:

Se logró demostrar la Hipótesis General que indicaba: **“El tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner y tramo Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco, requerirá intervención de tipo mantenimiento Rutinario, como sellado fisuras, grietas y parchado superficial y profundo en calzada; mientras que en el tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo requerirá intervención de tipo mantenimiento Periódico con un cambio de superficie de rodadura.”**, mediante el procesamiento de los datos en el que se determinó la existencia de tres tramos (tabla 60, tabla 70, tabla 77 y tabla 78) donde el tramo Posta médica de San Jerónimo – Ciencias de la Salud de la UAC presentaba fallas predominantes de tipo ahuellamiento, grietas longitudinales y transversales, abultamientos y hundimientos, y el tramo Paradero Grifo Mobil – Av. Clorinda Matto de Turner presentaba fallas predominantes de tipo ahuellamiento, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y transversales, los cuales según la tabla 93 requieren intervención, de tipo mantenimiento Rutinario como son sellado fisuras, grietas y parchado superficial y profundo en calzada; mientras que el tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta médica de San Jerónimo presentaba fallas predominantes de tipo ahuellamiento, piel de cocodrilo, abultamientos y hundimientos, desplazamientos y desniveles de carril - berma que requiere intervención de tipo mantenimiento Periódico con parcheo superficial o profundo. sobre carpeta y/o reconstrucción con un cambio de superficie de rodadura.

Conclusión N°1:

Se ha demostrado la Sub Hipótesis N°1 que indicaba: **“El Índice de condición del pavimento según la clasificación de la norma ASTM D6433 en el tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, tendrá una calificación PCI "Regular"”**, en vista que en la tabla 60 se presenta los valores del PCI en los distintos tramos siendo Tramo Ciencias de la Salud de la UAC



- Posta Medica de San Jerónimo con un valor de PCI de 57.26 con calificación BUENA, tramo Posta Medica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner con un valor de PCI de 12.76 con calificación MUY POBRE, Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil con un valor de PCI de 42.86 con calificación REGULAR en sentido Subida y un valor de PCI de 47.12 con calificación REGULAR en sentido Bajada se tiene que el valor del PCI Promedio del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la UAC es 40.00 el cual se encuentra en una condición REGULAR.

Conclusión N°2:

Se ha demostrado la Sub Hipótesis N°2 que indicaba: **“El índice de deterioro superficial del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, según la metodología VIZIR tendrá una calificación de "Regular"”**, corroborando con los resultados obtenidos en los diferentes tramos de la tabla 70 tenemos que para el tramo Ciencias de la Salud de la UAC - Posta Medica de San Jerónimo el valor de VIZIR es de 3.13 con calificación REGULAR, tramo Posta Medica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner con un valor de VIZIR de 5.90 con calificación DEFICIENTE, Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil con un valor de VIZIR de 4.52 con calificación DEFICIENTE en sentido Subida y un valor de VIZIR de 4.02 con calificación REGULAR en sentido Bajada se tiene que el valor del VIZIR Promedio del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la UAC es de 4.39 el cual se encuentra en una condición REGULAR.

Conclusión N°3:

Se ha demostrado la Sub Hipótesis N°3 que indicaba: **“El Índice de serviciabilidad del pavimento flexible del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco de la Prolongación Av. de la Cultura, Av. Manco Capac y la Prolongación Av. Manco Capac, usando el valor del IRI del rugosímetro de MERLÍN será "Regular"”**, de acuerdo a las tablas 77 y 78 los cuales presentan los resultados del PSI en ambos sentidos de la vía tenemos que para el sentido de bajada en el tramo Paradero Grifo Mobil- Av. Clorinda Matto de Turner el valor de PSI es de 2.44



con calificación REGULAR, tramo Av. Clorinda Matto de Turner - Posta Medica de San Jerónimo con un valor de PSI de 1.94 con calificación MALA, Posta Medica de San Jerónimo - Ciencias de la Salud de la con un valor de PSI de 3.43 con calificación BUENA y para el sentido Subida en el tramo Ciencias de la Salud de la UAC - Posta Medica de San Jerónimo el valor de PSI es de 3.04 con calificación BUENA, tramo Posta Medica de San Jerónimo - Av. Clorinda Matto de Turner con un valor de PSI de 1.80 con calificación MALA, Av. Clorinda Matto de Turner – Paradero Grifo Mobil con un valor de PSI de 2.38 con calificación DEFICIENTE, se tiene que el valor del PSI Promedio del tramo Paradero Grifo Mobil- Ciencias de la Salud de la UAC de 2.62 el cual se encuentra en una condición REGULAR.



Recomendaciones

- ✓ Según los tramos determinados de acuerdo a las fallas y características de la vía. Se recomienda una intervención inmediata con un mantenimiento periódico con cambio de superficie de rodadura y con un tratamiento previo de la base y sub base del pavimento, del tramo que va desde la Posta Médica de San Jerónimo hasta la Av. Clorinda Matto de Turner que tiene una condición de pavimento según PCI “Muy Pobre” y según VIZIR “Deficiente” y una serviciabilidad de “Mala”.
- ✓ Se recomienda tener en cuenta que la evaluación realizada por los métodos PCI y VIZIR son solo superficiales, es decir si el deterioro es en toda la estructura del pavimento es necesario contar con otros métodos o procedimientos que puedan calificar la estructura y poder determinar un procedimiento de rehabilitación, y si fuese necesario un rediseño.
- ✓ Se recomienda que las municipalidades tengan un plan de limpieza en los sistemas de drenaje, con el fin de que las aguas pluviales puedan evacuarse eficientemente porque el agua es uno de los factores que deterioran la estructura del pavimento.
- ✓ Se recomienda implementar un plan de monitoreo aplicando las metodologías PCI o VIZIR, tomando como información base los resultados obtenidos en la presente investigación. Esto para tener información del estado y comportamiento del pavimento flexible ya que estas se van deteriorando con el tiempo y el aumento gradual de tránsito de la vía en estudio.
- ✓ Por la facilidad y precisión de los resultados se recomienda la implementación del uso de los métodos del PCI, VIZIR y PSI para la evaluación de pavimentos por parte de las instituciones encargadas del mantenimiento, así como municipios, de tal manera que se pueda conocer el estado y el comportamiento de un pavimento en periodos



cortos, y así poder elegir una mejor estrategia de intervención en el momento oportuno.

- ✓ Se recomienda realizar una evaluación y comparación en la totalidad de carriles existentes de la vía para la toma de datos con el rugosímetro de Merlín para el cálculo del PSI, debido a que en la presente tesis se realizó el ensayo solo en los carriles exteriores de la vía, como detalla en la metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos, especificado para carreteras.
- ✓ Se recomienda el uso de otros equipos para el cálculo de la rugosidad, que cuenten con mejores ventajas con respecto al rendimiento y el costo de operación, y a su vez tengan una alta similitud en los resultados, en comparación con el uso del Rugosímetro de Merlín, como es el caso de los teléfonos inteligentes con aplicaciones especiales incorporadas.
- ✓ Se recomienda realizar el inventario de fallas encontradas en el pavimento en época de lluvias porque las marcas de agua hacen más visibles las fallas y de esta manera se puede tomar las medidas más exactas.



Referencias

- Alta Tecnología en Ingeniería de Pavimentos Vial. (Noviembre de 2011). Obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la Vialidad las Torres de la Zona Metropolitana. Toluca, Mexico.
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO . (1993). Diseño de estructuras de pavimentos. Estados Unidos.
- Apolinario Morales, E., & Gutierrez Lazares, J. (2012). Innovacion del Metodo VIZIR en Estrategias de Conservacion y Mantenimiento de Carreteras con Bajo Volumen de Transito. Lima, Lima, Peru.
- Arriaga Patiño, M. C., Garnica Anguas, P., & Rico Rodriguez, A. (1998). Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de Mexico. *Publicacion Tecnica N° 108*. Mexico.
- Badilla Vargas , G., Elizondo Arrieta, F., & Barrantes Jimenez, R. (2008). *Determinacion de un Procedimiento de Ensayo para el Calculo del IRI*. San Jose, Costa Rica.
- Barrantes Jimenez, R. (mayo de 2011). Equipos de Evaluacion de Alto Desempeño de redes viales. Costa Rica.
- Calderon, J. C. (2008). *Determinacion del Indice de Rugosidad Internacion de Pavimentos usando el Perfilometro Romdas Z-250*. El Salvador.
- Cardenas Cruz, C. A. (2007). Procesamiento de Datos, Diseño y Construcción de un Analizador Electronico de Rugosidad de Pavimentos. Lima, Peru.
- Chávez Marcatoma, S., & Cusquisiban Ortíz, E. D. (2017). Planteamiento de estrategias de rehabilitación del pavimento flexible aplicando la metodología VIZIR para la optimización de recursos en la Av. 225 (Ventanilla-Lima). Lima, Perú.
- Chester, A., & Harrison, R. (1982). *MERLIN-A Low-Cost Machine for Measuring Road Roughness in*. United Kingdom.
- Comunicaciones, M. d. (Enero de 2018). Manual de Carreteras - Diseño Geometrico . Perú.
- Corros, M. B. (2009). *Manual de Evaluacion de Pavimentos*. Venezuela.
- D6433, A. (2007). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Estados Unidos.
- Del Aguila Rodriguez, P. (1999). Metodologia para la Determinacion de la Rugosidad de los Pavimentos con Equipos de Bajo costo y gran Precision. Sevilla, España.
- Giler, J. M. (20 de febrero de 2015). Investigación Diagnóstica o Propositiva. Ecuador.
- Goicochea, J. E. (2007). Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón - Huacho - Pativilca. Lima.



- Hernández Sampieri, F. C. (2014). Metodología de la Investigación. Mexico.
- Instituto Nacional de Vías. (2002). Guía Metodológica para el Diseño de Obra de Rehabilitacion de Pavimentos Asfalticos de Carreteras. Bogotá.
- Laboratoire Central de Ponts et Chaussées. (1991). Méthode asistee par ordinateur pour léstimation des besoins en entretien d'un réseau routier. París, Francia.
- Ludewing, C. (1998). Taller de Metodología de la Investigacion. Venezuela.
- Medina Palacios , A., & De la Cruz Puma, M. (2015). Evaluacion Superficial del Pavimento Flexible del Jr. Jose Galvez del Distrito de Lince Aplicando el Metodo del PCI. Lima, Peru.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras Conservación Vial. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos. Perú.
- Ministerio de transportes, I. n. (Octubre de 2006). Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Bogota, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). Norma CE 010 Pavimentos Urbanos. Lima.
- Pinilla Valencia, J. A. (2007). Auscultacion, Calificacion del Estado Superficial y Evaluacion Economica de la carretera sector Puente de la Libertad- Malteria desde K0-000 hasta k6+000. Manizales, Colombia.
- Rodriguez Velasquez, E. D. (5 de Octubre de 2009). Calculo del Indice de Condicion del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Piura, Piura, Peru.
- Sierra Diaz , C. C., & Rivas Quintero, A. F. (2016). Aplicacion y Comparacion de las Diferentes Metodologias de Diagnostico para la Conservacion y Mantenimiento del Tramo PR 00+000 - PR 01+020 de la Via al LLano (DG 78 BIS Sur-Calle 84 Sur) en la UPZ. Bogota D.C., Colombia.
- Varela, L. R. (Febrero de 2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras. Manizales.