

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



TESIS

**“EVALUACIÓN VIAL MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN
PARA MEJORAR LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. JORGE BASADRE
GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE
BASADRE GROHMANN ESTE, TACNA – 2023”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JOHAN DARLING FIGUEROA RECAVARREN

Bach. WALTER ALONSO NEYRA ROJAS

TACNA – PERÚ

2023

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

TESIS

**“EVALUACIÓN VIAL MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN
PARA MEJORAR LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. JORGE BASADRE
GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE
BASADRE GROHMANN ESTE, TACNA – 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 11 de noviembre de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

SECRETARIO : Mtro. BORIS JAIME CHIQUE CALDERÓN

VOCAL : Mag. OMAR ARTURO CUTIMBO TICONA

ASESOR : Mtro. ROLANDO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Johan Darling Figueroa Recavarren, Walter Alonso Neyra Rojas, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 71248146 y 74062448 respectivamente, así como Rolando Gonzalo Salazar Calderon Juarez con DNI 00794213; declaramos en calidad de autor(es) y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulada: *Evaluación Vial Mediante El Método PCI Y Planteamiento De Alternativas De Intervención Para Mejorar La Condición Operacional Del Pavimento Flexible En La Av. Jorge Basadre Grohmann Tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este, Tacna – 2023*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a La Universidad toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a La Universidad y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 5 de octubre del 2023


.....
Johan Darling Figueroa Recavarren
DNI: 71248146


.....
Walter Alonso Neyra Rojas
DNI: 74062448


.....
- Rolando Gonzalo Salazar Calderon Juarez
DNI: 00794213

DEDICATORIA

A mi amada familia y amigos cercanos, quienes han estado a mi lado en cada paso de este camino. Su aliento, comprensión y alentadoras palabras han sido el motor que impulsó mi perseverancia y determinación. Gracias por creer en mí, por celebrar mis triunfos y por secar mis lágrimas en los momentos de desafío.

Johan Darling Figueroa Recavarren

A mi madre, por su amor incondicional, por motivarme y siempre estar para ayudarme a tomar las mejores decisiones.

A mi padre, por ayudarme a resolver las dificultades que encuentro en mi desempeño profesional, por sus consejos y enseñanzas.

Y a todos mis seres queridos, por creer en mí y darme su apoyo.

Walter Alonso Neyra Rojas

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su apoyo incondicional, dedicación y confianza en mi travesía académica. Gracias a mis padres por su sacrificio y amor constante, a mis hermanos y familiares por ser mi inspiración.

A mis cercanos amigos, por su inquebrantable amistad y compañía durante estos años de estudio. Agradezco los momentos de felicidad, apoyo mutuo y risas compartidas que han hecho más llevaderos los desafíos de esta carrera.

A mis estimados docentes de ingeniería civil, por su sabiduría, paciencia y compromiso al compartir su conocimiento. Su orientación ha sido fundamental en mi crecimiento profesional y académico.

Johan Darling Figueroa Recavarren

A mi familia por su apoyo, por su tiempo y paciencia al ayudarme en cualquier tipo de dificultad que se presentó. Agradezco en especial a mi padre por facilitarme el equipo necesario para la realización de la tesis.

Expreso mi agradecimiento a mi asesor, Ing. Rolando Gonzalo Salazar Calderon Juarez, por la orientación, valiosos aportes en la tesis y espero que este documento sirva de apoyo para alguna obra futura.

Walter Alonso Neyra Rojas

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| PÁGINA DE JURADOS..... | ii |
| DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 2 |
| 1.1. Descripción del problema | 2 |
| 1.1.1. Tiempo del pavimento | 7 |
| 1.1.2. Ahuellamientos..... | 9 |
| 1.1.3. Variación de fuerzas en el pavimento..... | 10 |
| 1.1.4. Variaciones de temperatura..... | 11 |
| 1.2. Formulación del problema | 13 |
| 1.2.1. Problema general | 13 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 13 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 14 |
| 1.4. Objetivos | 15 |
| 1.4.1. Objetivo general | 15 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.5. Hipótesis | 16 |
| 1.5.1. Hipótesis general..... | 16 |
| 1.5.2. Hipótesis específicas..... | 16 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 17 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 17 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales..... | 18 |
| 2.1.3. Antecedentes locales | 20 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 20 |
| 2.2.1. Evolución del pavimento..... | 20 |
| 2.2.2. Pavimento | 21 |
| 2.2.3. Importancia de la Capa de rodadura..... | 21 |

| | | |
|--|---|-----|
| 2.2.4. | Capas del pavimento..... | 22 |
| 2.2.5. | Clasificación de pavimentos | 24 |
| 2.2.6. | Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito | 26 |
| 2.2.7. | Distribución de cargas en el pavimento | 28 |
| 2.2.8. | Fallas en pavimentos flexibles | 30 |
| 2.2.9. | Método Pavement Condition Index (PCI)..... | 59 |
| 2.2.10. | Fallas, niveles de severidad y unidades de medida | 64 |
| 2.2.11. | Normativa relacionada al pavimento en Perú | 71 |
| 2.2.12. | Catálogo de identificación de fallas y técnicas de reparación | 73 |
| 2.3. | Definición de términos | 94 |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO | | 97 |
| 3.1. | Diseño de investigación..... | 97 |
| 3.2. | Acciones y actividades | 97 |
| 3.3. | Materiales y/o instrumentos..... | 97 |
| 3.4. | Población y/o muestra de estudio..... | 98 |
| 3.5. | Operacionalización de variables | 99 |
| 3.5.1. | Variable dependiente..... | 99 |
| 3.5.2. | Variable independiente..... | 99 |
| 3.6. | Procesamiento y análisis de datos | 99 |
| 3.6.1. | Procedimientos de obtención de estado del pavimento | 102 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS..... | | 110 |
| 4.1. | Resultados de PCI en tramos de bajada | 111 |
| 4.2. | Resultados de PCI en tramos de subida..... | 130 |
| 4.3. | Alternativas de reparación | 150 |
| 4.3.1. | Formato de mantenimiento de red vial..... | 151 |
| CAPÍTULO V: DISCUSIÓN | | 163 |
| 5.1. | Análisis de resultados del índice de condición del pavimento | 163 |
| 5.1.1. | Condición de pavimento en sentido de bajada | 163 |
| 5.1.2. | Condición de pavimento en sentido de subida..... | 164 |
| 5.2. | Discusión de fallas recurrentes encontradas en carretera de estudio | 165 |
| 5.2.1. | Fallas representativas en pavimentos en sección de bajada | 165 |
| 5.2.2. | Fallas representativas en pavimentos en sección de subida | 166 |
| 5.3. | Análisis de opciones de mantenimiento para pavimento flexible..... | 166 |
| CONCLUSIONES | | 170 |
| RECOMENDACIONES | | 171 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 172 |
| ANEXOS | | 176 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Matriz de consistencia..... | 177 |
| Anexo 2: Curvas de valor deducido para metodología PCI..... | 178 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tabla 1. | Longitudes de unidades de muestreo asfálticas | 60 |
| Tabla 2. | Rangos de calificación del PCI | 64 |
| Tabla 3. | Conservación de pavimentos flexibles | 69 |
| Tabla 4. | Conservación de pavimentos flexibles | 72 |
| Tabla 5. | Mantenimiento para falla por exudación de asfalto | 74 |
| Tabla 6. | Mantenimiento para fisuras por piel de cocodrilo | 75 |
| Tabla 7. | Mantenimiento para deformaciones por hundimiento..... | 76 |
| Tabla 8. | Mantenimiento para deformaciones por corrugación | 78 |
| Tabla 9. | Mantenimiento para agrietamiento en bloques | 79 |
| Tabla 10. | Mantenimiento para roturas de bordes..... | 80 |
| Tabla 11. | Mantenimiento para desnivel borde pavimento / paseo..... | 82 |
| Tabla 12. | Mantenimiento para fisura longitudinal..... | 83 |
| Tabla 13. | Mantenimiento para grietas transversales..... | 84 |
| Tabla 14. | Mantenimiento para reparaciones por servicios | 85 |
| Tabla 15. | Mantenimiento para desintegraciones por pulimiento..... | 86 |
| Tabla 16. | Mantenimiento para huecos | 87 |
| Tabla 17. | Mantenimiento para ahuellamiento | 89 |
| Tabla 18. | Mantenimiento para deformaciones por corrimiento..... | 90 |
| Tabla 19. | Mantenimiento para deformaciones por hinchamiento | 91 |
| Tabla 20. | Mantenimiento para desprendimiento de agregados..... | 92 |
| Tabla 21. | Mantenimiento para desprendimiento/ peladura..... | 93 |
| Tabla 22. | Características de la Av. Jorge Basadre Grohmann..... | 102 |
| Tabla 23. | Longitud de unidad de muestreo según ancho de calzada..... | 103 |
| Tabla 24. | Rangos de calificación del PCI..... | 109 |
| Tabla 25. | Resumen de resultados del PCI – tramos de bajada..... | 128 |
| Tabla 26. | Resumen de resultados del PCI – tramos de subida..... | 148 |
| Tabla 27. | Compilado de actividades de mantenimiento-bajada | 155 |
| Tabla 28. | Compilado de actividades de mantenimiento-subida..... | 159 |
| Tabla 29. | Nivel de intervención respecto al PCI..... | 160 |
| Tabla 30. | Mantenimiento PCI – por falla (bajada) | 161 |
| Tabla 31. | Mantenimiento PCI – por falla (subida) | 162 |
| Tabla 32. | Alternativas de solución para cada tipo de falla..... | 167 |
| Tabla 33. | Nivel de intervención respecto al PCI..... | 168 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 1. | Presencia de fábricas en alrededores de la zona | 3 |
| Figura 2. | Presencia de tránsito de vehículo pesado | 3 |
| Figura 3. | Vehículos de carga pesada transitando..... | 5 |
| Figura 4. | Kilómetros de carreteras intervenida de 1997 – 2007 | 7 |
| Figura 5. | Superficie hidrofóbica vs superficie hidrofílica..... | 8 |
| Figura 6. | Deformación de pavimentos por carga de tránsito..... | 10 |
| Figura 7. | Diagrama de Ishikawa | 13 |
| Figura 8. | Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible) | 22 |
| Figura 9. | Esquema de comportamiento de pavimentos | 23 |
| Figura 10. | Capas de pavimento flexible | 24 |
| Figura 11. | Capas de pavimento rígido | 25 |
| Figura 12. | Capas típicas de pavimento mixto..... | 26 |
| Figura 13. | Función de pavimento flexible..... | 27 |
| Figura 14. | Comportamiento estructural de los pavimentos..... | 29 |
| Figura 15. | Falla por exudación..... | 34 |
| Figura 16. | Falla por piel de cocodrilo | 35 |
| Figura 17. | Falla por hundimiento..... | 37 |
| Figura 18. | Falla por corrugación | 39 |
| Figura 19. | Fallas por agrietamiento en bloque | 41 |
| Figura 20. | Fallas por grieta de borde | 42 |
| Figura 21. | Falla por desnivel carril - berma | 43 |
| Figura 22. | Falla por fisura longitudinal | 45 |
| Figura 23. | Falla por fisura transversal | 46 |
| Figura 24. | Parcheo (reparaciones)..... | 49 |
| Figura 25. | Falla por pulimento de agregados | 50 |
| Figura 26. | Falla por huecos | 52 |
| Figura 27. | Falla por deformación de ahuellamiento..... | 54 |
| Figura 28. | Falla por desplazamiento | 55 |
| Figura 29. | Falla de deformaciones por hinchamiento..... | 57 |
| Figura 30. | Desintegración por desprendimiento de agregados | 59 |
| Figura 31. | Curva de corrección para pavimentos | 63 |
| Figura 32. | Instrumentos de campo utilizados | 98 |
| Figura 33. | Formato para la recolección de datos del método..... | 100 |
| Figura 34. | Formato para hallar los valores del PCI | 101 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 35. | Vista satelital de Av. Jorge Basadre Grohmann | 102 |
| Figura 36. | Medición de ancho de calzada | 103 |
| Figura 37. | Esquema de unidades de muestreo | 105 |
| Figura 38. | Medición de tramos de 35 metros | 106 |
| Figura 39. | Medición de fallas en el pavimento | 107 |
| Figura 40. | Apunte de datos en formato | 107 |
| Figura 41. | Progresivas finales de unidades de muestreo | 110 |
| Figura 42. | UM-01 (bajada): Abs. 0+000 m. – 0+035 m..... | 111 |
| Figura 43. | UM-02 (bajada): Abs. 0+105 m. – 0+140 m..... | 112 |
| Figura 44. | UM-03 (bajada): Abs. 0+210 m. – 0+245 m..... | 113 |
| Figura 45. | UM-04 (bajada): Abs. 0+315 m. – 0+350 m..... | 114 |
| Figura 46. | UM-05 (bajada): Abs. 0+420 m. – 0+455 m..... | 115 |
| Figura 47. | UM-06 (bajada): Abs. 0+525 m. – 0+560 m..... | 116 |
| Figura 48. | UM-07 (bajada): Abs. 0+630 m. – 0+665 m..... | 117 |
| Figura 49. | UM-08 (bajada): Abs. 0+735 m. – 0+770 m..... | 118 |
| Figura 50. | UM-09 (bajada): Abs. 0+840 m. – 0+875 m..... | 119 |
| Figura 51. | UM-10 (bajada): Abs. 0+945 m. – 0+980 m..... | 120 |
| Figura 52. | UM-11 (bajada): Abs. 1+050 m. – 1+085 m..... | 121 |
| Figura 53. | UM-12 (bajada): Abs. 1+155 m. – 1+190 m..... | 122 |
| Figura 54. | UM-13 (bajada): Abs. 1+260 m. – 1+295 m..... | 123 |
| Figura 55. | UM-14 (bajada): Abs. 1+365 m. – 1+400 m..... | 124 |
| Figura 56. | UM-15 (bajada): Abs. 1+470 m. – 1+505 m..... | 125 |
| Figura 57. | UM-16 (bajada): Abs. 1+575 m. – 1+610 m..... | 126 |
| Figura 58. | UM-17 (bajada): Abs. 1+680 m. – 1+715 m..... | 127 |
| Figura 59. | Gráfico de dispersión valores de PCI – bajada..... | 129 |
| Figura 60. | Porcentaje de Incidencia en rango PCI – bajada..... | 129 |
| Figura 61. | Porcentaje de fallas en la vía – bajada..... | 130 |
| Figura 62. | UM-01 (subida): Abs. 0+000 m. – 0+35 m..... | 131 |
| Figura 63. | UM-02 (subida): Abs. 0+105 m. – 0+145 m..... | 132 |
| Figura 64. | UM-03 (subida): Abs. 0+210 m. – 0+245 m..... | 133 |
| Figura 65. | UM-04 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m..... | 134 |
| Figura 66. | UM-05 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m..... | 135 |
| Figura 67. | UM-06 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m..... | 136 |
| Figura 68. | UM-07 (subida): Abs. 1+630 m. – 0+665 m..... | 137 |
| Figura 69. | UM-08 (subida): Abs. 0+735 m. – 0+770 m..... | 138 |
| Figura 70. | UM-09 (subida): Abs. 0+840 m. – 0+875 m..... | 139 |
| Figura 71. | UM-10 (subida): Abs. 0+945 m. – 0+980 m..... | 140 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 72. | UM-11 (subida): Abs. 1+050 m. – 1+085 m..... | 141 |
| Figura 73. | UM-12 (subida): Abs. 1+155 m. – 1+190 m..... | 142 |
| Figura 74. | UM-13 (subida): Abs. 1+260 m. – 1+295 m..... | 143 |
| Figura 75. | UM-14 (subida): Abs. 1+365 m. – 1+400 m..... | 144 |
| Figura 76. | UM-15 (subida): Abs. 1+470 m. – 1+505 m..... | 145 |
| Figura 77. | UM-16 (subida): Abs. 1+575 m. – 1+610 m..... | 146 |
| Figura 78. | UM-17 (subida): Abs. 1+680 m. – 1+715 m..... | 147 |
| Figura 79. | Gráfico de dispersión valores de PCI – subida..... | 149 |
| Figura 80. | Porcentaje de Incidencia en rango PCI – subida..... | 149 |
| Figura 81. | Porcentaje de fallas en la vía – subida..... | 150 |
| Figura 82. | Alternativas de reparación - bajada hoja 1 | 151 |
| Figura 83. | Alternativas de reparación - bajada hoja 2 | 152 |
| Figura 84. | Alternativas de reparación - bajada hoja 3 | 153 |
| Figura 85. | Alternativas de reparación - bajada hoja 4 | 154 |
| Figura 86. | Alternativas de reparación - subida hoja 1 | 156 |
| Figura 87. | Alternativas de reparación - subida hoja 2 | 157 |
| Figura 88. | Alternativas de reparación - subida hoja 3 | 158 |
| Figura 89. | CVD – Piel de cocodrilo | 178 |
| Figura 90. | CVD – Exudación..... | 178 |
| Figura 91. | CVD – Fisura en bloque..... | 179 |
| Figura 92. | CVD - Hundimientos | 179 |
| Figura 93. | CVD – Corrugación..... | 180 |
| Figura 94. | CVD - Depresión..... | 180 |
| Figura 95. | CVD – Fisura en borde | 181 |
| Figura 96. | CVD – Grieta de reflexión de junta..... | 181 |
| Figura 97. | CVD – Desnivel carril/berma | 182 |
| Figura 98. | CVD – Fisura longitudinal y transversal..... | 182 |
| Figura 99. | CVD - Parcheo..... | 183 |
| Figura 100. | CVD – Pulimento de agregados | 183 |
| Figura 101. | CVD - Huecos | 184 |
| Figura 102. | CVD – Cruce de vía férrea | 184 |
| Figura 103. | CVD - Ahuellamiento | 185 |
| Figura 104. | CVD - Desplazamiento | 185 |
| Figura 105. | CVD – Fisura parabólica..... | 186 |
| Figura 106. | CVD - Hinchamiento..... | 186 |
| Figura 107. | CVD – Desprendimiento de agregados | 187 |

RESUMEN

El tramo de la avenida entre la intersección con Av. Gustavo Pinto y Av. Jorge Basadre Grohmann Este se ha vuelto crucial para el transporte de carga pesada debido a la falta de mantenimiento adecuado, lo que ha provocado un desgaste en el pavimento, manifestado en grietas, deformaciones y pérdida de la superficie superior. Esta situación plantea preocupaciones sobre posibles accidentes graves en el futuro y subraya una problemática a nivel nacional. A pesar de asignarse fondos considerables al presupuesto nacional para construir nuevas vías, el mantenimiento y las reparaciones reciben menos atención. El Índice de Condición del Pavimento (PCI), que varía de 0 a 100 y mide el estado del pavimento, se utilizó para evaluar el tramo estudiado. Los resultados indican que la condición del pavimento varía a lo largo del tramo, con secciones clasificadas como muy malo en las áreas de bajada y bueno en las áreas de subida. Se especifican técnicas de reparación para abordar las fallas comunes en ambas vías, incluyendo baches, fisuramiento, intemperismo y exudación. Estas técnicas deben aplicarse de manera específica según las necesidades de cada área deteriorada, con el objetivo de garantizar calidad, seguridad y comodidad para el transporte en estas carreteras. La evaluación vial a través del PCI confirma la necesidad de intervenciones específicas para mejorar la condición operacional del pavimento, especialmente en las secciones clasificadas como muy malo. Esta investigación contribuye a la comprensión de la importancia del mantenimiento adecuado de la infraestructura vial y a la implementación de soluciones efectivas para abordar el deterioro del pavimento.

Palabras Clave: Mantenimiento; pavimento; transporte; reparar; infraestructura

ABSTRACT

The section of the avenue between the intersection with Av. Gustavo Pinto and Av. Jorge Basadre Grohmann Este has become crucial for heavy cargo transportation due to a lack of proper maintenance, resulting in pavement wear and tear, manifested in cracks, deformations, and loss of the top surface. This situation raises concerns about potential serious accidents in the future and underscores a nationwide issue. Despite significant funds being allocated to the national budget for building new roads, maintenance and repairs receive less attention. The Pavement Condition Index (PCI), ranging from 0 to 100 and measuring the pavement's state, was used to assess the studied section. The results indicate that the pavement condition varies along the section, with segments classified as VERY POOR in downhill areas and GOOD in uphill areas. Specific repair techniques are outlined to address common issues on both roads, including potholes, cracking, weathering, and bleeding. These techniques should be applied in a specific manner based on the needs of each deteriorated area, to ensure quality, safety, and comfort for transportation on these roads. The road assessment through PCI confirms the need for specific interventions to improve the operational condition of the pavement, especially in sections classified as VERY POOR. This research contributes to understanding the importance of proper road infrastructure maintenance and the implementation of effective solutions to address pavement deterioration.

Keywords: Maintenance; Pavement; Transportation; Repair; Infrastructure,

INTRODUCCIÓN

El correcto estado y mantenimiento de las vías de tránsito son esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte urbano. En este contexto, el pavimento juega un papel crucial, siendo un componente esencial que requiere una evaluación y un mantenimiento oportuno para asegurar su óptimo desempeño.

El tramo comprendido entre la Av. Gustavo Pinto y la Av. Jorge Basadre Grohmann Este alberga un pavimento flexible que demanda una evaluación de su condición operacional. Esta evaluación adquiere una relevancia crítica, ya que contribuye directamente a la seguridad vial de los usuarios de la carretera en estudio, tanto peatones como conductores. Además, un pavimento en adecuado estado de conservación garantiza la óptima movilidad y contribuye a mejorar la calidad de vida de la sociedad en general. La presencia de fallas en el pavimento, como grietas, baches y superficies irregulares, no solo constituye un problema de infraestructura vial, sino que también afecta negativamente la calidad de vida de las personas al generar molestias y dificultades al conducir. Estos inconvenientes inciden directamente en el bienestar y la comodidad de los usuarios de la vía, enfatizando la necesidad imperante de abordar de manera eficiente la condición operacional del pavimento en este tramo específico.

Este enfoque de evaluación se basa en el análisis detallado del problema, sus antecedentes y la justificación de su importancia, tal como se expone en el Capítulo I. El Capítulo II se enfoca en el marco teórico, explorando la evolución del pavimento, sus componentes, clasificaciones, comportamientos frente a cargas de tránsito, sentando las bases para comprender el estado actual del pavimento. El Capítulo III detalla la metodología utilizada, desde el diseño de la investigación hasta el procesamiento y análisis de los datos, presentando claramente los pasos seguidos para la recolección y evaluación de los datos del pavimento. Los resultados obtenidos, analizados en el Capítulo IV, revelan la condición del pavimento a través del PCI y proponen alternativas de reparación, lo cual se discute en el Capítulo V, incluyendo análisis detallados de las fallas encontradas y opciones de mantenimiento para el pavimento flexible. En última instancia, el Capítulo VI presenta las conclusiones derivadas de la investigación, ofreciendo recomendaciones concretas que se originan a partir de los resultados y análisis anteriores, aportando así a la planificación de intervenciones viales que promuevan la seguridad y eficiencia en la movilidad en el área estudiada.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La avenida Jorge Basadre Grohmann, ubicada en Tacna, ha evolucionado en los últimos años para convertirse en un epicentro de la actividad industrial relacionada con la construcción en la región. Esta zona experimenta un flujo constante de vehículos pesados que transportan materiales de construcción, impulsando así una alta demanda de infraestructura y pavimento que se adapte a la naturaleza y carga de esta actividad.

El tramo de la avenida comprendido entre la intersección con la Av. Gustavo Pinto y la Av. Jorge Basadre Grohmann Este se ha convertido en un corredor fundamental para el transporte de carga pesada, sirviendo a numerosos establecimientos industriales. Este corredor se caracteriza por albergar cementeras, ladrilleras y talleres mecánicos especializados en vehículos de grandes dimensiones.

El crecimiento constante de la actividad industrial y la expansión de la construcción en los alrededores han dado lugar a un aumento significativo en la circulación de vehículos pesados que transportan materiales y equipos de construcción. Esta intensificación del tráfico ha ejercido una presión excepcional sobre el pavimento de la avenida, superando las especificaciones diseñadas originalmente para la vía.

El pavimento existente, concebido para resistir un tráfico y carga estándar, ahora se enfrenta a desafíos más exigentes, incluyendo cargas estáticas y dinámicas elevadas, así como el desgaste constante provocado por las operaciones de carga y descarga en los centros industriales y talleres mecánicos.

El pavimento ha experimentado un desgaste acelerado que ha llevado a un deterioro temprano, manifestado en grietas, deformaciones y pérdida de la superficie superior. Esto ha acortado la durabilidad del pavimento y ha incrementado los gastos de mantenimiento para las autoridades locales. Asimismo, este daño constituye un peligro para la seguridad en las vías, ya que puede provocar accidentes y crear un entorno inseguro para los conductores y los peatones.

La necesidad de abordar este problema es imperativa, no solo para garantizar la durabilidad y seguridad de la avenida, sino también para promover el desarrollo económico sostenible de la región al asegurar un flujo fluido y seguro de vehículos pesados, fundamentales para la industria de la construcción en Tacna. La Figura 1 y Figura 2 muestran las actividades industriales que se ejecutan próximas a la Avenida Jorge Basadre Grohmann y que conllevan el transporte en vehículos de carga pesada.

Figura 1

Presencia de fábricas en alrededores de la zona



Nota. Concretos Supermix S.A. empresa especializada en la producción y comercialización de concreto premezclado.

Figura 2

Presencia de tránsito de vehículo pesado



Cajusol (2017) en su tesis de titulación sostiene que las causas más comunes del deterioro de pavimento el exceso de cargas del tráfico de diseño, el paso del tiempo también en un factor importante en relación al aumento del tráfico con los años, los errores en la etapa de diseño y ejecución también influyen en la calidad del pavimento por realizar una mala compactación del afirmado, un mal diseño de mezclas asfálticas provoca fallas a futuro y sin un adecuado sistema de drenaje las lluvias aumentan el daño. El tesista propone reemplazo total de losa para un PCI de pavimento muy pobre y mejoramiento de la losa para valores de PCI regular. La Figura 3

Jimenez (2018) asegura que un diseño de pavimentos debe asegurar el soportar de forma adecuada las cargas recibidas en su plano superior, también deben soportar los cambios climatológicos con buenas condiciones de drenaje además como toda región aumenta su tasa de crecimiento el nivel de serviciabilidad de la infraestructura vial debe aumentar a la par.

La carretera en mal estado también propicia desprendimiento de materiales finos, prácticamente polvo que podría generar afecciones a salud con enfermedades respiratorias en los vecinos o usuarios de la zona de estudio.

Con el transcurso del tiempo, es inevitable que el pavimento se deteriore, a menudo antes de lo previsto. Esto resulta en una reducción en la funcionalidad del pavimento. Además, el tráfico, que se espera que aumente en gran medida, puede hacer obsoletos los criterios y factores considerados durante la etapa de diseño del pavimento. Por esta razón, es crucial llevar a cabo mantenimientos regulares y periódicos, e incluso rehabilitaciones de las vías si es necesario. Los usuarios de estas carreteras merecen un servicio que les garantice calidad, seguridad, buenas condiciones y comodidad para desplazarse.

Una mala carpeta asfáltica trae inseguridad a conductores ya que al deteriorarse la carretera las probabilidades de accidentes automovilísticos aumentan y no solo los daños superficiales del pavimento, una pista en mal estado genera averías en los vehículos daños en la carrocería y estructuras internas, deformación de neumáticos aumenta la frecuencia de revisión, dificulta el acceso, por lo tanto, dificulta servicios básicos como la salud y educación, y la cohesión regional. También aumenta el consumo de combustible, como consecuencia aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero, generando problemáticas medioambientales y posibles riesgos para la salud.

En la figura 3 se puede observar cómo transitan los vehículos pesados sobre las áreas más visiblemente dañadas de la carretera, empeorando el estado del pavimento.

Figura 3

Vehículos de carga pesada transitando



Cabrera Prieto & Collahuazo Reinoso (2012) afirman en su tesis que la condición de la vía influye en las causas de accidentes de tránsito, ya que el estado de la superficie de rodadura afecta la distancia de frenado del vehículo en movimiento al aplicar el freno, el pavimento es prácticamente pulido por el alto tránsito que soporta a lo largo de su vida útil sobre todo si son vehículos pesados con constante fricción entre llantas y pista perdiendo esta misma la rugosidad necesaria para un buen coeficiente de rozamiento.

La carretera en mal estado también propicia desprendimiento de materiales finos, prácticamente polvo que podría generar afecciones a salud con enfermedades respiratorias en los vecinos o usuarios de la zona de estudio.

Es inevitable que con el paso del tiempo, estas se van deteriorando muchas veces incluso de forma anticipada esto trae como consecuencia la disminución de la serviciabilidad del pavimento, el tráfico mayormente está proyectado a aumentar lo que puede dejar desfasados los criterios y factores que fueron tomados en cuenta en la etapa de diseño de pavimentos, por ello es de suma importancia los mantenimientos rutinarios, periódicos para la rehabilitación de vías si es necesario, los usuarios de estas carreteras merecen un servicio que les brinde calidad, seguridad, buenas condiciones y comodidad para transportarse.

La falta de mantenimiento en las carreteras puede traer graves accidentes a futuro, lo que lleve este asunto a una problemática de nivel nacional, dentro del presupuesto nacional se destina más la inversión a construir nuevas vías y no se apuesta el mismo interés a darles mantenimiento o reparaciones cuando sean

necesarias. La falta de mantenimiento en las carreteras también trae consecuencias negativas en la población ya sea en el estado de sus vehículos conllevando a riesgos de comprometer su integridad física. Cuando la carretera se está deteriorando la adherencia de la carpeta asfáltica y los neumáticos de los vehículos disminuye dificultando el frenado afectando el sistema de suspensión (elementos mecánicos del vehículo que sostiene el contacto de pista y ruedas).

La carretera en mal estado también propicia desprendimiento de materiales finos, prácticamente polvo que podría generar afecciones a salud con enfermedades respiratorias en los vecinos o usuarios de la zona de estudio.

Es inevitable que con el paso del tiempo, estas se van deteriorando muchas veces incluso de forma anticipada esto trae como consecuencia la disminución de la serviciabilidad del pavimento, el tráfico mayormente está proyectado a aumentar lo que puede dejar desfasados los criterios y factores que fueron tomados en cuenta en la etapa de diseño de pavimentos, por ello es de suma importancia los mantenimientos rutinarios, periódicos para la rehabilitación de vías si es necesario, los usuarios de estas carreteras merecen un servicio que les brinde calidad, seguridad, buenas condiciones y comodidad para transportarse.

El Instituto Peruano de Economía (2008) en un artículo de su página web difunde la opinión de quien fue el presidente de la Asociación Peruana de Caminos, Jorge Lazarte, donde critica de dura manera toda la inversión para la construcción de carreteras en Perú que no serán mantenidas, poniendo de ejemplo la provincia de Cajamarca donde incluso transportistas manifestaron su enojo con el deterioro y mal estado de las carreteras de la zona al negarse a realizar el pago de peajes.

En el afán de mejorar la infraestructura vial muchas veces se deja de lado la importancia de darles un mantenimiento a las carreteras, la reacción es demasiado tardía cuando el deterioro ya es irreparable y solo queda la opción de rehabilitarla provocando mayores gastos, costando incluso casi 8 veces más de lo que hubiera costado labores de mantenimiento programados.

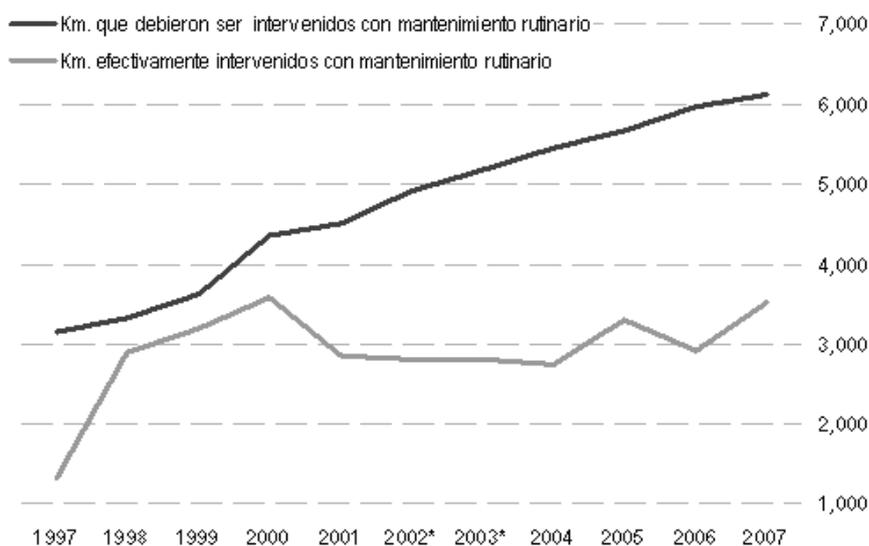
El Perú es un país con muchos problemas de estos, según cifras del Instituto Peruano de Economía en el 2006 se proyectó la rehabilitación de múltiples vías de la cuales el 22% ya no tenían reparación a causa de nunca haber recibido el mantenimiento, además del factor climático que agravo el problema.

Estache & Fay (2007) en un documento del Banco Mundial expone que es ampliamente sabido que es importante destinar un presupuesto para el mantenimiento de las vías, pero esta buena práctica es poco realizada por las autoridades correspondientes de varios países. En la figura 4 se muestra lo sucedido en el periodo de 1997 al 2007 en Perú donde solo hizo el mantenimiento de aproximadamente el 60%

de carreteras que necesitaban atención, demostrando así la poca prioridad que tiene el estado con este tema.

Figura 4

Kilómetros de carreteras intervenida de 1997 – 2007



Nota. Estache & Fay (2007) [Gráfico] Foro Económico Mundial (WEF) Kilómetros de carretera que fueron o debieron ser intervenidos con mantenimiento rutinario.

Según datos del Índice Global de Competitividad que realizó un índice de competitividad para el Perú en el caso de carreteras, la calidad subió de 2.4 a 3.2 en un periodo de 7 años (2008-2015), los indicadores se calcularon en base a las carreteras pavimentadas y la población, tomando en cuenta opiniones de los pobladores, de esta información se puede inferir que existe una brecha en lo que se refiere a redes subnacionales administradas por los Gobiernos Regional y locales.

1.1.1. Tiempo del pavimento

Cuando existe una buena interacción entre los agregados y los ligantes se logra evitar que el agua interfiera entre estos materiales, de lo contrario se produciría una degradación anticipada de la mezcla bituminosa esto conlleva a que disminuya la serviciabilidad del pavimento.

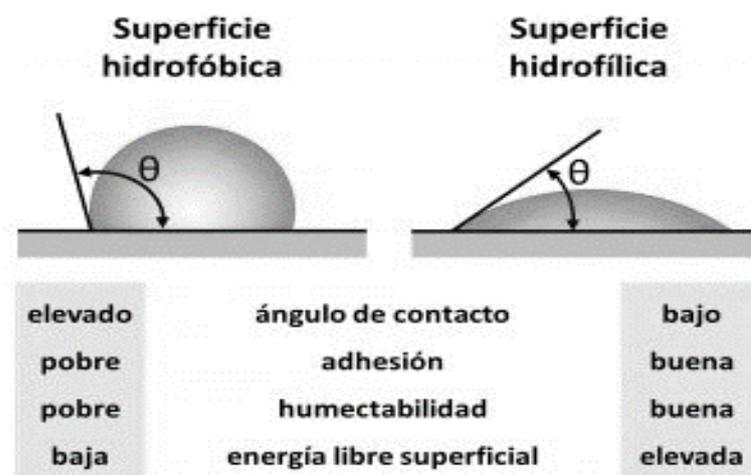
Venturini (2019) indica que existen factores que afectan la adherencia de los ligantes bituminosos, en primer lugar la calidad y características de los materiales bituminosos y agregados influyen en la adherencia por la posible desprendimiento del bitumen de la superficie de los agregados, las principales causas podrían ser las

mismas características químicas de los materiales, las condiciones de uso del pavimento o el método de producción de la mezcla bituminosa; en segundo lugar las condiciones climáticas propias en la zona de vía, ya sea por variaciones en temperatura, lluvias, fenómenos naturales frecuentes, etc. Y como último factor se puede tomar en cuenta el volumen de tráfico al que sometido la vía en distintas intensidades a lo largo del tiempo.

(Venturini, 2019) indica que existen factores que afectan la adherencia de los ligantes bituminosos, en primer lugar la calidad y características de los materiales bituminosos y agregados influyen en la adherencia por la posible desprendimiento del bitumen de la superficie de los agregados, las principales causas podrían ser las mismas características químicas de los materiales, las condiciones de uso del pavimento o el método de producción de la mezcla bituminosa; en segundo lugar las condiciones climáticas propias en la zona de vía, ya sea por variaciones en temperatura, lluvias, fenómenos naturales frecuentes, etc. Y como último factor se puede tomar en cuenta el volumen de tráfico al que sometido la vía en distintas intensidades a lo largo del tiempo. En la figura 5 se muestra como el ligante bituminoso tiene especial función de servir como una especie de película superficial que cubre el agregado, esto brinda una superficie que logra repeler partículas del agua (superficie hidrofóbica).

Figura 5

Superficie hidrofóbica vs superficie hidrofílica



Nota. Ing. Loretta Venturini (2019) [Ilustración] Comportamiento de las Superficies Hidrofóbicas vs Superficies Hidrofílicas.

Tacca Cutipa & Supo Pacori (2018) se refirieron a los problemas climáticos en el asfalto con lo siguiente:

“El cemento asfáltico en las zonas de clima frío (altitudes mayores a 3,800 msnm) está sujeta a condiciones climáticas severas y hacen necesario el uso de productos que mejoren su comportamiento tales como los aditivos mejoradores o promotores de adherencia.” (p.53)

El agentes abrasivos o erosivos causan deterioro en el pavimento al perderse ligante y mortero, la presencia de agua también actúa de forma negativa causando desintegración en la capa superficial del pavimento por efecto abrasivo en el asfalto diseño con dosificaciones no adecuadas.

Andes (2016) en su informe final para la alcaldía de Bogotá realizó ensayos en diferentes materiales donde observo que los materiales que más pueden resistir la pérdida de masa por erosión son las mezclas asfálticas en caliente y por el contrario los materiales que menos resisten la pérdida de masa son las mezclas granulares con bajo contenido de cemento.

Elzbieta Horszczaruk et al.(1983) indica que una causa de abrasión en el pavimento es el continuo e ininterrumpido movimiento de los neumáticos de vehículos sobre la superficie asfáltica, el material pierde volumen por la acción de la rueda, el tiempo de uso de la carretera y las o características del material afectado.

La durabilidad del pavimento se ve disminuida debido a los efectos abrasivos ocasionados por la fricción entre las ruedas y la superficie. Esto provoca daños evidentes en el pavimento, reduciendo gradualmente el grosor de la capa de rodadura. Además, la seguridad al conducir se ve comprometida para los conductores, ya que la resistencia al deslizamiento aumenta, lo que puede ocasionar accidentes.

1.1.2. Ahuellamientos

Este problema se produce en las huellas de circulación del vehículo en el pavimento, dejando como consecuencia pequeños desniveles o depresiones a causa del elevado volumen de tráfico, cargas pesadas, el clima con altas temperaturas, etc. Las marcas visibles van apareciendo gradualmente según avance la vida útil del pavimento, estas pequeñas depresiones del pavimento van haciéndose más profundas lo que significa la disminución de maniobrabilidad para los conductores por lo tanto aumenta la inseguridad.

En la figura 6 se muestran como las deformaciones en el asfalto empiezan a actuar en conjunto se producen estos ahuellamientos, estos factores se relacionan por clima, tráfico de vehículos, variaciones térmicas en el asfalto, etc.

Figura 6

Deformación de pavimentos por carga de tránsito



Nota.: Oscar Raúl Rebollo (CILA 2017) [Ilustración] Comportamiento del pavimento por pasaje de una rueda cargada, Buenos Aires, Argentina.

L. Delbono & Rebollo (2017) se refieren a las mezclas asfálticas resistentes al ahuellamiento, esta de permitir un buen contacto entre las partículas gruesas con mayor resistencia y fricción interna. De lo contrario cuando se excede el contenido de asfalto esto disminuye el contacto entre los agregados y por ende también disminuye la fricción interna de la mezcla, esto la vuelve más deformable y con más facilidad para la producción de ahuellamientos

1.1.3. Variación de fuerzas en el pavimento

Cuando no existen planes de mantenimiento o no son puestos en acción, se producen deterioros anticipados de las capas del pavimento, a esto podemos aumentar que los conductores circulan las carreteras muchas veces excediendo la carga de su propio vehículo acentuando aún más el deterioro del pavimento, el supuesto ahorro al no darle mantenimiento a las vías solo significa incrementar gastos ya que estas vías sin mantenimiento necesitaran reparaciones o reconstrucciones completas lo que significa mayores costos para la red vial nacional del Perú.

Molina Moreira (2018) en su tesis investigativa, se planteó analizar las repercusiones de sobrecargas en los pavimentos de la Red Vial de Ecuador utilizando software de simulación de tráfico. Los resultados indicaron consecuencias

desfavorables, dado que la vida útil de los pavimentos disminuye aproximadamente entre un 19% y un 37%. Esto implica una necesidad de reparaciones anticipadas más frecuentes, acarreando costos más altos. Adicionalmente, se destacó que la inclinación de la ruta tiene un impacto en el deterioro del pavimento. En carreteras con pendientes más pronunciadas, se observa una reducción en el daño, ya que los vehículos no pueden circular a velocidades excesivas. Por el contrario, en pendientes descendentes, las velocidades de los vehículos aumentan, generando un mayor daño en función de la velocidad.

Romero Navarrete et al. (2002) examinaron los impactos de los vehículos en el pavimento utilizando variadas metodologías. Los resultados revelaron que el deterioro del pavimento causado por el tráfico vehicular varía en función de las características de las llantas y las suspensiones de los vehículos. Este deterioro puede oscilar entre el 40% y el 50% para pavimentos con alta rugosidad, entre el 9% y el 14% para pavimentos con baja rugosidad, y entre el 18% y el 22% para pavimentos de rugosidad media.

1.1.4. Variaciones de temperatura

Si se toma en cuenta las variaciones de temperatura en la zona de estudio, se observan asfaltos más resistentes en zonas de temperatura baja con periodos de duración más larga todo lo contrario sucede con temperaturas ambientales más elevadas donde el periodo de duración disminuye considerablemente.

En ocasiones, se descuida considerar la influencia del entorno ambiental en el desempeño del asfalto, especialmente la temperatura que tiene un impacto directo en cómo se comporta el pavimento debido a las propiedades de los materiales que componen las capas asfálticas. Una temperatura elevada puede reducir la rigidez del pavimento, mientras que una temperatura baja puede aumentarla. Por este motivo, es esencial diseñar y construir los pavimentos de manera adecuada, aplicando buenas prácticas, para asegurar que puedan resistir las variaciones climáticas.

En sí mismo las mezclas asfálticas tienen propiedades viscoelásticas afectadas por la temperatura y cargas, entonces si disminuimos demasiado la temperatura este material será muy rígido volviendo duro y propenso a quebrarse y si la temperatura aumenta considerablemente, el asfalto adquiere más viscosidad y menos elástico, por ese motivo en climas con altas temperaturas las cargas del tráfico vehicular afectan de manera exponencial las carreteras pudiendo causar deformaciones permanentes con grietas significativas.

Leiva et ál, (2016) en un artículo de la revista Infraestructura Vial de Costa Rica se refirió del tema en los siguientes términos:

“Se vuelve sumamente necesario considerar el efecto climático al cual están expuestas las estructuras de pavimento. En especial en ensayos acelerados de pavimentos ya que dado el tiempo reducido de aplicación de carga puede dejar factores de interacción carga clima que son fundamentales para una cuantificación adecuada del desempeño.” (p.10).

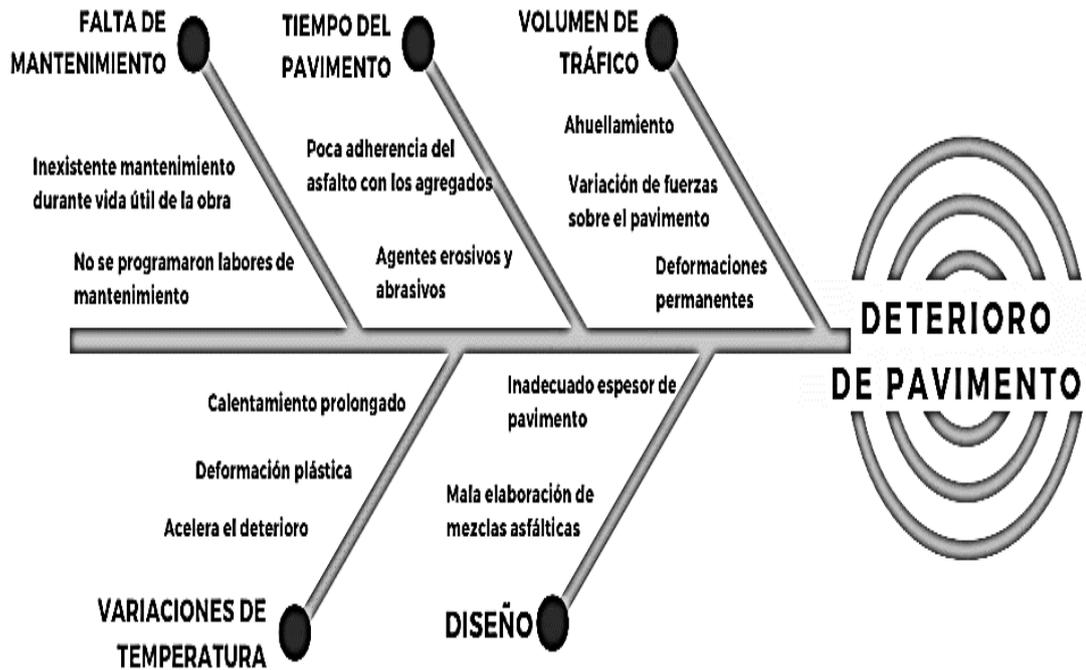
Cuando existen falla, grietas o irregularidades en el pavimento existe dificultad para que los vehículos que transitan determinada carretera circulen con normalidad ya que se producen vibraciones que provocan que las fuerzas ejercidas por el tráfico empiecen a variar en función a la velocidad en que los vehículos se desplazan, entonces estas fuerzas sobre el pavimento son más fuertes y puntuales en las zonas dañadas del pavimento provocando concentraciones de daño.

En múltiples investigaciones de deterioro de pavimentos se menciona o se insinúa la preocupación por el daño que causa el tráfico sobre el pavimento, daño que no se distribuye de forma uniforme sobre este, se propusieron varios métodos para analizar esta distribución desigual por la preocupación de que muchos de los vehículos que transitan una carretera tienen formas y tamaños semejantes entonces al recorrer la carretera velocidades similares por los límites de velocidad propios de este tipo de carreteras, provocan concentraciones de daño en zonas específicas del pavimento.

Miranda Rebolledo (2010) en su tesis de titulación sobre Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos concluyo que los estados no toman conciencia sobre hacer mantenimiento a sus carreteras, no se dan cuenta que dar mantenimiento resulta más barato que reparar los daños del pavimento que serán inevitables, Miranda propone contratar a personal capacitado que domine el tema, los fondos destinados al mantenimiento deben ser eficientemente utilizados para inspeccionar de forma rutinaria los pavimentos.

Si se encuentran fallas en el pavimento se deben tomar acciones inmediatamente, el deterioro del pavimento aumenta día a día, primero se determina la causa del daño para tomar acciones concretas y focalizadas para neutralizar o evitar daños futuros. En cuanto al mantenimiento serán actividades preventivas que retardarán la aparición de fallas para que la carretera siga ofreciendo un buen nivel de serviciabilidad.

En la Figura 7 se recopila las principales causas del deterioro del pavimento flexible, clasifica los principales factores que contribuyen a la problemática en cuestión. A través de esta representación gráfica, se explorarán las causas potenciales, permitiendo una visión que facilitará la formulación de estrategias dirigidas a la resolución efectiva del problema.

Figura 7*Diagrama de Ishikawa*

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Realizando una evaluación vial mediante el método PCI se logra plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros de Evaluación a tomar en cuenta en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este?
- ¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este?
- ¿Cuáles son las alternativas de intervención más adecuadas para el pavimento flexible la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este?

1.3. Justificación e importancia

Justificación social

Es importante una evaluación del pavimento actual en la avenida Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre Grohmann porque se puede contribuir a la seguridad vial de los usuarios de la carretera en estudio, sean estos peatones o conductores, además al tener una carretera con adecuado mantenimiento permitimos garantizar la adecuada movilidad y calidad de vida de la sociedad en general. Las consecuencias negativas para la calidad de vida surgen cuando el pavimento no se encuentra en óptimas condiciones. Las imperfecciones presentes en el pavimento, tales como fracturas, depresiones y superficies no uniformes, pueden generar molestias y desafíos al conducir, impactando la satisfacción y el bienestar de los usuarios de la vía

Justificación teórica

El actual proyecto de investigación tiene como finalidad explorar la evaluación superficial de los pavimentos a través del Índice de Condición del Pavimento (PCI), reconocido como el método más abarcador para evaluar de forma imparcial el estado del pavimento examinado. Gracias a su enfoque sencillo, esta metodología puede ser implementada en este estudio sin requerir herramientas excesivamente avanzadas. El método PCI permite obtener un valor comprendido entre 0 a 100 para poder clasificar la carretera dentro de los siete niveles conocidos, desde fallado para el peor caso hasta excelente para las mejores condiciones.

La presente investigación aporta los valores del índice de condición del pavimento en la vía Avenida Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre Grohmann Este, valores significativos para investigaciones relacionadas o enfocadas en el tramo de estudio.

Esta investigación propone evaluar la vía del tramo seleccionado antes de la aparición de fallas significativas para proponer el respectivo mantenimiento.

Justificación metodológica

En cuanto al diseño de pavimentos se propone el uso de la metodología PCI (Pavement Condition Index), el método fue escogido ya que nos permite hacer uso de inspecciones visuales incorporando datos medibles para obtener evaluaciones con mayor precisión, ya que las zonas afectadas en el pavimentos se reparten en distintas áreas de la vía de estudio, la metodología PCI nos permite identificar distintas secciones de pavimento que necesitan mantenimiento en menor o mayor prioridad asignando

escalas numéricas para jerarquizar áreas de acuerdo a su necesidad de atención y así asegurar la calidad y seguridad de la vía en estudio.

Justificación practica

Al inspeccionar visualmente el estado de la superficie de la Av. Jorge Basadre Grohmann, se podrán identificar áreas con condiciones que representan riesgos significativos. Este análisis permitirá proponer las acciones de mejora necesarias para garantizar la seguridad vial tanto de los residentes de Alto de la Alianza como de los usuarios en general, contribuyendo con la reducción de accidente de tránsito causados por el mal estado del pavimento, además un pavimento en buenas condiciones brinda mejores condiciones de transporte siendo este más cómodo y suave, reduciendo el desgaste mecánico de los vehículos que transitan la zona, incluso reduciendo el consumo de combustible.

Justificación económica

Una forma de atraer las inversión privada y a su vez el desarrollo económico a la sociedad es el poseer adecuados pavimentos en la ciudad, ya que las empresas tienen como una consideración clave para sus negocios, la ubicación destinada a sus operaciones y a su vez la calidad infraestructura vial que la rodea, entonces al contar con un sistema vial con buen mantenimiento y adecuadas condiciones podemos fomentar la atracción de inversiones y desarrollo económico sobre todo en una zona como la Av. Jorge Basadre Grohmann con presencia de negocios e industrias de la construcción. Por otra parte, una evaluación superficial de pavimento genera ahorros al interés público al prolongar la vida útil del pavimento y así reducir costos de reparación a futuro.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar una evaluación vial mediante el método PCI y plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Definir los parámetros de Evaluación a tomar en cuenta en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este.
- b. Estimar el estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este.
- c. Plantear las alternativas de intervención más adecuadas para el pavimento flexible la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Realizando una evaluación vial mediante el método PCI se logra favorablemente plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Los parámetros de Evaluación y principales fallas comunes que se encuentran en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este son: Grietas de borde, Huecos, Pulimento de agregados, desprendimiento de agregados, exudación, parcheo.
- b. El estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann está dentro del rango "Malo" de calificación de pavimentos de la Metodología PCI.
- c. Las alternativas de intervención más adecuada para el pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann es un Mantenimiento Rutinario para las zonas Regulares y Reconstrucción para zonas críticas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Kumar & Kumar Suman (2021) El objetivo de su artículo es desarrollar un índice general hipotético de la condición de pavimento para la selección de las estrategias de mantenimiento de las autopistas exclusivamente para pavimento flexible. Se realizó el enfoque de índice multiplicativo para el desarrollo de un método basado en el OPCI también se desarrollaron encuestas que arrojaron los siguientes resultados. Los resultados muestran que el factor de peso de capacidad portante es 0,6, el factor de peso de rugosidad es 0,5 y el factor de resistencia al deslizamiento es 0,15. El índice compuesto del pavimento es de un nivel mayor que el PCI, mientras que el OPCI es un 21% menor que el PCI. Concluyen que un indicador de condición que consta de múltiples índices es mucho más importante para identificar enfoques alternativos de mantenimiento adecuados para restaurar completamente la integridad estructural y la calidad de conducción del pavimento.

Shah et al. (2013) El propósito de su investigación es crear un índice que evalúe la Condición General del Pavimento. Se elaboraron cuatro índices de desempeño específicamente: el índice de deterioro de la condición del pavimento (PCIDistress), el índice de rugosidad de la condición del pavimento (PCIRoughness), el índice de capacidad estructural de la condición del pavimento (PCIStructure) y el índice de resistencia al deslizamiento de la condición del pavimento (PCISkid). Los valores promedios fueron 69-77(BUENA), 51-63 (REGULAR), 37-57(MALA A BUENA), 33-51 (MALA A BUENA) respectivamente. Con este índice, se han establecido estrategias de mantenimiento para la sección de pavimento. Se concluye que el uso de indicadores múltiples ayuda a que el resultado sea más confiable y eficiente para desarrollar un buen tratamiento para restaurar la calidad e integridad estructural.

Suh et al. (2018) En su artículo se propone la relación entre los índices de condición de pavimento de las autopistas coreanas, las carreteras nacionales y las carreteras de la ciudad de Seúl para representarse mediante un solo índice de condición de pavimento, ya que cada organización de gestión de carreteras tiene su propio índice de condición de pavimento dificultando la tarea de comprender las condiciones de todas las carreteras en Corea. El resultado fue analizado como un caso utilizando el modelo de correlación de índices desarrollado en este estudio. Se encontró que el 21% (NHPCI

6.1 o inferior), el 26% (NHPCI 5,5 o menos) y 19% (NHPCI 4,9 o menos) Se requiere tratamiento de rehabilitación.

Mayoral Grajeda et al. (2003) en su artículo de investigación acerca de la seguridad vial en carreteras en México, buscan demostrar que los accidentes de tránsito pueden evitarse haciendo una inversión justificada y sustanciosa para devolver mejor calidad de conductores y transeúntes, mejores exigencias de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras. Los autores describen situaciones de inseguridad vial en las carreteras, también brindan recomendaciones para controlar o anular los accidentes de tránsito, en cuanto a las carreteras evidencian la importancia de mejorar la infraestructura vial y no se olvida de criticar el factor humano ya que los conductores son grandes culpables cuando suceden accidentes. México posee una Red Carretera Federal (RCF) que tiene entre sus estadísticas la cifra de 60 mil accidentes de tránsito por año generando pérdidas materiales de aproximadamente 100 millones de dólares, estas cifras tienen una tasa de crecimiento promedio de 7.4%. Los autores concluyen que esta problemática necesita acciones multidisciplinarias ya que se necesita la intervención y colaboración de múltiples profesionales de distintas especialidades como ingeniería civil, ingeniería de tránsito, ingeniería mecánica, etc. Para realizar auditorías en la seguridad de carreteras con revisiones minuciosas de proyectos de construcción y rehabilitación de carreteras, con esta acción conjunta se podrán identificar anticipadamente posibles problemáticas. Además de la participación de otras asociaciones como sindicato de transportistas de carga, pasajeros, con el mismo objetivo de mejorar la seguridad vial que beneficia su trabajo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Yauri Malpartida & Mamami Velasco (2019) En su proyecto de investigación se centra en la creación de un Plan de Gestión de Pavimentos mediante el uso del PCI, apoyado por un vehículo aéreo no tripulado. Obtuvieron como resultados que las Avenidas tienen un PCI de 44.46, de 8.29, 21.67 -98.50-94.75-22.70-9, 8.86 - 80, 84.83 – 81.74 -71.56 – 71.3, 49.87, 71.21,100, 99.25, 98.75 y 99.63 cada una secuencialmente.

Según los hallazgos de la investigación, se llegó a la conclusión de que el estado de la vía era altamente satisfactorio. En consecuencia, no se identificó la necesidad de llevar a cabo ninguna forma de intervención de mantenimiento para la mayoría de los tramos analizados.

Salazar Tello (2019) El objetivo de este trabajo académico es evaluar el estado del pavimento flexible utilizando el enfoque del PCI. Una vez obtenidos los resultados, se busca proponer opciones de mejora que contribuyan a una mejor circulación. Tras

un análisis detenido, como resultados se obtuvo que la carretera Pomalca – Tumán presenta diferentes tipos de anomalías y un índice de condición del pavimento de 68.59, que indica unas buenas condiciones, a se ha determinado la necesidad de llevar a cabo mantenimiento regular de menor envergadura para optimizar la circulación en la vía.

Alarcón Alagón (2018) El objetivo de su investigación es saber que tan preciso es el método de PCI, realizando el análisis sobre una vía para conocer el estado actual. Los resultados del PCI de la vía Sacsayhuamán arrojan que está en un estado malo con un PCI de 30.24. Se decidió a partir de estos resultados proponer un mantenimiento menor rutinario.

Gonzales Jara (2007) El objetivo de este estudio es analizar el estado superficial de la vía con el fin de planificar su mantenimiento. También se busca realizar una comparación de las metodologías utilizadas. Empleando la metodología del PCI, el tramo I, resulta con un puntaje PCI de 27.17 y calificación de condición “Malo”; y el tramo II con un puntaje PCI de 29.31 y calificación de condición “Malo”. Después de un análisis minucioso, se determina que la metodología del MTC se centra principalmente en la zona afectada, a diferencia del PCI, que tiene en cuenta el área de la losa donde prevalece el problema. En términos de mantenimiento, se concluye que es fundamental llevar a cabo actividades como el sellado de grietas, relleno de juntas, fresado y micro fresado, aplicación de parches, reconstrucción y reparación de la losa y su espesor, asegurando la adecuada estabilidad de la misma.

Atahui Contreras & Morales Huamán (2020) El objetivo principal de la investigación es evaluar el estado del pavimento flexible en la avenida Malecón para proponer el tratamiento adecuado. Según los datos recolectados, se han recomendado diversas intervenciones basadas en la condición del pavimento. Para una condición evaluada como buena, se ha propuesto un parchado superficial y el sellado de grietas. En caso de una condición regular, la sugerencia es un sellado asfáltico, fresado y tratamiento superficial. En la situación en que la condición es catalogada como mala, se ha planteado una intervención que incluye fresado, sellado asfáltico y recapeo.

Meza (2017) en su trabajo de investigación busca mejorar la situación de tráfico en Huamachuco, buscando y proponiendo soluciones para mejorar la situación, también pone en la mira a la municipalidad de la localidad para verificar si se están tomando acciones necesarias para mitigar el problema como entidad responsable y si existen profesionales adecuados laborando en la optimización de la transitabilidad para no crear más complicaciones.

2.1.3. Antecedentes locales

Guzman (2017) En su trabajo de investigación para obtener su titulación, realizó un análisis visual de la superficie del pavimento flexible en la Avenida Jorge Basadre utilizando el PCI (Índice de Condición del Pavimento). Luego de procesar los datos de las 44 unidades se ha calculado los valores de índice de condición del pavimento de 60 y 57 para los tramos 1 y 2 respectivamente. Este método resultó fundamental para entender con precisión el estado real de la vía mencionada y, por ende, evaluar la necesidad de llevar a cabo labores de mantenimiento en favor de los usuarios.

Chipana (2022) Tienen el fin de recopilar datos y determinar el estado de la vía. Se utilizó la metodología Índice de Condición del Pavimento. Luego de evaluar 15 unidades de muestreo, la condición de Pavimento es de 63.07, y tiene un estado de BUENO. Luego de propuso mejoras para una vía principal de alto tráfico, buscando así elevar su nivel de funcionalidad.

Mamani & Nuñez (2022) En su tesis, se lleva a cabo un análisis exhaustivo sobre el grado de deterioro del pavimento flexible. La intención es proponer estrategias de mejora para una vía principal con alta demanda, buscando así mejorar su nivel de eficiencia y servicio. Se utilizó la Metodología del Índice de condición del Pavimento, como resultados se obtuvo que la vía de ingreso tiene un estado de MALO con un PCI de 31.92, y la vía de salida está en un estado de MALO con un PCI de 34.60, Para el segundo tramo las Vías tienen un estado de BUENO y PCI igual a 61.70 y MUY BUENO con un PCI de 83.33 respectivamente. Se aplicará un tratamiento de superficial y un sello asfáltico.

Maquera & Talavera (2021) En su tesis: Evaluación funcional y estructural del pavimento asfáltico y propuesta de rehabilitación en la Av. Collpa y Av. Tarapacá investigación lleva a cabo una evaluación por el método del PCI para llevar a cabo una propuesta de rehabilitación. Los resultados arrojaron el Valores de PCI de 23.64, 8.58, 32.34 para la Avenida Gregorio Albarracín, Tarapacá y Collpa respectivamente, el método permitió determinar el índice de condición del pavimento y ayudó a plantear las alternativas optimas mediante una rehabilitación con pavimento asfáltico mediante el reciclaje.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Evolución del pavimento

El pavimento es un conjunto de capas entre la subrasante y la superficie de rodadura que reciben o soportan las cargas del tránsito para que las transmitan al terreno y así

se disipen. Desde tiempos antiguos se usó el cemento artesanal para grandes construcciones como el antiguo Egipto, luego en los griegos y romanos. En la Mesopotamia se usaba para impermeabilizar depósitos de agua o también se usaban como mortero para unir piedras. En los inicios de los 1800 se empezó a usar rocas partidas para obras de carreteras, no fue hasta 1870 que el químico belga Edmund J. Desmedt se encargó de elaborar lo que se considera el primer prototipo de lo que hoy en día conocemos como pavimento, cuando en Estados Unidos en el estado de New Jersey, asfaltando la avenida Pennsylvania usando cerca de 42 000 metros cúbicos de capas asfálticas. En el caso de Perú fue en la ciudad de Lima donde se considera se dio el primer uso de pavimentos en los años 20. Este pavimento de concreto se usó en la Av. Alfonso Ugarte con las técnicas traídas del extranjero, esto fue expandiéndose por el territorio a medida que llegaba la década de los 50 y 60.

2.2.2. Pavimento

Básicamente los pavimentos se componen de capas horizontales apoyadas una sobre otras, estas capas son de materiales seleccionados de acuerdo al diseño previo para ser colocados correctamente compactados luego del movimiento de tierras, su importancia es clave ya que son las encargadas de soportar las cargas del volumen de tráfico y transferirlas a la subrasante para que se disipen en el suelo como ocurriría con una cimentación convencional. El diseño de pavimentos debe contemplar ciertas características o requerimientos para asegurar una obra de calidad (Montejo Fonseca, 2002):

- a. Resistencia a cargas del volumen de tráfico
- b. Rugosidad adecuada para adaptarse a las velocidades de circulación de los vehículos colaborando con la seguridad vial
- c. Resistente al desgaste causado por el contacto de los neumáticos y la capa superficial
- d. Los materiales deben ser resistentes a la exposición al aire, humedad, materiales orgánicos y demás condiciones climáticas (Desprendimiento de agregados)
- e. Durable y económico
- f. Por cuestiones de seguridad el pavimento debe tener un color que no permita reflejos o deslumbramientos para evitar accidentes

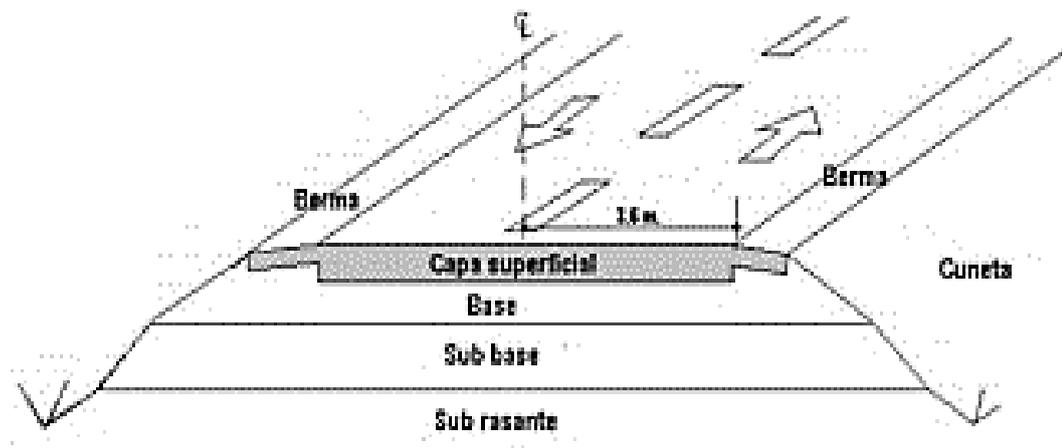
2.2.3. Importancia de la Capa de rodadura

La capa rodadura es una de las capas que forman parte del pavimento de una carretera, esta capa es la que está en contacto directo con los neumáticos de los vehículos y es

la encargada de soportar y distribuir las cargas de tránsito a las capas inferiores a esta. En la figura 8 se observa como la capa de rodadura brinda una superficie lo suficientemente lisa y resistente para permitir el desplazamiento adecuado de los vehículos sin un apresurado desgaste ocasionado por el volumen de tráfico y los efectos climáticos.

Figura 8

Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)



Nota. Jhonn Jairo Mocondino R.(2020) [Ilustración] del sitio web

<https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-los-pavimento-y-c%C3%B3mo-se-clasifican-jhonn-jairo-mocondino-r-/?originalSubdomain=es> Estructura del pavimento formada por tres estratos o capas (pavimento, base y subbase)

2.2.4. Capas del pavimento

El pavimento consta de múltiples capas, cada una con una función específica y la capacidad de complementarse entre sí. Este equilibrio es esencial para garantizar una estructura pavimentada segura y duradera., entre las razones de la necesidad de las capas del pavimento se tiene:

a. Mejora de los suelos

Cuando existe la necesidad de pavimentar zonas donde el suelo existente posee características inadecuadas que lo hacen débil o inestable, la presencia de una Subbase ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del terreno, brindando un apoyo más sólido confiable para el pavimento.

b. Sistema de drenaje

Para asegurar un sistema de drenaje eficaz en los pavimentos, es fundamental contar con capas de base y subbase. Estas capas posibilitan la evacuación del agua, principalmente proveniente de las lluvias, hacia los sistemas subterráneos de drenaje, evitando así la acumulación de agua que podría ocasionar deterioro y debilitamiento del pavimento.

c. Protección a la capa de rodadura

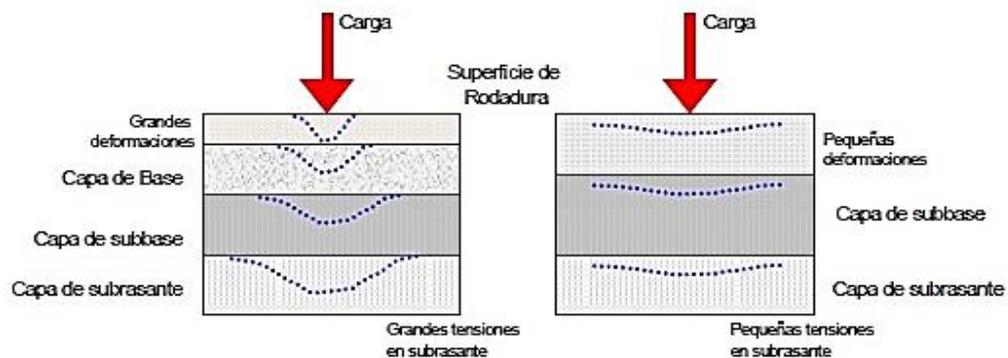
Al ser la capa de rodadura la más expuesta a la intemperie y sobre todo la que está en constante contacto con el tráfico, es inevitable que sufra efectos de desgaste y abrasión. Por tal razón las capas inferiores como la base y subbase actuaran de soporte y protección de la capa de rodadura.

d. Distribución de cargas

El tráfico vehicular genera cargas verticales y horizontales sobre el pavimento, si contamos con varias capas, dichas cargas se distribuyen de mejor manera. En la figura 9 se observa como las cargas se disipan a lo largo de toda la estructura del pavimento, evitando así que se concentren esfuerzos en una solo capa y mejorando las capacidades de soporte del pavimento.

Figura 9

Esquema de comportamiento de pavimentos



Fuente: Urueta Arrieta (2018) [Ilustración] Esquema de comportamiento de pavimento flexible y rígido. La Costa.

2.2.5. Clasificación de pavimentos

Podemos clasificar los pavimentos en 3 tipos: flexibles, rígidos e híbridos, la elección entre estos tipos dependerá de factores como el tráfico, las condiciones del suelo, el presupuesto y los estándares de diseño. Ambos tipos de pavimentos tienen sus ventajas y desventajas, y los diseños se realizan de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto de construcción de carreteras o infraestructuras viales.

a. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles están compuestos principalmente por una capa de rodadura asfáltica que tiene cierta flexibilidad. Están diseñados para soportar cargas del tráfico y distribuir deformaciones causadas por la carga y el clima de manera más flexible que los pavimentos rígidos. La estructura típica de un pavimento flexible incluye varias capas superpuestas, como la capa de rodadura asfáltica, la base granular y la subbase.

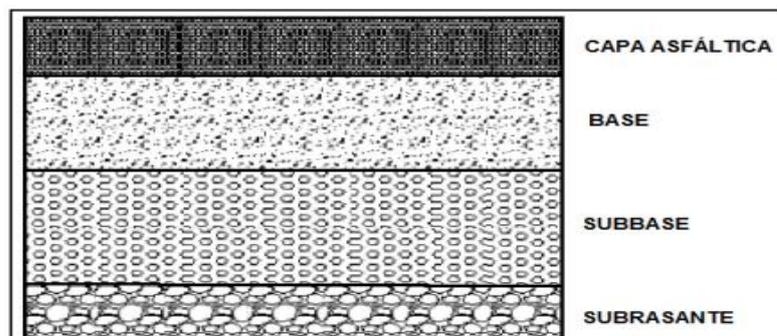
Ventajas del pavimento flexible:

- Mayor capacidad de absorber cargas y deformaciones, lo que los hace adecuados para terrenos menos estables.
- Menor costo inicial de construcción en comparación con los pavimentos rígidos.
- Mayor facilidad de reparación y mantenimiento, ya que es posible reemplazar capas individuales en lugar de la estructura completa.

En la figura 10 se observa como las capas de pavimento de pavimento flexible se combinan para proporcionar una superficie resistente, con capacidad de drenaje y adecuada para carreteras y calles con tráfico variado.

Figura 10

Capas de pavimento flexible



Nota. Gonzales Morgado (2018) [Ilustración] Composición Pavimento Flexible, Santiago de Chile.

b. Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto reforzado, lo que les proporciona una mayor rigidez y resistencia. Están diseñados para distribuir cargas de manera más uniforme y resistir deformaciones bajo cargas de tráfico. La estructura de un pavimento rígido generalmente consta de una losa de concreto sobre una subbase granular. Son comúnmente utilizados en aeropuertos y carreteras con tráfico pesado y cargas concentradas.

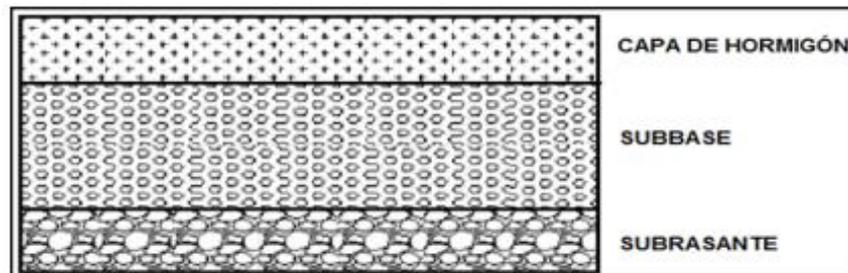
Ventajas del pavimento rígido:

- Mayor durabilidad y resistencia a la deformación, lo que los hace adecuados para tráfico pesado y cargas concentradas.
- Menor necesidad de mantenimiento en comparación con los pavimentos flexibles.
- Superficie más lisa y uniforme, lo que mejora la comodidad y la seguridad del tráfico.

En la figura 11 se observan las tres capas que conforman la estructura del pavimento rígido

Figura 11

Capas de pavimento rígido



Nota. Gonzales Morgado (2018) [Ilustración] Metodologías de Reparación para Pavimentos Flexibles de mediano y bajo tránsito, Santiago de Chile.

c. Pavimentos de doble capa o híbridos

Los pavimentos híbridos, también conocidos como pavimentos doble capa, son una combinación de características de los pavimentos flexibles y rígidos. Están diseñados para aprovechar las ventajas de ambos tipos de pavimentos y superar algunas de sus

limitaciones. Los pavimentos híbridos generalmente constan de una losa de concreto de espesor reducido, llamada losa de rodadura, que se coloca sobre una base granular.

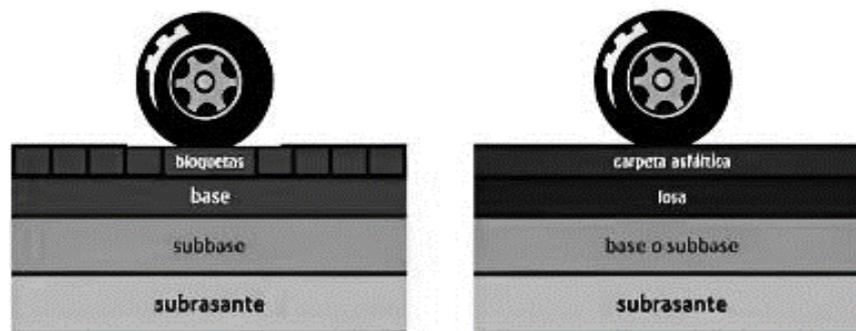
Ventajas del pavimento híbrido:

- Mayor durabilidad y resistencia a la deformación en comparación con los pavimentos flexibles tradicionales.
- Menor costo de construcción en comparación con los pavimentos rígidos.
- Capacidad para soportar tráfico pesado y cargas concentradas sin la rigidez y el costo asociados con los pavimentos rígidos.

En la figura 12 se observa como se combinan capas de pavimento flexible y pavimento rígido entre si para formar la estructura de los pavimentos híbridos, Estos pavimentos se diseñan con el objetivo de mejorar la durabilidad, resistencia y funcionalidad de las superficies de carreteras u otras áreas de tráfico.

Figura 12

Capas típicas de pavimento mixto



Nota. Gonzales Morgado (2018) [Ilustración] Capas típica del Pavimento flexible y Pavimento rígido, Santiago de Chile.

2.2.6. Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito

Cuando los automóviles circulan sobre este pavimento, originan fuerzas que se dispersan por las distintas capas.

La respuesta del pavimento flexible ante las fuerzas de tránsito se define por su habilidad para experimentar deformaciones bajo la carga y luego volver a su forma original una vez que la carga desaparece. Esta flexibilidad posibilita que el pavimento se ajuste a las fuerzas dinámicas y estáticas producidas por los vehículos y a las cambiantes condiciones climáticas.

Características del comportamiento del pavimento:

a. Distribución de cargas:

El pavimento flexible distribuye las cargas del tránsito a través de las diferentes capas, evitando concentraciones excesivas de esfuerzos en una sola capa y reduciendo la posibilidad de deformaciones prematuras.

b. Absorción de deformaciones:

La capa de asfalto en la superficie, al ser flexible, puede absorber deformaciones superficiales originadas por las fuerzas de tránsito, contribuyendo así a una mayor comodidad para el conductor y a una mayor seguridad en el tráfico.

c. Resistencia a la fatiga:

La flexibilidad del pavimento flexible le permite resistir mejor la fatiga provocada por el tráfico repetitivo, lo que contribuye a su vida útil.

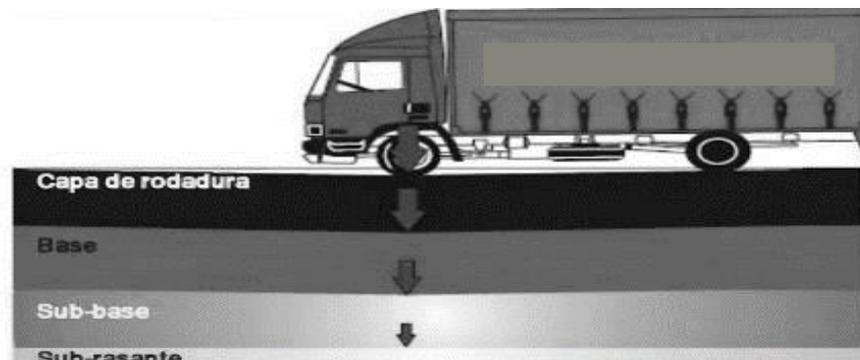
d. Drenaje:

La presencia de capas granulares en el pavimento flexible ayuda a facilitar el drenaje del agua de lluvia, evitando la acumulación de agua que podría debilitar la estructura del pavimento.

En la figura 13 se observa como se puede comportar el pavimento al estar sometido a las cargas de tráfico.

Figura 13

Función de pavimento flexible



Nota. Cartilla del pavimento asfáltico – Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia (2015) [Ilustración] Distribución de Cargas en el Pavimento flexible, Colombia.

2.2.7. Distribución de cargas en el pavimento

La manera en que las cargas se reparten por toda la superficie del pavimento es esencial para asegurar que la estructura de la carretera pueda resistir las fuerzas producidas por el flujo vehicular de forma segura y efectiva.

En situaciones que involucran pavimentos flexibles, como es el caso de los pavimentos asfálticos, las cargas se diseminan a través de múltiples capas superpuestas. Al ocurrir el paso de un vehículo por la superficie, las cargas tanto verticales como horizontales son inicialmente transferidas a la capa de asfalto, que constituye la capa más próxima a la superficie. Esta capa posee cierta flexibilidad y es capaz de experimentar deformaciones elásticas para absorber parte de la carga.

Luego, las cargas se transmiten a la base granular debajo de la capa de rodadura, que también tiene cierta capacidad para distribuir las cargas y permitir que se disipen a lo largo de su extensión. Finalmente, las cargas llegan a la subbase, si está presente, y finalmente a la subrasante (suelo natural).

En un pavimento flexible bien diseñado, la distribución de cargas se realiza de manera que las capas inferiores soporten una parte significativa de la carga, reduciendo así las deformaciones en la superficie y evitando daños prematuros.

La distribución efectiva de cargas en pavimentos flexibles es un componente esencial para garantizar la durabilidad y seguridad de las carreteras. Este proceso jerárquico implica la transferencia gradual de cargas desde la capa de rodadura hasta la subrasante, aprovechando la flexibilidad de la capa de asfalto para absorber deformaciones elásticas. La base granular y otras capas inferiores desempeñan un papel crucial en la distribución y disipación de cargas, reduciendo tensiones en la superficie del pavimento.

Distribución de cargas de tráfico en las capas del pavimento flexible:

a. Capa de rodadura

Cuando un vehículo circula sobre la superficie del pavimento flexible, las cargas verticales se transfieren en primera instancia a la capa superior de asfalto, que es la capa más cercana a la superficie de la carretera. Esta capa posee cierta flexibilidad y elasticidad, lo que le permite sufrir deformaciones ante la carga y absorber parte de la energía generada por el tráfico. Además, la capa de asfalto distribuye de manera uniforme las cargas a lo largo de su extensión, desempeñando el papel de una superficie robusta para el flujo vehicular.

b. Base

Bajo la capa de rodadura asfáltica, se encuentra la capa base, que generalmente está compuesta de materiales granulares como grava y arena. La capa base también tiene cierta capacidad para distribuir las cargas recibidas desde la capa de rodadura hacia abajo. Al ser una capa granular, la base puede dispersar las cargas a través de sus partículas y redistribuirlas de manera más uniforme, evitando así la concentración excesiva de esfuerzos en puntos específicos.

c. Sub base

La subbase generalmente está compuesta de materiales granulares más gruesos y tiene la función adicional de proporcionar mayor soporte y estabilidad al pavimento. Al igual que la capa base, la subbase contribuye a distribuir las cargas verticales a lo largo de su extensión y evitar la concentración de esfuerzos.

d. Sub rasante

La subrasante es la capa de suelo natural o terreno sobre la cual se construye el pavimento flexible. Cuando las cargas se transmiten a través de las capas superiores, finalmente llegan a la subrasante. Es importante que la subrasante tenga la capacidad de soportar las cargas sin deformarse excesivamente y mantener una buena capacidad de drenaje para evitar problemas de debilitamiento del suelo.

En la figura 14 se muestra que la mayor parte de la carga se concentra debajo de las llantas del vehículo. La carga se transmite a través del asfalto en forma de presión. Las ondas de presión se propagan a través del asfalto hasta que alcanzan la base de material granular.

Figura 14

Comportamiento estructural de los pavimentos



Nota. Rodríguez Velásquez (2009) [Ilustración] Distribución de la carga en pavimentos flexibles (izquierda) y rígidos (derecha), Piura.

2.2.8. Fallas en pavimentos flexibles

Los pavimentos asfálticos, pueden experimentar varias fallas o problemas a lo largo del tiempo, pueden aparecer debido a una combinación de factores que incluyen el diseño, la construcción, el uso y el mantenimiento del pavimento.

La aparición de fallas en los pavimentos flexibles es un proceso natural a lo largo del tiempo debido al desgaste y las condiciones de uso. Sin embargo, una planificación, diseño y construcción adecuados, junto con un mantenimiento regular y oportuno, pueden ayudar a minimizar y prevenir la aparición de estas fallas y prolongar la vida útil del pavimento.

2.2.8.1. Causas de fallas en el pavimento

a. Fatiga de material

Leguizamo (2016) en su tesis de grado que el tráfico continuo somete al pavimento a ciclos de carga y descarga, lo que puede generar fatiga en los materiales, especialmente en la capa de rodadura asfáltica. La fatiga del material puede provocar la aparición de grietas y fisuras.

b. Tráfico de carga

Romero Navarrete et al. (2002) concluyen que las cargas repetitivas de vehículos pesados pueden ejercer tensiones significativas en el pavimento, especialmente en áreas donde se concentra el tráfico de carga. Esto puede llevar a deformaciones permanentes, como las huellas de ruedas, y a la formación de grietas.

c. Mala calidad de materiales

Gamica Anguas et al. (2002) indican que, si los materiales utilizados en la construcción del pavimento no cumplen con los estándares adecuados, esto puede llevar a una menor resistencia y durabilidad del pavimento, facilitando la aparición de fallas.

d. Diseño inadecuado

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2016) en su catálogo de fallas indican que un diseño de pavimento incorrecto que no contempla el tráfico al que está expuesto puede conducir a un deterioro prematuro y la aparición de fallas.

e. Mantenimiento insuficiente

Correa Vásquez (2019) en su tesis de titulación infieren que la falta de mantenimiento adecuado, como el sellado de grietas o la reposición de capas desgastadas, puede acelerar el deterioro del pavimento y contribuir a la aparición de fallas.

2.2.8.2. Categorías de fallas en pavimentos flexibles

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2016) menciona que existen dos categorías de fallas en los pavimentos que son las fallas estructurales y las fallas funcionales. Las fallas estructurales se refieren a problemas que afectan el paquete estructural del pavimento, es decir, las capas que componen la estructura vial. Estas fallas pueden disminuir la cohesión entre las capas y afectar el comportamiento del pavimento frente a cargas externas, lo que puede llevar a un deterioro de la infraestructura y a problemas de estabilidad y resistencia. Por otro lado, las fallas funcionales no comprometen la integridad estructural del pavimento, pero afectan la transitabilidad y la calidad de la superficie de rodadura. Estas fallas pueden tener un impacto en la comodidad y seguridad del usuario, afectando la estética de la pista y la calidad de la experiencia de conducción.

Podemos agrupar los daños en pavimentos flexibles en cuatro categorías:

a. Fisuras y grietas

- Piel de cocodrilo:
- Agrietamiento en bloque
- Grieta de borde
- Grieta de Reflexión de junta
- Grietas longitudinales y transversales
- Grieta parabólica

b. Deformaciones superficiales

- Abultamientos y hundimientos
- Corrugación

- Depresión
 - Ahuellamiento
 - Desplazamiento
 - Hinchamiento
- c. Desprendimientos
- Huecos
 - Desprendimiento de agregados
- d. Otras fallas
- Exudación
 - Parcheo
 - Desnivel carril/berma
 - Pulimento de Agregados
 - Cruce de vía férrea

2.2.8.3. Fallas comunes en pavimentos flexibles

a. Exudación

Rodríguez Velásquez (2009) mantiene que la exudación es una falla común que puede ocurrir en pavimentos asfálticos durante tiempo cálido. Esta consiste en la presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, lo que genera una apariencia brillante y reflectante. Esta superficie pegajosa y resbaladiza puede afectar la seguridad y comodidad de los conductores, además de tener un impacto negativo en la estética de la carretera. El origen de la exudación puede estar relacionado con diversos factores, como un exceso de ligante asfáltico en la mezcla, el uso de un ligante asfáltico de baja viscosidad, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, o un porcentaje de vacíos deficiente en la mezcla. Todos estos factores pueden contribuir a que el asfalto se acumule y se expanda en la superficie del pavimento, generando la película de material bituminoso. El proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, lo que significa que el asfalto acumulado en la superficie no se eliminará naturalmente con el cambio de las condiciones climáticas. Esto puede llevar a problemas continuos de adherencia y reducción del coeficiente de fricción, lo que puede aumentar los riesgos de accidentes y dificultar la conducción en condiciones de lluvia.

Algunas de las causas principales de la exudación en pavimentos son las siguientes:

- Exceso de ligante:

Si se utiliza una cantidad excesiva de ligante asfáltico en la mezcla durante la construcción del pavimento, el exceso de material puede ascender hacia la superficie y exudar.

- **Temperaturas elevadas:**

La exudación es más común en climas cálidos, ya que las altas temperaturas pueden hacer que el ligante asfáltico se ablande y se eleve hacia la superficie del pavimento.

- **Falta de agregados:**

Si la mezcla asfáltica carece de suficientes agregados (piedras y arena), el ligante puede tener una mayor tendencia a exudar debido a la falta de material sólido que lo retenga.

- **Compactación inadecuada:**

Una compactación deficiente durante la construcción del pavimento puede dejar huecos en la mezcla, permitiendo que el ligante se eleve hacia la superficie.

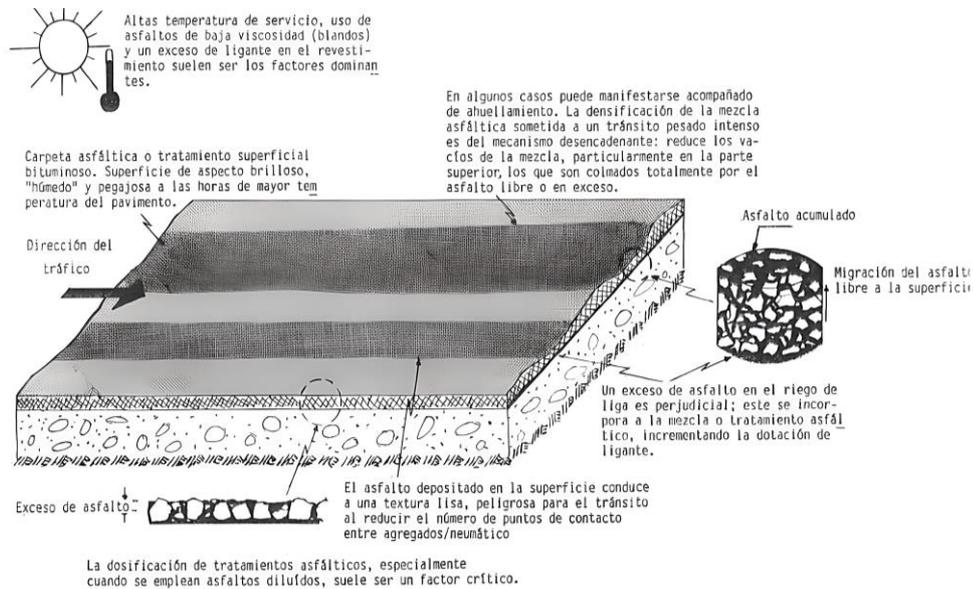
- **Contaminación del agregado:**

Si los agregados utilizados en la mezcla están contaminados con sustancias como polvo o aceite, el ligante puede mezclarse con estas impurezas y exudar hacia la superficie.

- **Mezcla inadecuada:**

Una mezcla asfáltica mal diseñada, con proporciones incorrectas de ligante y agregados, puede contribuir a la exudación.

En la figura 15 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por exudación en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 15**Falla por exudación**

Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por Exudación de Asfalto. República Dominicana.

b. Piel de cocodrilo

Rodríguez Velásquez (2009) describe la "piel de cocodrilo" se refiere a un patrón de fisuras interconectadas que se desarrollan en pavimentos flexibles, especialmente en zonas sujetas a cargas repetidas de volumen de tráfico, como las marcas dejadas por el paso frecuente de vehículos. Estas fisuras, conocidas como agrietamiento por fatiga, tienen su origen en la parte inferior del paquete asfáltico debido a tensiones y deformaciones significativas. A medida que avanzan hacia la superficie, forman polígonos irregulares que se asemejan al patrón de la piel de un cocodrilo. La presencia de la piel de cocodrilo indica la pérdida de capacidad estructural del pavimento, lo que reduce su resistencia ante cargas externas. Sin un mantenimiento adecuado, esta situación puede empeorar y pasar de una simple fisura a un desprendimiento de la superficie.

Las principales causas de la piel de cocodrilo en pavimentos son las siguientes:

- Mezcla asfáltica inadecuada:
 - Utilizar una mezcla asfáltica con una proporción inapropiada de agregados y ligante puede provocar que el pavimento sea más susceptible a la formación de la piel de cocodrilo.
- Problemas en la base del pavimento:

Un problema en la base del pavimento, como la presencia de suelos expansivos o deficientes capacidades de soporte, puede causar tensiones y deformaciones que llevan a la aparición de la piel de cocodrilo.

- Cargas estáticas o estacionadas:

La presencia de cargas estáticas o vehículos estacionados durante períodos prolongados en el mismo lugar puede generar tensiones adicionales en el pavimento, contribuyendo al agrietamiento en forma de piel de cocodrilo.

- Oscilaciones térmicas bruscas:

Cambios bruscos y repetitivos de temperatura pueden provocar tensiones y deformaciones en el pavimento, favoreciendo la formación de la piel de cocodrilo.

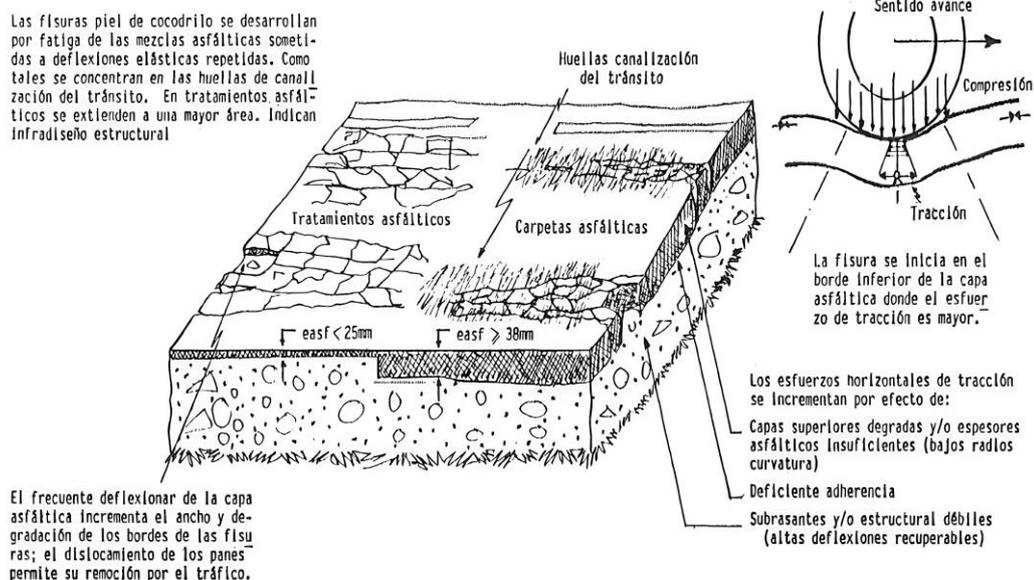
- Uso de ligante de baja calidad:

El uso de ligantes asfálticos de baja calidad o con propiedades inadecuadas puede afectar la resistencia y flexibilidad del pavimento, aumentando la probabilidad de agrietamiento.

En la figura 16 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por piel de cocodrilo en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 16

Falla por piel de cocodrilo



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por piel de cocodrilo de Asfalto. República Dominicana.

c. Abultamiento y hundimientos

Rodríguez Velásquez (2009) describe los abultamientos y hundimientos en pavimentos representan un problema que puede afectar la seguridad y comodidad de los conductores y usuarios de las carreteras. Estos desplazamientos pueden manifestarse de diversas formas y son resultado de diferentes factores que alteran la estructura y estabilidad del pavimento. Los abultamientos representan desplazamientos pequeños pero súbitos que impactan la superficie del pavimento, alterando el perfil de la carretera. Estos desplazamientos no están asociados a la inestabilidad del pavimento, sino que pueden originarse por diversas razones, como la expansión causada por el congelamiento, la infiltración y acumulación de materiales en fisuras bajo cargas de tráfico, la expansión del suelo de fundación y deficiencias en el drenaje del paquete estructural del pavimento. Dependiendo de su patrón y extensión en la superficie del pavimento, estos abultamientos pueden ser clasificados como corrugación o hinchamiento.

Las causas de estos fenómenos pueden incluir:

- **Asentamiento del suelo:**
Los hundimientos suelen ocurrir debido al asentamiento del suelo que se encuentra debajo del pavimento. Esto puede deberse a la compresión del suelo, la consolidación de materiales sueltos o la presencia de materiales orgánicos que se descomponen con el tiempo.
- **Erosión de la base del pavimento:**
La erosión de la base o el material de soporte debajo del pavimento puede provocar hundimientos o abultamientos en la superficie. Esto puede deberse a factores como la acción del agua, la falta de drenaje adecuado o la inadecuada compactación de la base.
- **Fallas en las capas de pavimento:**
Problemas en las capas de pavimento, como la separación entre ellas o la delaminación, pueden causar abultamientos y hundimientos en la superficie.
- **Daños por cargas de tráfico:**
El paso constante y repetitivo de vehículos, especialmente de aquellos de carga pesada, puede ejercer presión sobre el pavimento y provocar deformaciones en la superficie.
- **Efectos climáticos:**

Las condiciones climáticas extremas, como altas temperaturas, heladas o lluvias intensas, pueden afectar la integridad del pavimento y contribuir a abultamientos y hundimientos.

- Deficiencias en la construcción:

Una construcción inadecuada, con falta de compactación o mezclas de pavimento deficientes, puede predisponer al pavimento a desarrollar abultamientos y hundimientos.

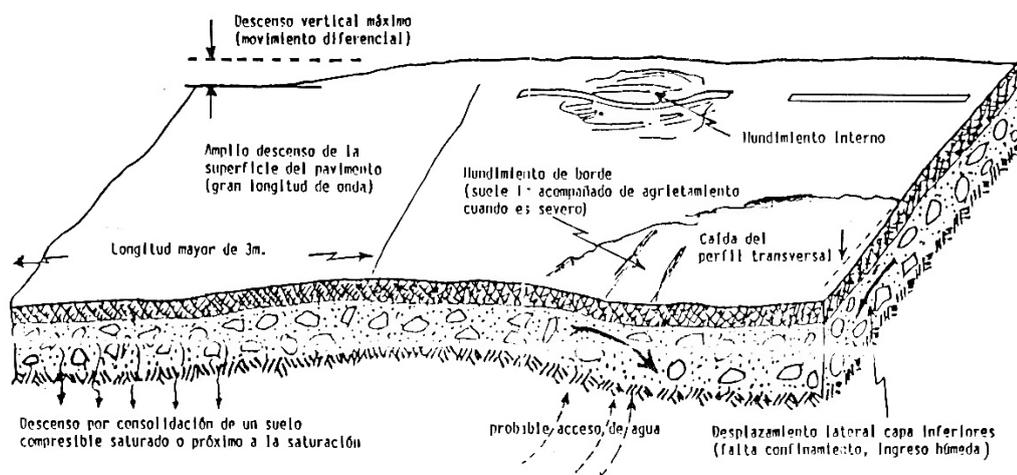
- Fallas en la base del pavimento:

Problemas en la base del pavimento, como la presencia de suelos expansivos o deficientes capacidades de soporte, pueden causar tensiones y deformaciones que llevan a abultamientos y hundimientos.

En la figura 17 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por hundimiento en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 17

Falla por hundimiento



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por hundimiento de Asfalto. República Dominicana.

d. Corrugación

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) menciona que las fallas de corrugación en pavimentos, también conocidas como "corrugaciones", son un tipo de deformación que se produce en la superficie de la carretera y se caracterizan por la formación de ondulaciones o protuberancias en el pavimento. Estas corrugaciones se presentan en patrones repetitivos y paralelos al flujo del tráfico. Este fallo puede ser causado por una mala compactación durante la etapa de construcción

del pavimento, el uso de materiales con una calidad deficiente, las cargas repetidas de tráfico generando tensiones y deformaciones en el pavimento, además de los cambios de temperatura producto de los efectos climáticos.

Estas corrugaciones pueden afectar negativamente la comodidad y seguridad del tráfico, ya que provocan vibraciones y movimientos incómodos para los vehículos. Además, si no se abordan a tiempo, las corrugaciones pueden progresar y convertirse en un problema más serio, causando daños adicionales en el pavimento y reduciendo la vida útil de la carretera. Para prevenir y reparar las corrugaciones en pavimentos, es esencial llevar a cabo un mantenimiento y monitoreo periódico. De esta manera, se puede mantener la integridad y seguridad de la carretera, así como prolongar su vida útil y evitar costosos trabajos de rehabilitación.

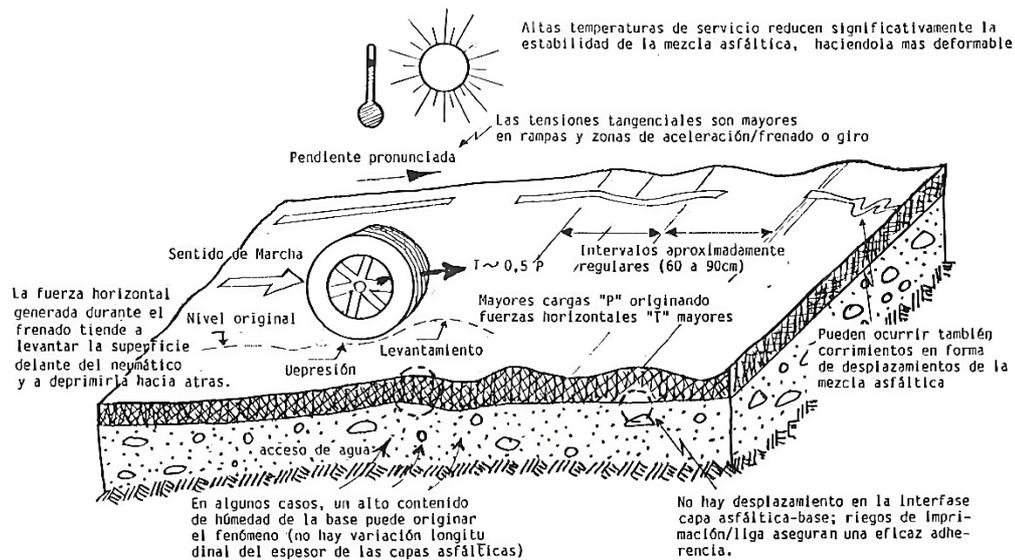
Algunas de las causas que pueden contribuir a este fenómeno son las siguientes:

- **Capas superficiales deformables:**
Cuando las capas superficiales, como la carpeta asfáltica o la base del pavimento, son muy deformables, pero están bien adheridas a la capa de soporte subyacente, es probable que se produzcan abultamientos y hundimientos en áreas específicas del pavimento, especialmente en zonas de aceleración, frenado o rampas fuertes. Las fuerzas horizontales generadas por los vehículos al acelerar o frenar pueden crear mayores esfuerzos tangenciales, lo que contribuye a la deformación del pavimento.
- **Altas temperaturas de servicio:**
Las altas temperaturas ambientales pueden reducir la estabilidad de las mezclas asfálticas utilizadas en el pavimento. El asfalto se vuelve más suave y menos resistente, lo que puede provocar deformaciones en la superficie del pavimento, especialmente en áreas sometidas a un tráfico intenso o donde los vehículos estén detenidos durante períodos prolongados.
- **Defectos constructivos:**
Problemas durante la construcción del pavimento también pueden contribuir a la aparición de abultamientos y hundimientos. Por ejemplo, la contaminación de las mezclas asfálticas con materiales inadecuados, la sobredosificación del ligante o la falta de aireación de mezclas con asfaltos líquidos pueden afectar la calidad y la resistencia del pavimento.
- **Excesos de humedad en la subrasante:**
La presencia de excesiva humedad en la subrasante o en las capas granulares del pavimento puede dar lugar a asentamientos diferenciales, donde ciertas áreas del pavimento se hunden más que otras. Estos asentamientos diferenciales pueden conducir a la formación de abultamientos en la superficie.

- **Fricción insuficiente:**
Una fricción inadecuada entre las capas del pavimento puede provocar movimientos no deseados y contribuir a la formación de corrugaciones. Esto es especialmente relevante en áreas propensas a frenados o aceleraciones frecuentes.
 - **Desgaste por abrasión:**
La presencia de materiales abrasivos en la superficie del pavimento, junto con cargas repetidas, puede causar un desgaste prematuro y contribuir a la formación de corrugaciones.
- En la figura 18 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por corrugación en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 18

Falla por corrugación



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por corrugación de Asfalto. República Dominicana.

e. Depresión

Son áreas que por lo general se encuentran localizadas en la superficie del pavimento que se encuentra en un nivel más bajo que el pavimento a su alrededor. En ocasiones es más fácil de distinguir después de la lluvia gracias a las manchas causadas. Las depresiones se forman por el asentamiento de la subrasante y por un mal proceso constructivo. Algunas son tan profundas que causan hidroplaneo y se llenan de agua.

f. Agrietamiento en bloque

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) indica que las grietas forman fracturas interconectadas que dividen la superficie del pavimento en formas aproximadamente rectangulares. Los fragmentos pueden variar en tamaño, desde alrededor de $0.9 m^2$ hasta un máximo de $9 m^2$. Cuando los fragmentos son más grandes, comúnmente se identifican como Grietas longitudinales o transversales. A diferencia de las fisuras tipo piel de cocodrilo, estas no están directamente asociadas con las cargas de tránsito, aunque el tráfico puede empeorar su condición. Es esencial identificar y abordar estas fallas a tiempo para prevenir daños mayores en el pavimento y asegurar su durabilidad y seguridad en las carreteras. Entre las causas que generan las Agrietamiento en bloque pueden ser: Debilitamiento de las capas inferiores a la capa de rodadura, el diseño de una mezcla asfálticas muy rígida y una excesiva contracción de la mezcla asfáltica a causa de las variaciones de temperatura por efectos climáticos. Algunas de las causas de la presencia de Agrietamiento en bloque son:

- **Contracción excesiva de la mezcla asfáltica:**
Los cambios de temperatura y humedad pueden inducir contracción en la mezcla asfáltica, lo que conduce a la formación de figuras en bloque. Los pavimentos que experimentan amplias fluctuaciones térmicas y variaciones de humedad son más susceptibles a este tipo de agrietamiento.
- **Endurecimiento excesivo del bitumen:**
Si durante la manipulación y elaboración de la mezcla asfáltica, el bitumen no se maneja adecuadamente o se expone prolongadamente a la oxidación, puede endurecerse más de lo deseado. Un exceso de endurecimiento del bitumen puede provocar que la mezcla asfáltica sea más frágil.
- **Mezcla asfáltica muy rígida:**
Un exceso de filler (agregado fino) en la mezcla asfáltica puede hacer que esta sea más rígida, lo que aumenta la probabilidad de agrietamiento y formación de figuras en bloque.
- **Reflexión de grietas de capas subyacentes:**
Las figuras en bloque también pueden formarse debido a la reflexión de grietas desde capas subyacentes, como bases estabilizadas hidráulicamente, fisuras múltiples en losas de hormigón o recubrimientos delgados sobre pavimentos antiguos muy agrietados. Estas grietas subyacentes pueden propagarse hacia la superficie, causando el agrietamiento en bloque.
- **Debilitamiento brusco de capas inferiores:**

La saturación excesiva de los materiales en capas inferiores del pavimento puede debilitar la estructura y favorecer la formación de figuras en bloque en la superficie.

- Compactación inadecuada:

La compactación inadecuada durante la construcción del pavimento puede dar lugar a zonas con menor densidad, aumentando la susceptibilidad al agrietamiento en bloque, especialmente en áreas de alta carga de tráfico.

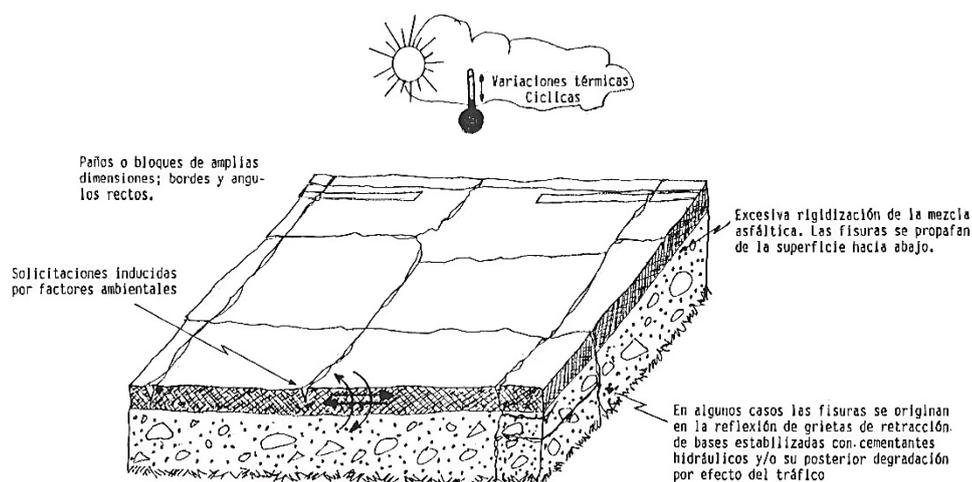
- Falta de elasticidad en la mezcla asfáltica:

Una mezcla asfáltica que carece de la elasticidad necesaria para adaptarse a las tensiones resultantes de cargas de tráfico.

En la figura 19 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por agrietamiento en bloque en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 19

Fallas por agrietamiento en bloque



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por Agrietamiento en bloque en Asfalto. República Dominicana.

g. Grieta de borde

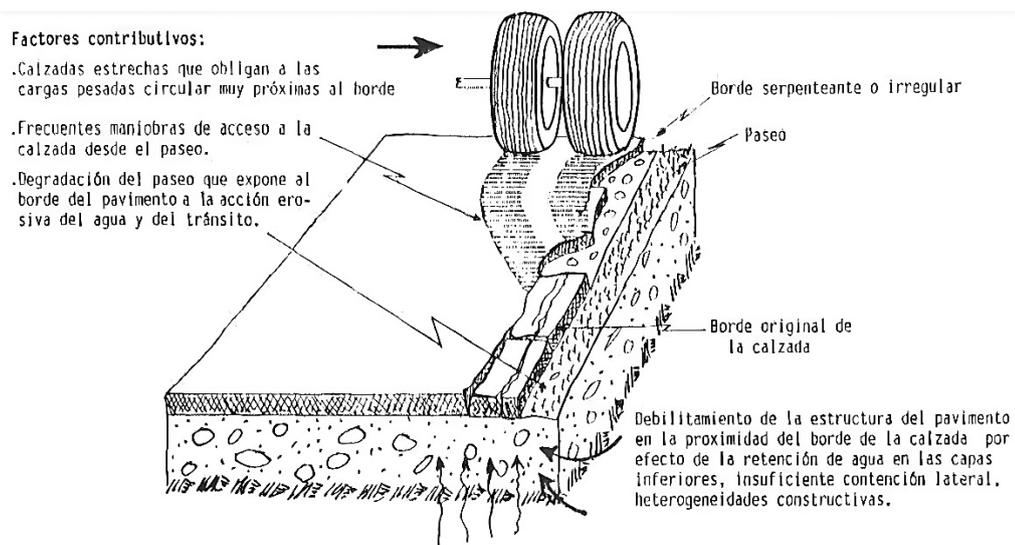
Rodríguez Velásquez (2009) describe las Grieta de borde en pavimentos como grietas que se desarrollan a lo largo del borde o el borde de la carretera. Estas fisuras se forman en la capa superficial del pavimento y pueden variar en longitud y profundidad. Cuando el área entre el borde del pavimento y la fisura esta agrietada se empiezan a producir desprendimientos dejando fragmentos del pavimento totalmente suelto.

Las Grieta de borde son un tipo común de falla en los pavimentos y pueden tener diversas causas:

- **Asentamiento del suelo:**
Si el suelo de fundación se asienta, puede provocar hundimientos en el borde del pavimento, lo que a su vez puede generar fisuras.
 - **Cargas de tráfico:**
El paso constante de volumen de tráfico por vehículos pesados cerca del borde del pavimento puede generar tensiones y esfuerzos que contribuyen a la formación de fisuras.
 - **Contracción térmica:**
Los cambios de temperatura provocan que el pavimento se expanda y contraiga. La contracción térmica, especialmente en climas fríos, puede generar tensiones en el borde del pavimento y dar lugar a la formación de fisuras.
- En la figura 20 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por grieta en borde en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 20

Fallas por grieta de borde



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por Grieta de borde en Asfalto. República Dominicana.

h. **Desnivel carril – berma**

El desnivel entre el carril y la berma en pavimentos se refiere a la diferencia de altura o elevación entre la superficie del carril de circulación de la carretera y la berma, que es el área adyacente al carril destinada al uso y soporte lateral del tráfico.

En carreteras bien diseñadas y construidas, el carril y la berma deben estar a la misma altura o nivel. Sin embargo, en algunos casos, pueden ocurrir desniveles entre el carril y la berma debido a diversas razones.

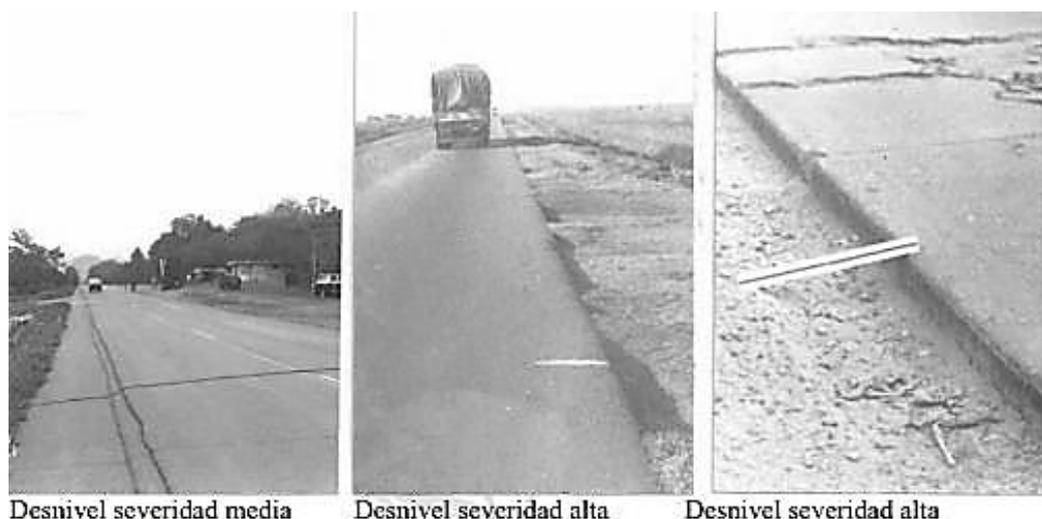
Algunas causas de los desniveles entre el carril y la berma son:

- **Asentamiento diferencial:**
El suelo de fundación puede asentarse de manera desigual, provocando hundimientos en algunas áreas y generando desniveles entre el carril y la berma.
- **Compactación inadecuada:**
Si la construcción del pavimento no se realiza con la compactación adecuada, pueden formarse áreas débiles o con mayor compresibilidad, lo que puede resultar en desniveles.
- **Erosión:**
La erosión causada por el agua o el tráfico pesado puede desgastar la berma y provocar desniveles entre el carril y el área adyacente.
- **Deficiencias en el diseño:**
Un diseño inadecuado del pavimento o la falta de consideración de las condiciones del suelo y del tráfico pueden contribuir a la formación de desniveles.

En la figura 21 se muestran fotografías de la falla por desnivel carril-berma en el pavimento flexible en distintas carreteras.

Figura 21

Falla por desnivel carril - berma



Desnivel severidad media

Desnivel severidad alta

Desnivel severidad alta

Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por desnivel carril/berma en Asfalto. República Dominicana.

i. Grietas longitudinales

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) describe las Grietas longitudinales como un tipo de deterioro común en pavimentos que consiste en la formación de grietas que se propagan paralelamente al eje de la carretera. La ubicación de estas grietas puede proporcionar información valiosa sobre la causa subyacente del problema. A medida que el pavimento se deteriora, las grietas pueden ramificarse y multiplicarse, lo que indica una progresión del daño.

La identificación temprana y el monitoreo de este tipo de fracturamiento son esenciales para prevenir un mayor deterioro del pavimento y para llevar a cabo las reparaciones adecuadas. La atención oportuna a las fisuras iniciales puede evitar que se desarrollen en problemas más graves y costosos de corregir. Además, un mantenimiento adecuado del pavimento y la consideración de las cargas de tráfico durante el diseño y la construcción pueden ayudar a minimizar la formación de este tipo de fracturamiento en las carreteras.

Las causas de las Grietas longitudinales pueden ser diversas y pueden incluir:

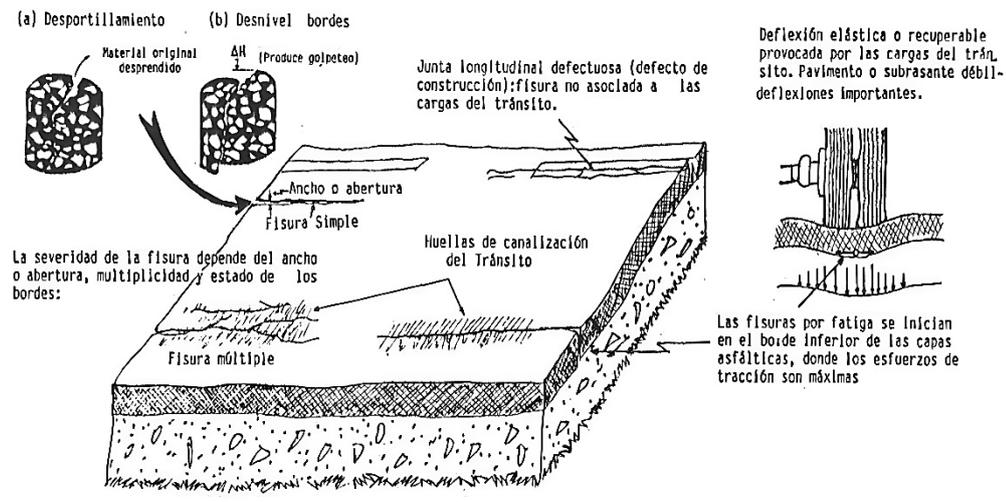
- **Fatiga del material:**

Con el tiempo, el pavimento está sujeto a ciclos repetidos de carga y descarga debido al tráfico vehicular. Esta fatiga puede debilitar el material del pavimento y provocar la formación de fisuras longitudinales.
- **Asentamiento del suelo:**

Si el suelo de fundación cede o asienta de manera desigual, puede generar tensiones en el pavimento y ocasionar la formación de fisuras longitudinales.
- **Cargas de tráfico:**

El paso constante de vehículos pesados puede ejercer presión sobre el pavimento y contribuir a la aparición de fisuras longitudinales.

En la figura 22 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por fisura longitudinal en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 22**Falla por fisura longitudinal**

Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por fisura longitudinal en Asfalto. República Dominicana.

j. Grietas transversales

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) describe las Grietas transversales consisten en la aparición de grietas rectilíneas que se extienden perpendicularmente al eje de la calzada en la superficie del pavimento. Estas grietas pueden afectar todo el carril o solo un área cercana al borde de aproximadamente 0.60 metros. En algunos casos, estas Grietas transversales pueden presentar una distribución regular con intervalos de separación variables entre 5 y 20 metros. Al igual que las fisuras longitudinales, las Grietas transversales también pueden desarrollar ramificaciones y fisuras paralelas, fenómeno al que se hace referencia como "multiplicidad". Es importante mencionar que las Grietas transversales provenientes de la reflexión de juntas transversales en pavimentos mixtos no se consideran dentro de este tipo de fisuramiento. La aparición de Grietas transversales puede llevar a un mayor deterioro del pavimento con el tiempo, especialmente si no se atienden adecuadamente. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un mantenimiento preventivo y monitorear periódicamente el estado del pavimento para identificar y reparar a tiempo cualquier fisuramiento transversal. Al abordar estas fisuras tempranamente, se puede prevenir un mayor daño y prolongar la vida útil del pavimento, garantizando así la seguridad y comodidad de los usuarios.

Algunas causas comunes de las Grietas transversales en pavimentos son:

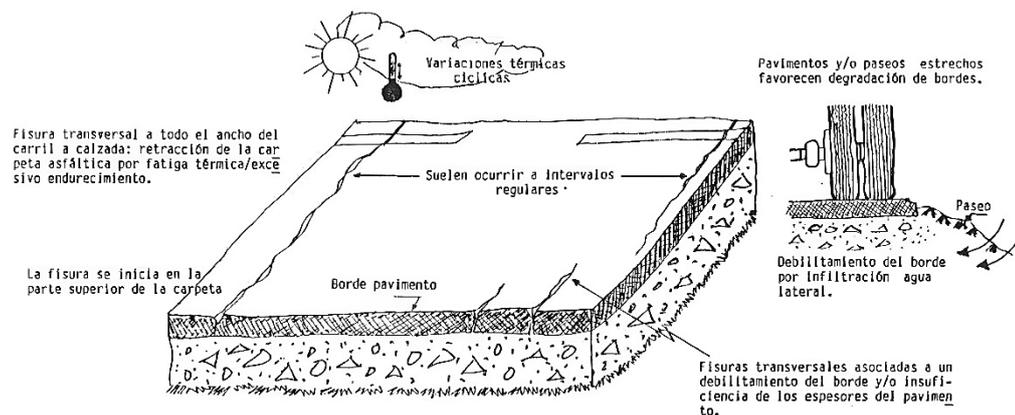
- Deslizamiento de capas:

Si las capas del pavimento no están adecuadamente adheridas o compactadas entre sí, puede ocurrir deslizamiento lateral, dando lugar a Grietas transversales Deterioro por envejecimiento: Con el tiempo, los materiales del pavimento pueden degradarse debido a la exposición a factores ambientales como la luz solar, el agua y el tráfico, lo que aumenta la probabilidad de formación de Grietas transversales.

- **Expansión por humedad:**
La infiltración de agua en el pavimento, especialmente en climas con fluctuaciones de temperatura y congelamiento/descongelamiento, puede generar tensiones y Grietas transversales.
 - **Sobrecargas puntuales:**
La aplicación de cargas concentradas o puntuales en áreas específicas del pavimento, como puntos de frenado o maniobras bruscas, puede generar esfuerzos locales que contribuyan a la aparición de Grietas transversales.
 - **Reacciones químicas en la mezcla asfáltica:**
Reacciones químicas indeseadas entre los componentes de la mezcla asfáltica pueden debilitar la estructura y contribuir al desarrollo de grietas transversales.
- En la figura 23 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por fisura transversal en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 23

Falla por fisura transversal



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por Grieta de fisura transversal en Asfalto. República Dominicana.

k. Grieta de Reflexión de junta

El daño se produce en pavimentos asfálticos construidos sobre losas de concreto. Son causadas por el movimiento de la losa, inducido por cambios de temperatura y humedad

debajo de la losa de concreto. El daño no es ocasionado por las cargas, pero estas pueden causar una mayor rotura del concreto.

l. Grieta parabólica (Slippage)

Las grietas parabólicas tienen la forma de una media luna. Se producen por culpa de que los vehículos frenan o giran y las ruedas deforman el pavimento. Uno de los factores es la baja resistencia de la mezcla asfáltica, una liga pobre de la superficie y la capa que sigue en la estructura.

m. Parcheo

Rodríguez Velásquez (2009) describe los parches en pavimentos son áreas que se reemplazan con nuevo material debido a su deterioro, con el objetivo de reparar la superficie existente. Los parches de cortes utilitarios son aquellos que se aplican cuando se realizan cortes para reparar infraestructuras subterráneas como tuberías de agua, desagüe, cables eléctricos, teléfonos, entre otros. La presencia de parches en el pavimento afecta negativamente el rendimiento general de la vía, ya que el área reparada no tiene el mismo comportamiento que el pavimento original. Incluso, el área alrededor del parche también se ve afectada y no se desempeña tan bien como la sección original del pavimento. Además, los parches pueden comprometer la uniformidad y la calidad del pavimento, ya que la transición entre el material original y el parche puede no ser tan suave como la superficie continua del pavimento. Esto puede dar lugar a cambios en la textura del pavimento, afectar la adherencia de los neumáticos y, en algunos casos, favorecer la formación de nuevos deterioros.

La colocación inadecuada de los parches o el uso de materiales de baja calidad pueden resultar en una reparación deficiente que se deteriora rápidamente y requiere mantenimiento frecuente. Por lo tanto, es esencial realizar reparaciones de alta calidad y utilizar materiales adecuados que se integren bien con el pavimento original para asegurar una reparación duradera y efectiva.

Las causas del uso de parches en pavimentos más comunes son:

- Grietas y fisuras:

Las fisuras y grietas que aparecen en la superficie del pavimento debido a la contracción térmica, asentamiento del suelo, cargas de tráfico, entre otros factores, pueden requerir reparación con parches para evitar su propagación y evitar que el daño se vuelva más extenso.

- Huecos:

Los Huecos son hundimientos o áreas degradadas del pavimento que pueden surgir debido a la erosión, la presencia de agua en la base, o el efecto del tráfico pesado y repetitivo. Los parches se utilizan para rellenar y nivelar estas áreas dañadas.

- Daños por servicios públicos:

Cuando se realizan trabajos de reparación o instalación de servicios públicos subterráneos, como tuberías de agua, desagüe, cableado eléctrico o telecomunicaciones, es necesario hacer cortes en el pavimento. Luego, se aplican parches para restablecer la superficie y la funcionalidad del pavimento.

- Reparación de áreas locales:

En ocasiones, ciertas áreas del pavimento pueden requerir una reparación localizada debido a daños causados por accidentes, derrames químicos o impactos puntuales.

- Desgaste natural:

Con el tiempo, el pavimento se desgasta debido al tráfico vehicular, condiciones climáticas y otros factores ambientales. Parches periódicos pueden ser necesarios para mantener la integridad y funcionalidad del pavimento.

- Prevención de daños mayores:

Los parches también se pueden utilizar de manera preventiva para corregir pequeños deterioros antes de que se conviertan en problemas más grandes y costosos de reparar.

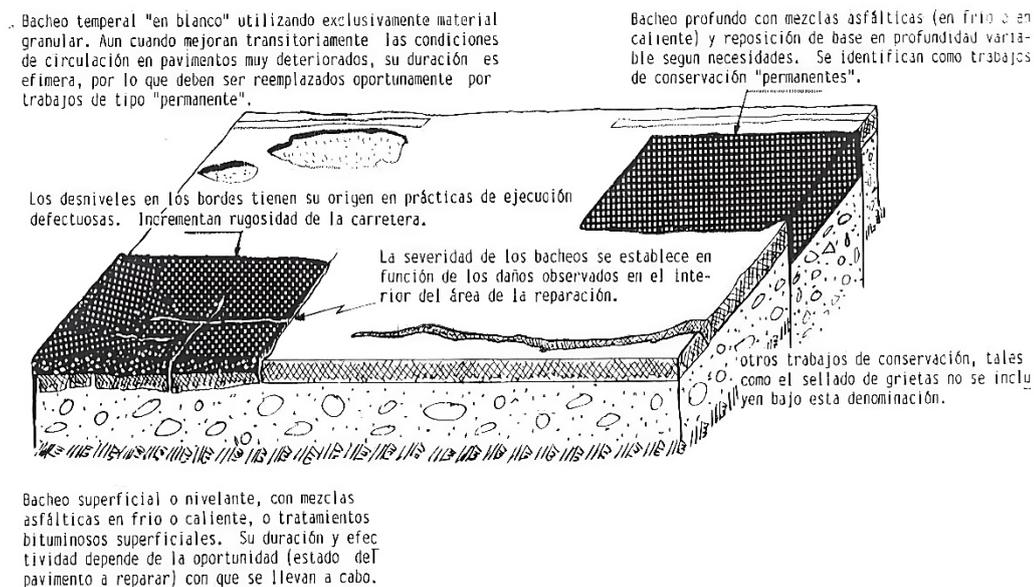
- Mantenimiento rutinario:

Como parte del mantenimiento regular de carreteras y calles, se aplican parches en áreas localizadas que han sufrido desgaste o daño debido al uso continuo.

En la figura 24 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por reparaciones de parcheo en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 24

Parcheo (reparaciones)



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por parches en Asfalto. República Dominicana.

n. Pulimento de Agregados

Rodríguez Velásquez (2009) se refiere al pulimento de agregados como la presencia de partículas finas y redondeadas en la superficie del pavimento debido a la abrasión y desgaste por el tráfico vehicular. Estas partículas pulidas pueden tener un efecto negativo en la adherencia neumático-pavimento, lo que puede dar lugar a ciertas fallas y problemas en la vía. El Pulimento de Agregados es una problemática que afecta la seguridad y el rendimiento del pavimento, especialmente en carreteras de alto tráfico y zonas de frenado y aceleración frecuente, como intersecciones y rampas. A medida que los vehículos circulan sobre la superficie del pavimento, las partículas de agregado tienden a desgastarse y alisarse debido a la abrasión generada por el contacto repetido con los neumáticos. Este fenómeno es más pronunciado en pavimentos flexibles y puede ocurrir también en pavimentos de concreto.

Algunas consecuencias asociadas del Pulimento de Agregados en pavimentos son:

- Reducción de la fricción:

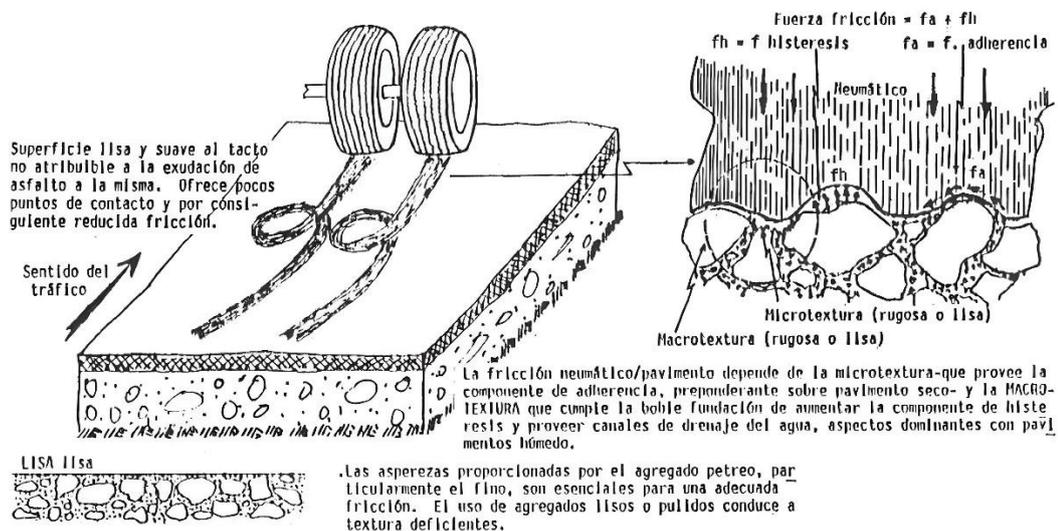
El Pulimento de Agregados disminuye la rugosidad del pavimento, lo que puede resultar en una reducción de la fricción entre los neumáticos y la superficie del pavimento. Esto puede afectar la capacidad de frenado y aceleración de los vehículos, lo que a su vez puede incrementar el riesgo de accidentes, especialmente en condiciones de lluvia o carreteras mojadas.

- **Desgaste prematuro del pavimento:**
La presencia de Pulimento de Agregados acelera el desgaste del pavimento, lo que puede requerir reparaciones y repavimentaciones más frecuentes, generando mayores costos de mantenimiento para las autoridades viales.
- **Pérdida de visibilidad:**
Las partículas pulidas pueden causar reflejos de la luz en la superficie del pavimento, lo que puede reducir la visibilidad de los conductores, especialmente en condiciones de luz solar directa o durante la noche.
- **Mayor generación de ruido:**
El pavimento con Pulimento de Agregados puede generar un mayor nivel de ruido debido a la interacción entre los neumáticos y la superficie lisa del pavimento. Esto puede afectar negativamente la comodidad y el bienestar de los usuarios de la vía y las comunidades cercanas.

En la figura 25 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por pulimento de agregados en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 25

Falla por pulimento de agregados



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por pulimento de agregados en Asfalto. República Dominicana.

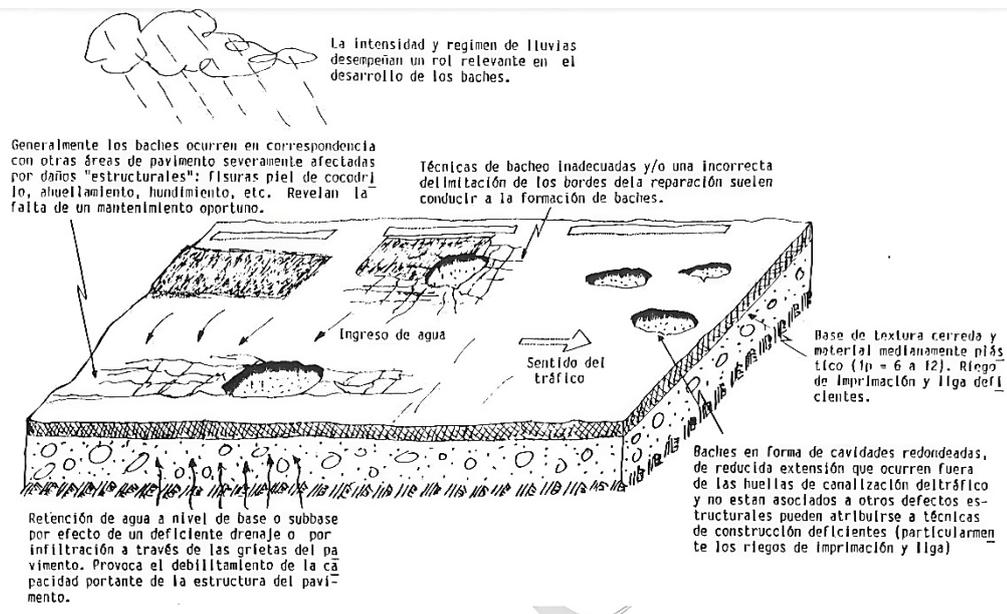
o. Huecos

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) describe los Huecos en pavimentos son depresiones o huecos que se forman en la superficie de las carreteras y calles debido al desgaste, la erosión y el deterioro del pavimento. Estos

Huecos son una de las fallas más comunes que se observan en las vías de circulación y pueden presentarse en pavimentos asfálticos o de concreto. Significan daños estructurales que llegan a interrumpir la continuidad del pavimento y necesitan intervenciones de mantenimiento.

Algunas de las principales causas de los Huecos son:

- **Tráfico vehicular:**
El paso constante de vehículos, especialmente de aquellos de carga pesada, ejerce una presión significativa sobre el pavimento. Con el tiempo, esta carga repetitiva puede debilitar y romper el pavimento, creando Huecos.
- **Agua:**
La infiltración de agua en el pavimento es una de las principales causas de Huecos. El agua debilita el suelo de la base y subbase del pavimento, lo que lleva a que la superficie se colapse y forme depresiones.
- **Congelación y descongelación:**
En áreas con climas fríos, la congelación y descongelación del agua presente en el pavimento pueden causar que las partículas de suelo se expandan y contraigan, generando daño y la aparición de Huecos.
- **Deficiencias en la construcción:**
Un pavimento mal construido, con compactación deficiente, mezclas inadecuadas o falta de refuerzo, es más susceptible a la formación de Huecos.
- **Químicos y sal:**
La aplicación de sal y productos químicos para derretir el hielo en carreteras durante el invierno puede acelerar el proceso de deterioro del pavimento, contribuyendo a la formación de Huecos.
- **Efecto de fatiga:**
El efecto de fatiga resulta de la acumulación de tensiones cíclicas causadas por el tráfico vehicular repetitivo, lo que eventualmente puede conducir a la formación de fisuras y huecos.
- **Desgaste por abrasión:**
El desgaste constante causado por la abrasión de neumáticos y otros elementos puede debilitar la capa superficial del pavimento, facilitando la formación de huecos. En la figura 26 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por huecos en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 26**Falla por huecos**

Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por huecos en Asfalto. República Dominicana.

p. Cruce de vía férrea

Las fallas relacionadas con el cruce de vía férrea son depresiones y abultamientos alrededor de los rieles, este se mide en metros cuadrados, si este cruce en realidad no afecta al tráfico entonces no hay necesidad de registrarlo. Si existe un abultamiento pronunciado por culpa del cruce debe registrar como parte del mismo.

q. Ahuellamiento

Rodríguez Velásquez (2009) describe el ahuellamiento en pavimentos, también conocido como deformación permanente, como un tipo de deterioro que se manifiesta como hundimientos o surcos en la superficie de la carretera, especialmente en los carriles utilizados con mayor frecuencia por el tráfico vehicular. Estos surcos o huellas suelen formarse a lo largo del eje de la calzada y son causados principalmente por las cargas repetidas de vehículos y el efecto de la deformación plástica en el material del pavimento. Para prevenir y controlar el ahuellamiento en pavimentos, es fundamental contar con un diseño adecuado de la estructura del pavimento, utilizar mezclas asfálticas apropiadas y realizar un mantenimiento regular y oportuno. Se pueden aplicar técnicas de refuerzo, como el uso de geotextiles o materiales de alta resistencia, para mejorar la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tráfico.

El ahuellamiento en pavimentos puede tener impactos negativos en la seguridad y la comodidad de los conductores. Puede causar un aumento en la resistencia al rodamiento de los vehículos, lo que resulta en un mayor consumo de combustible y mayores costos de operación.

Algunas de las principales causas de los ahuellamientos son:

- Tráfico pesado y frecuente:

La carga repetida y sostenida de vehículos, especialmente de aquellos con ejes pesados o de alta carga por eje, genera tensiones y deformaciones plásticas en el pavimento, lo que con el tiempo produce el ahuellamiento.

- Temperaturas elevadas:

El ahuellamiento es más común en climas cálidos, ya que las altas temperaturas pueden hacer que el asfalto se vuelva más blando y propenso a la deformación bajo el peso de los vehículos.

- Diseño y construcción inadecuados:

Un pavimento mal diseñado o construido con mezclas asfálticas inapropiadas puede tener una menor resistencia a la deformación, lo que aumenta la probabilidad de ahuellamiento.

- Mantenimiento deficiente:

La falta de mantenimiento preventivo y correctivo, como el sellado de fisuras o el reforzamiento del pavimento, puede agravar el ahuellamiento y contribuir a su rápida propagación.

- Contenido de asfalto insuficiente:

Un contenido de asfalto insuficiente en la mezcla asfáltica puede reducir la capacidad del pavimento para resistir las deformaciones plásticas, aumentando la probabilidad de ahuellamiento.

- Drenaje insuficiente:

Un sistema de drenaje ineficiente puede permitir la acumulación de agua en la superficie del pavimento, debilitando la estructura y facilitando la deformación plástica.

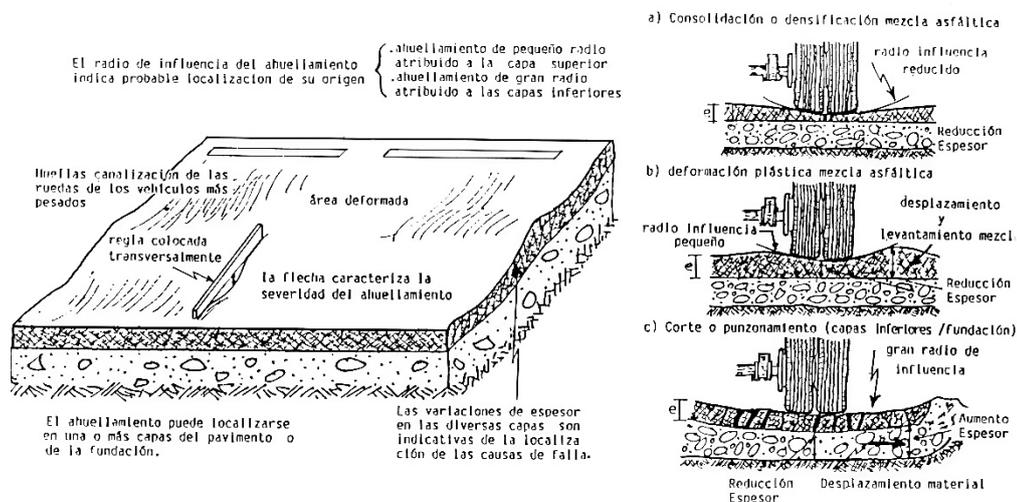
- Mezclas asfálticas sensibles a la temperatura:

Utilizar mezclas asfálticas sensibles a las temperaturas puede contribuir al ahuellamiento, ya que estas mezclas pueden volverse más blandas bajo condiciones cálidas.

En la figura 27 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por ahuellamiento en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 27

Falla por deformación de ahuellamiento



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por ahuellamiento en Asfalto. República Dominicana.

r. Desplazamientos

Rodríguez Velásquez (2009) describe los desplazamientos en pavimentos son deformaciones localizadas que ocurren debido a la carga del tráfico y al uso de mezclas inestables, como emulsiones. También pueden producirse cuando los pavimentos flexibles están en contacto con pavimentos rígidos. Es importante tomar medidas preventivas y adecuadas para evitar o corregir estos desplazamientos, ya que pueden afectar la seguridad, la durabilidad y la comodidad de la vía para los usuarios. La elección de materiales adecuados y un mantenimiento adecuado son esenciales para mantener la integridad y el buen estado del pavimento a lo largo del tiempo.

Algunas condiciones que contribuyen a la aparición de desplazamientos son:

- Deficiencias en la compactación:
Durante la construcción del pavimento, si la compactación de las capas no es adecuada, pueden generarse vacíos o bolsas de aire que debilitan la estructura y facilitan los desplazamientos.
- Cargas concentradas:
El tráfico de vehículos pesados con ejes sobrecargados o mal distribuidos puede ejercer fuerzas puntuales sobre el pavimento, lo que puede contribuir a los desplazamientos localizados.
- Reparaciones y parches inadecuados:

Si las reparaciones en el pavimento no se realizan correctamente, pueden crear diferencias de nivel y debilidades en la zona afectada, lo que aumenta la probabilidad de desplazamientos.

- Impactos externos:

Eventos inusuales, como accidentes o colisiones con objetos pesados en la vía, pueden generar desplazamientos locales debido a las fuerzas de impacto concentradas.

- Efecto de cargas estacionales:

En áreas con fluctuaciones extremas de temperatura, los ciclos de expansión y contracción del pavimento debido a las variaciones climáticas pueden contribuir a los desplazamientos.

- Fatiga del material:

Con el tiempo, el pavimento está sujeto a fatiga y envejecimiento, lo que puede afectar su capacidad para resistir las cargas del tráfico y provocar desplazamientos.

En la figura 28 se muestra una fotografía real de como se ven las fallas por desplazamiento en el pavimento flexible en una carretera real.

Figura 28

Falla por desplazamiento



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por desplazamiento en Asfalto. República Dominicana.

s. Hinchamiento

Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) describe esta falla como elevaciones o protuberancias en la superficie del pavimento. Estos abultamientos son causados por la expansión del suelo de fundación o de las capas de pavimento debido a la presencia de agua, generalmente por infiltración o acumulación de humedad. El hinchamiento en pavimentos puede ser problemático, ya que afecta la comodidad de conducción y la seguridad vial. Los bultos pueden dañar los vehículos y causar molestias a los usuarios de la vía. Además, el hinchamiento puede deteriorar el pavimento con el tiempo y llevar a otras fallas, como grietas y Huecos.

Para prevenir el hinchamiento en pavimentos, es esencial contar con un diseño adecuado que considere las características del suelo y del clima de la zona. Además, se deben implementar sistemas de drenaje efectivos para evitar la acumulación de agua. El mantenimiento regular y la detección temprana de problemas de drenaje y humedad son fundamentales para evitar el desarrollo de hinchamientos y mantener la integridad y durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo.

El hinchamiento en pavimentos, también conocido como bultos o abultamientos, es una falla que se manifiesta como elevaciones o protuberancias en la superficie del pavimento. Estos abultamientos son causados por la expansión del suelo de fundación o de las capas de pavimento debido a la presencia de agua, generalmente por infiltración o acumulación de humedad.

Las principales causas del hinchamiento en pavimentos pueden ser:

- **Infiltración de agua:**
La presencia de agua en la base o en las capas del pavimento puede provocar la expansión del suelo de fundación o de los materiales utilizados en la construcción del pavimento, lo que genera abultamientos en la superficie.
- **Expansión del suelo:**
En áreas con suelos expansivos, como arcillas o limos, las variaciones en el contenido de humedad pueden hacer que el suelo aumente de volumen y presione el pavimento desde abajo, ocasionando hinchamientos.
- **Falta de drenaje:**
Un deficiente sistema de drenaje en el pavimento puede provocar la acumulación de agua, lo que aumenta el riesgo de hinchamientos, especialmente en zonas con alta precipitación pluvial
- **Problemas en las juntas:**

Si las juntas de construcción o expansión en el pavimento no son adecuadamente selladas, pueden permitir la infiltración de agua, lo que contribuye al hinchamiento.

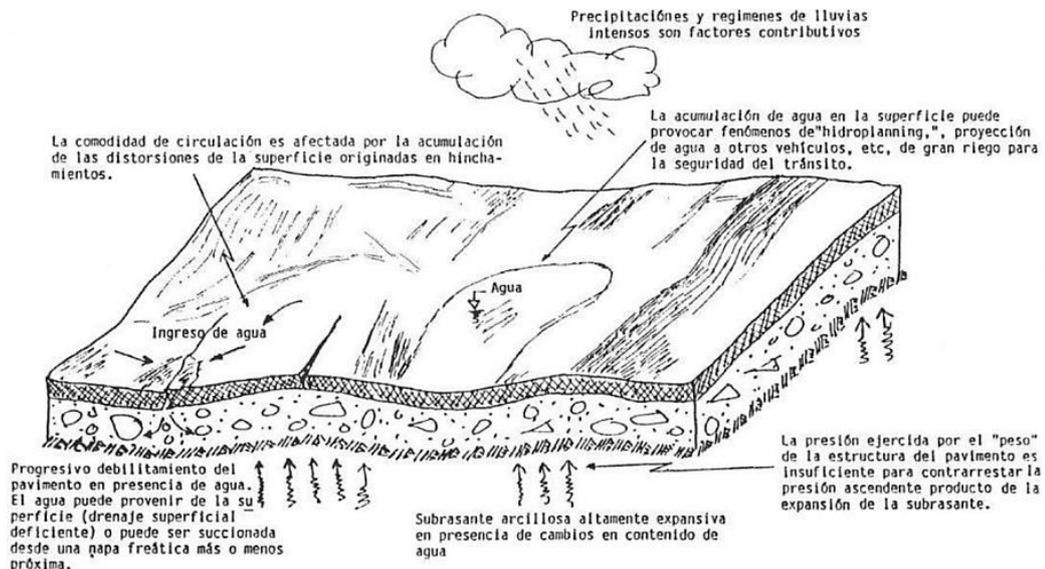
- Aire atrapado:

Durante la construcción del pavimento, la presencia de bolsas de aire atrapadas entre las capas puede causar hinchamientos al comprimirse y expandirse bajo la carga del tráfico.

En la figura 29 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por hinchamiento en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 29

Falla de deformaciones por hinchamiento



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por deformaciones por hinchamiento en Asfalto. República Dominicana.

t. Desprendimiento de agregados

Rodriguez (2009) El desprendimiento de agregados en pavimentos es un tipo de deterioro que ocurre cuando las partículas sueltas de agregado (piedras, arena u otros materiales) que componen la capa superficial del pavimento se desprenden o despegan de la mezcla asfáltica o del concreto. Estos agregados sueltos quedan expuestos en la superficie del pavimento, creando una textura áspera y poco uniforme. Para prevenir el desprendimiento de agregados en pavimentos, es esencial realizar una construcción adecuada con materiales de calidad y una correcta adherencia entre los agregados y el ligante. Además, un mantenimiento regular y oportuno es clave para detectar y reparar

cualquier daño o desprendimiento en la capa superficial del pavimento. Al abordar y corregir estas causas, se puede prolongar la vida útil del pavimento y garantizar una conducción segura y cómoda para todos los usuarios de la vía.

Las principales causas del desprendimiento de agregados en pavimentos son:

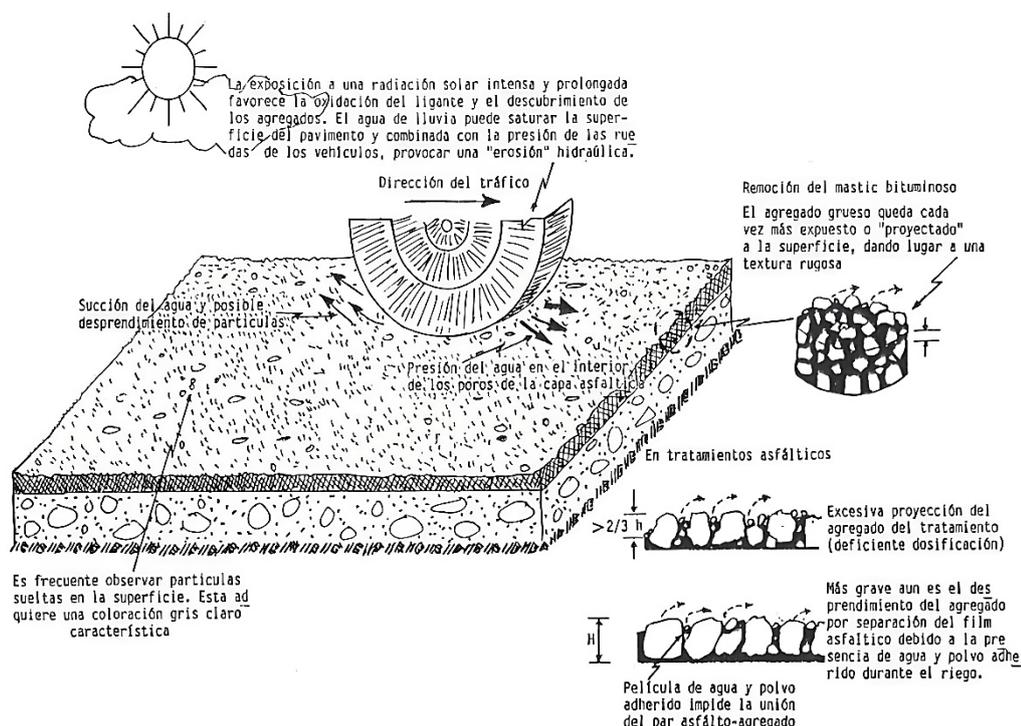
- Insuficiente adhesión:
Si la mezcla asfáltica o la unión entre los agregados y el ligante no se realiza adecuadamente durante la construcción del pavimento, los agregados pueden desprenderse fácilmente.
- Exceso de tráfico:
La carga repetida y constante de vehículos puede desgastar la superficie del pavimento, lo que lleva a la liberación de los agregados.
- Efectos climáticos:
La exposición a condiciones climáticas extremas, como fuertes lluvias, heladas o altas temperaturas, puede debilitar la capa superficial del pavimento y provocar el desprendimiento de los agregados.
- Uso de materiales inadecuados:
La elección de agregados inapropiados o de baja calidad en la mezcla del pavimento puede afectar negativamente su adherencia y provocar el desprendimiento.
- Mantenimiento deficiente:
La falta de mantenimiento preventivo y correctivo, como el sellado de grietas y el reemplazo o reposición de la capa superficial dañada, puede contribuir al desprendimiento de los agregados.
- Contenido de ligante inadecuado:
Un contenido de ligante insuficiente o excesivo en la mezcla asfáltica puede afectar la capacidad de adherencia de los agregados, contribuyendo al desprendimiento.
- Calidad de los agregados:
La elección de agregados de baja calidad o con propiedades inadecuadas puede afectar negativamente la adherencia y la resistencia al desprendimiento.
- Variaciones en las condiciones climáticas:
Cambios bruscos en las condiciones climáticas, como rápidas fluctuaciones de temperatura, pueden afectar la contracción y expansión de la mezcla, contribuyendo al desprendimiento.
- Falta de sellado de superficie:

La ausencia de selladores de superficie puede dejar la mezcla vulnerable a la penetración de agua y agentes externos, debilitando la unión entre los agregados y el ligante.

En la figura 30 se muestra una recopilación del comportamiento de la falla por desprendimiento de agregados en el pavimento flexible, a través de un esquema visual.

Figura 30

Desintegración por desprendimiento de agregados



Nota. Departamento de evaluación de pavimentos de R. Dominicana (2016) [Ilustración] Falla por desprendimiento de agregados en Asfalto. República Dominicana.

2.2.9. Método pavement condition index (PCI)

Vásquez Varela (2002) considera el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) 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.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los "valores

deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento (Vásquez Varela, pág. 2).

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Vásquez Varela, 2002, pág. 2).

a. Unidades de muestreo

Vásquez Varela (2002) en su publicación Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, indica que se comienza dividiendo la vía de estudio en “unidades de muestreo” que tendrán dimensiones en base al tipo de vía y capa de rodadura de la carretera en cuestión.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la Tabla 1 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. (Vásquez Varela, 2002).

Tabla 1

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

| Ancho de Calzada (m) | Longitud de Und. de Muestreo (m) |
|----------------------|----------------------------------|
| 5,0 | 46,0 |
| 5,5 | 41,8 |
| 6,0 | 38,3 |
| 6,5 | 35,4 |
| 7,3 (máximo) | 31,5 |

Nota. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas Ing. Vásquez (2002)

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas. (Vásquez Varela, 2002).

b. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación

Vásquez Varela (2002) continua el procedimiento determinando el número de unidades de muestreo de acuerdo a la magnitud del estudio:

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la

Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Se tiene

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

e: Error admisible en el estimado de PCI de la sección (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

N: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

c. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Vásquez Varela (2002) recomienda que las unidades de muestreo que vayan a ser seleccionadas, tienen que estar espaciadas de forma igualada, dejando a criterio del investigador la elección de la primera unidad de muestreo, Para el cálculo del intervalo de muestreo se tiene la siguiente fórmula:

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

Se tiene

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

d. Selección de las unidades de muestreo adicionales

Vásquez Varela (2002) señala que, dentro de los procesos de evaluación superficial de pavimentos en mal estado, en muchas ocasiones se omiten unidades de muestreo con daños muy específicos se incluyen de manera inapropiada en el muestreo aleatorio. Por esta razón se recomienda establecer las unidades de muestreo inusuales como

“unidades adicionales”, con esto el cálculo de PCI se verá modificado para evitar que estas condiciones puntuales o inusuales se generalicen a toda la sección estudiada.

Vásquez Varela (2002) señala que, dentro de los procesos de evaluación superficial de pavimentos en mal estado, en muchas ocasiones se omiten unidades de muestreo con daños muy específicos se incluyen de manera inapropiada en el muestreo aleatorio. Por esta razón se recomienda establecer las unidades de muestreo inusuales como “unidades adicionales”, con esto el cálculo de PCI se verá modificado para evitar que estas condiciones puntuales o inusuales se generalicen a toda la sección estudiada.

e. Evaluación de la Condición

Vásquez Varela (2002) señala que un procedimiento confiable para obtener un acertado valor de PCI:

Equipo:

Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.

Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

Procedimiento.:

Inspeccionar una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente.

Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

f. Curvas de valores deducidos en pavimentos flexibles (CVD)

Las Curvas Valor Deducido son una herramienta importante en la ingeniería de pavimentos, ya que son utilizadas para evaluar la capacidad de carga de un pavimento en función de diferentes variables y condiciones a lo largo del tiempo. Estas curvas son esenciales para el diseño y la gestión efectiva de pavimentos, lo que contribuye a mantener carreteras y calles seguras y funcionales.

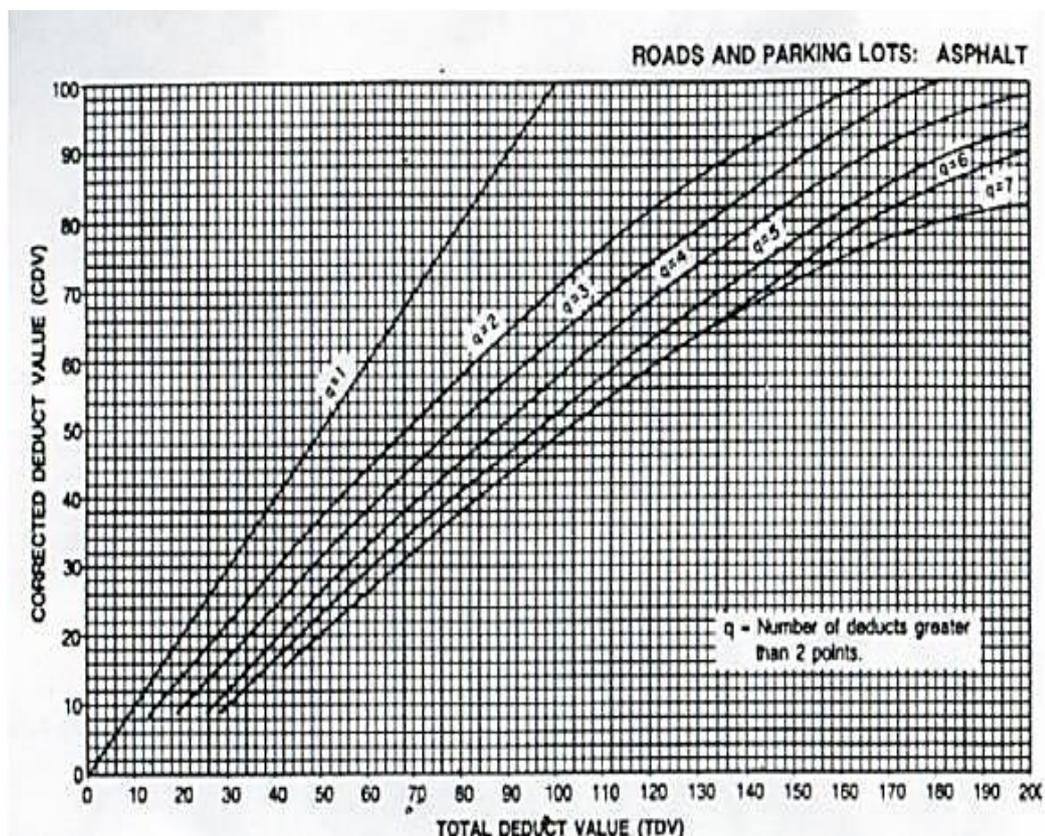
Son una especie de gráficos que los ingenieros usan para saber cuánto aguanta un camino con el tiempo antes de necesitar una reparación grande, debido al desgaste causado por los coches y el clima.

Para hacer estas curvas, los ingenieros reúnen información sobre cómo se usa la carretera (cuántos coches y camiones la usan), cómo está construida, y cómo el clima afecta al pavimento. Luego, dibujan una curva que muestra cuánto tiempo puede durar antes de necesitar ser renovada. Es como un pronóstico para la vida útil de la carretera. El Valor Deducido que permite estimar la capacidad de carga de un pavimento flexible. Representa la resistencia estructural del pavimento y se expresa generalmente en unidades de carga por unidad de área.

En la figura 31 se muestra la curva de corrección para pavimentos, estos valores se calcularon a partir de pruebas de campo y análisis de datos recopilados sobre la condición del pavimento, las características del tráfico, las propiedades de los materiales y otros factores relevantes.

Figura 31

Curva de corrección para pavimentos



Nota. Vásquez Varela (2002) [Gráfico] Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia INGEPAV

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una métrica fundamental utilizada en la ingeniería de pavimentos y resulta esencial para la gestión de pavimentos, ya que proporciona una forma objetiva de evaluar el estado de las carreteras y ayuda a tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la rehabilitación. El PCI se representa en una escala que varía desde "0" hasta "100". En la Tabla 2 se presenta esta escala, un valor de "0" indica que el pavimento se encuentra en un estado extremadamente deteriorado, prácticamente inutilizable, mientras que un valor de "100" representa un pavimento en condiciones óptimas, similar a uno recién construido.

Tabla 2

Rangos de calificación del PCI

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

Nota. El nivel del PCI tiene un rango de 0 a 100 y su clasificación se representa en la tabla en rango específicos (Vásquez Varela, 2002)

2.2.10. Fallas, niveles de severidad y unidades de medida

Este método tiene como objetivo la determinación de la condición de pavimento de caminos a través de la inspección meramente visual, para lo cual usaremos el método de Condición del Pavimento (PCI) que expresa numéricamente la condición del pavimento.

Publicado por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM International) el manual nos enseña la manera correcta de realizar la recolección de

datos brindando detalles acerca de las medidas que debemos considerar para levantar un reporte y asignar correctamente los niveles de severidad haciendo uso de nuestros instrumentos.

2.2.10.1. Exudación (bleeding)

Este tipo de daño es medido en metros cuadrados (m²) de área superficial de acuerdo a la severidad que se presente en dicha área.

Severidad:

L (Baja) – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y ya se hace visible a nivel de la superficie tiene un espesor delgado, pero no cubre al agregado. El asfalto no se pega a los zapatos ni a las llantas de los vehículos.

M (Media) – La exudación ha evolucionado y ahora hay un exceso de asfalto conformando una película pegajosa que cubre los agregados, se pega a los zapatos y a las llantas de los vehículos solo en lugares de climas cálidos.

H (Alta) – La exudación se ha ido extendiendo de forma significativa, en este punto cubre por completo a los agregados, a simple vista tiene un aspecto de presencia de humedad y una coloración negruzca. El asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos en climas cálidos con más frecuencia a lo largo del año.

2.2.10.2. Piel de cocodrilo

Se debe considerar para el trabajo toda el área afectada en metro cuadrados (m²). Cuando el tramo tenga muchos tipos de severidades y no se pueda diferenciar las áreas donde estas se limitan, se debe considerar el área completa y asignarle el mayor nivel de severidad.

Severidad:

L (Baja) - Finas Grietas longitudinales que pueden llegar a tener un ancho de 3 mm, con recorrido paralelo entre ellas, las fisuras no están descascaradas, no presentan casi ningunas conexiones entre ellas y no se evidencia bombeo.

M (Media) – Tras un tiempo de evolución de las fisuras de piel de cocodrilo este empieza a tomar un patrón de polígonos de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas con aberturas de 1 a 3 mm, sin presencia de bombeo.

H (Alta) - El patrón o red de fisuras muestra una evolución de tal forma que empiezan a definirse y evidenciarse descaramiento de los bordes que llegan a formar fisuras de hasta más de 3mm. Agrietamiento en bloque (Block Cracking):

2.2.10.3. Abultamientos y hundimientos (bumps and sags)

Los abultamientos y hundimientos son medidos en metros cuadrados (m²). Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada.

Severidad:

L (Bajo) – Los abultamientos o hundimientos tienen una profundidad máxima menor de 10mm producen una transitabilidad que no incomoda a los conductores.

M (Medio) – Los abultamientos o hundimientos tienen una profundidad media entre 10mm y 20mm producen una calidad de tránsito que ya empieza a incomodar a los conductores debido a que produce ligeras vibraciones al paso de los vehículos.

H (Alto) – Tiene una profundidad mayor a los 20mm, es la causa de vibraciones excesivas producen una calidad de tránsito de alta severidad que genera incomodidad obligando a los vehículos a reducir su velocidad.

2.2.10.4. Corrugación (corrugation)

La corrugación también conocida como Ondulación o rizado, son medidos en metros cuadrados (m²). Una corrugación presenta una cresta generalmente menor a un metro.

Severidad:

L (Baja) – Tiene una profundidad máxima de unos 10mm, Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad con poca presencia de vibraciones y que no incomodan a los conductores.

M (Media) – La profundidad se encuentra entre 10mm y 20mm. Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad generando vibraciones que incomodan a los conductores.

H (Alta) – Las corrugaciones presentan una profundidad mayor que 20mm, generan mucha incomodidad, ocasiona que se deba reducir la velocidad para no dañar los vehículos.

2.2.10.5. Agrietamiento en bloque (edge cracking)

Se la superficie afectada en metros cuadrados (m²), pueden presentarse más de un nivel de severidad, se deben registrar las áreas que limitan cada una, si se encuentran dificultados se puede registrar toda el área y asignar el mayor nivel de severidad.

Severidad:

L (Bajo) – Las fisuras se empiezan a formar, tienen un espesor de menos de 1mm. Fisuramiento bajo sin fragmentación o desprendimiento de material en los bordes.

M (Medio) – Las fisuras tienen un espesor de entre 1mm a 3mm, puede presentar fisuramiento y desmoronamiento en sus bordes.

H (Alto) – Tienen una abertura mayor a los 3mm y presenta fragmentación notable en los bordes.

2.2.10.6. Grieta de borde (edge cracking)

El fisuramiento de borde se debe medir en metros cuadrados (m²), también se puede medir en metros cuadrados y considerar un ancho de referencia de unos 60cm.

Cuando alguna de las fisuras se encuentra muy cercanas, se debe reportar toda el área afectada y considerar el mayor grado de severidad.

Severidad:

L (Bajo) – Tienen un espesor de menos de 1mm, sin fisuras notables ni desprendimiento de material.

M (Medio) – Tienen un espesor de entre 1mm a 3mm, puede presentar un fisuramiento con algo de desprendimiento de materiales, con algunos patrones irregulares, por ende se puede filtrar el agua.

H (Alto) – Tienen un ancho de por lo menos 3mm, suelen tener fisuras con patrones irregulares en los bordes, pueden generar una mala transitabilidad dañando los vehículos con movimiento bruscos.

2.2.10.7. Desnivel carril/berma (lane-shoulder drop off)

Es el corrimiento vertical de la berma El desnivel carril-berma es cuantificado en metros lineales de longitud afectada (m).

Severidad:

L (Bajo) – El desplazamiento es mayor a 25mm (1 pulgada) y menor a 50mm (2 pulgadas).

M (Medio) – El desplazamiento es mayor a 50mm (2 pulgadas) y menor a 100mm (4 pulgadas).

H (Alto) – El desplazamiento es mayor a 100mm (4 pulgadas).

2.2.10.8. Grietas longitudinales

Se miden en Metro lineales, cuando existen diferentes severidades o existan muchas figuras una después de otra se reporta la longitud correspondiente a cada nivel de severidad o tomar el total de área afectada y registrar el mayor grado de severidad

Severidad:

L (Bajo) – Tienen un espesor de menos de 1mm, sin fisuras notables ni desprendimiento de material.

M (Medio) – Tienen un espesor de entre 1mm a 3mm, puede presentar un fisuramiento con algo de desprendimiento de materiales, con algunos patrones irregulares, por ende se puede filtrar el agua. Presencia de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria, fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.

H (Alto) –Tienen un ancho de por lo menos 3mm, suelen tener fisuras con patrones irregulares en los bordes, pueden generar una mala transitabilidad dañando los vehículos con movimiento bruscos.

2.2.10.9. Grietas transversales

Se miden en Metro lineales, cuando existen diferentes severidades o existan muchas figuras una después de otra se reporta la longitud correspondiente a cada nivel de severidad o tomar el total de área afectada y registrar el mayor grado de severidad

Severidad:

L (Bajo) – Tienen un espesor de menos de 1mm, sin fisuras notables ni desprendimiento de material.

M (Medio) – Tienen un espesor de entre 1mm a 3mm, puede presentar un fisuramiento con algo de desprendimiento de materiales, con algunos patrones irregulares, por ende se puede filtrar el agua. Presencia de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria, fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.

H (Alto) –Tienen un ancho de por lo menos 3mm, suelen tener fisuras con patrones irregulares en los bordes, pueden generar una mala transitabilidad dañando los vehículos con movimiento bruscos.

2.2.10.10. Parcheo (patching and utility cut patching)

Los parches son medidos en metros cuadrados (m²) de área superficial. Se debe realizar un reporte de daños como ya hemos indicado anotando el área afectada, de ser esta demasiado grande y no tener deficiencias en toda el área, se evaluará para una reparación y se especificará el tipo de daño que presentan y si es que afectan algunas de las áreas aledañas.

Severidad:

L (Baja) – El parche se encuentra en buenas condiciones. El tráfico no se encuentra afectado ya que el parche está desempeñando su trabajo de forma satisfactoria.

M (Media) – El parche esta deteriorado y presenta daños o deficiencias en el borde.

H (Alta) – El parche está demasiado deteriorado, se requiere una reparación urgente, ya que este imposibilita el libre tránsito de vehículos.

2.2.10.11. Pulimento de Agregados (polished aggregate)

También llamado Pulimiento de Agregados debe ser medido en metros cuadrados (m²) de área superficial. Y no lleva grados de severidad asociados o definidos.

2.2.10.12. Huecos (potholes)

Los Huecos dejan expuestos los materiales granulares y suelen evolucionar a lo largo del tiempo aumentando su área afectada y su profundidad, no superan los 750mm (30 pulgadas) en diámetro, se deben medir en metros cuadrados (m²) de área afectada, registrando la mayor severidad siguiendo como criterio la Tabla 3.

Severidad:

Tabla 3

Conservación de pavimentos flexibles

| Máxima profundidad del Bache | Diámetro Promedio (mm)(pulgadas) | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | 100 a 200 mm (4 a 8 pulgadas) | 200 a 450 mm (8 a 18 pulgadas) | 450 a 750 mm (18 a 30 pulgadas) |
| 13 a ≤ 25 mm (1/2 a 1 pulgada) | L | L | M |
| >25 a ≤ 50 mm (1 a 2 pulgadas) | L | M | H |
| > 50 mm (2 pulgadas) | M | M | H |

Nota. Niveles de Severidad para Huecos de diámetro menor a 750 mm Ing. Vásquez (2002)

Si el bache tiene un diámetro mayor a 750mm (30 pulgadas), el área debe ser determinada en metros cuadrados (pie²) y dividida entre 0.5m² (5.5 pie²) para hallar el número equivalente de Huecos.

2.2.10.13. Ahuellamiento (rutting)

El ahuellamiento es medido en metros cuadrados (m²) de área superficial, y su severidad es determinada mediante la profundidad media del ahuellamiento. Suele aparecer debido a cargas de tránsito muy altas.

Severidad:

L (Bajo) – Tiene una profundidad menor a 10mm

M(Medium) – Profundidad entre 10mm y 25mm

H(Alto) – > 25mm (> 1pulgada)

2.2.10.14. Desplazamiento (shoving)

Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados (m²) de área superficial. Si es que ocurren encima de parches se consideran para evaluar la severidad del parche y no se considera por separado.

Severidad:

L(Bajo) – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

M(Medio) – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.

H(Alto) – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.

2.2.10.15. Hinchamiento (swell)

Como Medir. –

El área de hinchamiento es medida en metros cuadrados (m²) de área superficial. Por lo general presenta una protuberancia en la superficie del pavimento, con una onda larga de unos 3 metros de longitud.

Severidad:

L (Bajo) – Cuando el hinchamiento ocasiona una transitabilidad aceptable.

M (Medio) – Cuando el hinchamiento empieza a generar un nivel de transitabilidad malo.

H (Alto) – Genera una condición de transitabilidad demasiado mala.

2.2.10.16. Peladura por desprendimiento de agregados (weathering and raveling)

La pérdida de los agregados se registra en áreas afectadas y se considera la severidad que predomine en metros cuadrados de área superficial. Pueden ser ocasionadas por derramen de aceite de vehículos.

Severidad:

L (Bajo) – El agregado comienza a desprenderse y empiezan a aparecer hoyos de un espesor mayor a 15 cm. En el Caso de que se dé por derrames de aceite la es dura y no puede ser atravesada por pequeños objetos.

M (Medio) – Se han empezado a perderse los agregados, la superficie del asfalto es algo rugosa y tiene pequeños hoyos, en el caso de derrames de aceite, presenta una superficie suave.

H (Alto) – Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable, la textura del asfalto es bastante rugosa y presenta muchos hoyos, los mismo tienen un área menor a 10mm de diámetro y una profundidad menor a 13mm.

2.2.11. Normativa relacionada al pavimento en Perú

El desarrollo de la conservación vial del Estado requiere de un sistema de procesos técnicos especializados, ajustados mediante un monitoreo permanente debiendo esto ser previamente coordinado.

Las normas a seguir para realizar un diseño de pavimentos dentro de los estándares reglamentarios están establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones formulando y proponiendo las normas técnicas consideradas adecuadas para el desarrollo de infraestructura óptima para el país, dentro las normas más relevantes podemos encontrar:

Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos:

Su primera publicación se dio en el año 1973 en el gobierno de Juan Velasco Alvarado, ha tenido constantes actualizaciones para incorporar nuevas tecnologías de planificación, diseño y mantenimiento, siendo la versión del 2018 la más actualizada al año de la presente actualización.

Norma técnica CE.010 Pavimentos urbanos:

Fue publicada en el año 2011 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú, con el fin de establecer los parámetros técnicos de los materiales utilizados, técnicas constructivas, especificaciones geométricas y criterios de diseño de pavimentos urbanos en zonas de tránsito vehicular, además se incluye criterios de

diseño para los sistemas de señalización vial, instalación de mobiliario urbano dentro del área pavimentada.

Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial RD N°08 – 2014 – MTC/14 contiene las especificaciones técnicas generales para la conservación vial, que deben ser aplicadas al pie de la letra, tiene por finalidad orientar las actividades a realizarse por los ingeniero, técnicos y supervisores.

Se debe tener en consideración que, como cualquier ciencia o técnica, la ingeniería se encuentra en permanente cambio, por ende, es necesario que la documentación presentada sea revisada y actualizada de forme periódica, por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC.

La Tabla 4 brinda los criterios apropiados que se deben aplicar para la gestión del conjunto de actividades técnicas de naturaleza rutinaria y periódica, que se ejecuten en las vías para el servicio adecuado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, p.19)

Tabla 4

Conservación de pavimentos flexibles

| Criterios de reparación | |
|--|-----------|
| Sellado de fisuras y grietas en calzada | Rutinaria |
| Sellado de fisuras y grietas en bermas | Rutinaria |
| Parchado superficial en calzada | Rutinaria |
| Parchado profundo en calzada | Rutinaria |
| Bacheo de bermas en material granular | Rutinaria |
| Nivelación de bermas con material granular | Rutinaria |
| Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico | Rutinaria |
| Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico | Rutinaria |
| Sellos asfálticos | Periódica |
| Recapeos asfálticos | Periódica |
| Fresado de carpeta asfáltica | Periódica |
| Microfresado de carpeta asfáltica | Periódica |
| Reconformación de base granular en bermas | Periódica |
| Imprimación reforzada en bermas con material granular | Periódica |
| Nivelación de bermas con mezcla asfáltica | Periódica |

Nota. Obtenido del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

2.2.12. Catálogo de identificación de fallas y técnicas de reparación

El documento compila una serie de herramientas que facilitan la selección de técnicas de reparación, habiendo realizado previamente la evaluación y clasificación de las patologías presentes en el pavimento es posible seleccionar medidas correctivas que aseguren la funcionalidad estructural, la comodidad de los conductores y la vida útil del pavimento.

Para generar alternativas de mantenimiento de una forma más simple se utilizará el nivel de severidad de las fallas y la densidad que esta ocupa en la sección de pavimento que estemos evaluando. Para esto identificaremos la densidad de forma Local (Menos del 25% de la sección) o de forma General (Más del 25% de la sección).

Las alternativas serán desarrolladas tomando en cuenta la importancia de la falla y su necesidad de hacer estudios previos antes de implementar el mantenimiento. Se separarán en:

Rutinario: Son los que deben repetirse varias veces en un mismo año para proporcionar niveles adecuados de transitabilidad.

Rutinario-periódico: Aquellos que se repetirán en un periodo mayor entre 2 a 6 años, solo para hacer pequeñas correcciones.

Temporales: Aquellos que por sí mismo nombre lo dice son para poder brindar niveles de transitabilidad adecuados de manera momentánea, para evitar cualquier peligro. Por lo menos hasta que se puedan desarrollar estudios y una actividad de mantenimiento definitiva.

Mejoramiento: Tienen la finalidad de realizar actividades que recuperen el aspecto previo a la presencia de fallas como era originalmente, se pueden realizar siempre y cuando estén dentro del presupuesto.

Rehabilitación: Actividades de mantenimiento que están sujetas a estudios estructurales para definir la mejor intervención para recuperar el nivel de transitabilidad.

Especiales: Aquellas que requieren un estudio previo para definir distintas alternativas que cumplan con las exigencias particulares del caso, las que puede varias de acuerdo a los materiales, equipos o técnicas poco convencionales que fuesen necesarias.

De la Tabla 5 a la Tabla 21 veremos las alternativas que nos ofrece y que fueron agrupados en catálogos.

2.2.12.1. Alternativas de Mantenimiento

Tabla 5*Mantenimiento para falla por exudación de asfalto*

| Exudación | | | | |
|-------------------------------|-----------------|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | | Aminorar el riesgo de accidentes cuando el clima es húmedo. | | |
| Causas y Consecuencias | | Las lluvias frecuentes incrementan el riesgo. El aumento de la extensión de la falla genera un mayor riesgo por deslizamiento. | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| M (Medio) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| H (Alto) | Local | - Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie. | R. Period. | 1 - 2 |
| | | - Bacheo parcial (capa asfáltica). | Rutinario | 3 |
| | General | - Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie. | Rutinario | 1 - 2 |
| | | - Quemar exceso de asfalto y aplicar un sellado bituminoso con asfalto líquido y recubrimiento arena o lechada asfáltica (carreteras de TMDA < 2000). | Especial | 2-4 |
| | | - Quemar exceso de asfalto y aplicar un tratamiento superficial asfáltico (carreteras de TMDA < 2000). | Especial | 3-5 |
| | | - Quemar exceso de asfalto y recapado con mezcla asfáltica (carreteras de TMDA < 2000). | Especial | 6-8 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 6*Mantenimiento para fisuras por piel de cocodrilo*

| Piel De Cocodrilo | | | | |
|-------------------------------|---|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento. | | | |
| Causas y Consecuencias | Extensión de la patología. Suele evolucionar a falla de ahuellamiento y/o hundimientos hasta originar Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Aplicar sellado de la superficie afectada con emulsión bituminosa o rejuvenecedora. | Rutinario | 1 |
| | General | - Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo. | R.Period | 2 |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | R.Period | 3-4 |
| | | - Bacheo superficial; mezclas asfálticas en frío/o caliente. | Rutinario | 0.5/1 |
| | | - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/o caliente. | Rutinario | 0.5/2 |
| M (Medio) | Local | - Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | | - Trabajos bacheo s/relación técnica precedente (selección técnica depende de condiciones de cada caso específico). | Mejoramiento | 0.5/2 |
| | General | - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo. | Rehabilitación | 2 |
| | | - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con lechada asfáltica. | Rehabilitación | 3-4 |
| | | - Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 6-8 |

| Piel De Cocodrilo | | | | |
|-------------------------------|---|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento. | | | |
| Causas y Consecuencias | Extensión de la patología. Suele evolucionar a falla de ahuellamiento y/o hundimientos hasta originar Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| H (Alto) | Local | Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | | Reposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo (en combinación con técnica precedente). | | 5-6 |
| | General | - Trabajos de bacheo (preparación previa) + Rehabilitación refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 8-10 |
| | | - Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente. | | 8-10 |
| | | - Recomposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo (en combinación con técnicas precedentes). | Rehabilitación | >10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 7

Mantenimiento para deformaciones por hundimiento

| Abultamiento Y Hundimiento | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento. | | | |
| Causas y Consecuencias | La debilidad de la base hará progresar la patología | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |

| Abultamiento Y Hundimiento | | | | |
|-----------------------------------|---|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento. | | | |
| Causas y Consecuencias | La debilidad de la base hará progresar la patología | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| M (Medio) | Local | - Bacheo superficial nivelante; mezclas asfálticas en frío/o caliente. | Rutinario | 0.5/1.5 |
| | | - Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | General | - Verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes. | Mejoramiento | Variable |
| | Local | - Bacheo superficial nivelante; mezclas en frío / en caliente. | Rutinario | 0.5/1.52 |
| | | - Bacheo parcial más nivelante, mezclas en frío /en caliente | Rutinario | 1/3 |
| | | - Bacheo profundo; incluida reposición de base. | Rutinario | 4-6 |
| H (Alto) | General | - Preparación previa mediante aplicación de algunos de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 8-10 |
| | | - Escarificación parcial del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente. | Rehabilitación | 8-10 |
| | | - Mejoramiento drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes). | Rehabilitación | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 8*Mantenimiento para deformaciones por corrugación*

| Corrugación | | | | |
|-------------------------------|---|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la transitabilidad. Mejorar la integridad del pavimento | | | |
| Causas y Consecuencias | Incremento de la cantidad de ondas, con el tiempo una onda se dividirá dos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Ninguna | | |
| M (Medio) | Local | - Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frío / en caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Perfilado en frío y tratamiento superficial | Especial | 3-5 |
| | | - Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente. | Especial | 5-7 |
| | General | - Adoptar alguno de los tratamientos anteriores | Mejoramiento | Variable |
| H (Alto) | Local | - Bacheo parcial, capa asfáltica; Mezclas en frío / en caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Bacheo profundo; incluida reposición de base. | Rutinario | 4-6 |
| | | - Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente | Especial | 5-7 |
| | General | - Escarificación carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla en caliente | Rehabilitación | 8-10 |
| | | - Escarificación del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente. | Rehabilitación | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 9*Mantenimiento para agrietamiento en bloques*

| Fisuramiento Y Agrietamiento En Bloques | | | | |
|--|--|--|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento asfáltico. | | | |
| Causas y Consecuencias | Aumento de la desintegración de los bordes que aumentarán las grietas transversales. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Ninguna | | |
| | General | - Aplicar sellado superficial con emulsión bituminosa rejuvenecedora. | Rutinario - Periódico | 2 |
| M (Medio) | Local | - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con agregado pétreo. | Rutinario - Periódico | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | General | - Sellado de la superficie con material bituminoso con agregado pétreo | Rutinario - Periódico | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | | - Tratamiento superficial asfáltico doble o triple | Rutinario - Periódico | 4-6 |
| H (Alto) | | - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo. | Rutinario | 2 |
| | Local | - Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-4 |
| | | - Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente. | Rutinario | 0.5/1 |

Fisuramiento Y Agrietamiento En Bloques

| | | | | |
|-------------------------------|--|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad del pavimento asfáltico. | | | |
| Causas y Consecuencias | Aumento de la desintegración de los bordes que aumentarán las grietas transversales. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | General | - Trabajos de preparación previa + recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 4-6 |
| | | - Trabajos de preparación previa + recapado delgado con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 6-8 |
| | | - Colocación de geotextil + recapado delgado con mezcla asfáltica caliente | Rehabilitación | 6-8 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 10

Mantenimiento para roturas de bordes

| Rotura De Borde | | | | |
|-------------------------------|---|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la transitabilidad integridad de pavimento asfáltico. | | | |
| Causas y Consecuencias | Incremento de la cantidad de ondas, con el tiempo una onda se dividirá dos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Ninguna | | |
| | Local | - Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente. | Rutinario | 0.5/1.5 |

Rotura De Borde

Objetivo Conservar la transitabilidad integridad de pavimento asfaltico.

Causas y Consecuencias Incremento de la cantidad de ondas, con el tiempo una onda se dividirá dos.

| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
|-----------|----------|--|----------------|------------------|
| M (Medio) | General | - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Sellado de superficie (en bordes) con material bituminoso. | Rutinario | 2-3 |
| | | - Sellado de superficie (en bordes) con lechada asfáltica. | Rutinario | 3-4 |
| H (Alto) | Local | - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/ en caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | General | - Mejorar estado de conservación y drenaje superficial de los paseos en combinación con algunas de las técnicas precedentes. | Mejoramiento | 10 |
| | | - Escarificación del pavimento existente (en bordes) y reconstrucción con base granular y carpeta o tratamiento superficial asfáltico. | Rehabilitación | 6-10 |
| | | - Escarificación del pavimento existente (en bordes) y reconstrucción incluyendo la pavimentación de los paseos. | Rehabilitación | 10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 11*Mantenimiento para desnivel borde pavimento / paseo*

| Desnivel Borde Pavimento / Paseo | | | | |
|---|---|--|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad de pavimento asfáltico. Priorizar la seguridad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Por el gran impacto en la seguridad esta Patología es prioritaria. El pase de los vehículos va a empezar a destruir el borde del pavimento y erosionar el área. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Escarificación y recubrimiento del paseo con grava (paseos no pavimentados) | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | General | - Tratamiento superficial asfáltico o recapado con mezcla asfáltica (paseos pavimentados). | Rutinario - Periódico | 5-6 |
| | | - Reparación y mantenimiento de paseos | Rutinario | 2-3 |
| M (Medio) | Local | - Bacheo superficial nivelante (paseos pavimentados). | Rutinario | 2-3 |
| | | - Escarificación y recubrimiento del paseo con grava (paseos no pavimentados). | Rutinario | 3-5 |
| | General | - Escarificación y revestimiento o superficie existente y construcción de base granular y tratamiento asfáltico (pavimentación repavimentación paseo). | Rutinario | 5-6 |
| | | | | |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 12*Mantenimiento para fisura longitudinal*

| Fisura Longitudinal | | | | |
|-------------------------------|--|---|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural y evitar la filtración del agua. | | | |
| Causas y Consecuencias | Incremento en la longitud de las fisuras hasta dar lugar a agrietamiento tipo piel de cocodrilo. La evolución es más rápida en la medida que se posibilite el ingreso de agua. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna - Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora. | Rutinario - Periódico | 2 |
| M (Medio) | Local | - Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. | Rutinario | 1-2 |
| | General | - Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario - Periódico | 2 |
| | | - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. | Rutinario - Periódico | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| H (Alto) | Local | - Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 0.5/1.5 |
| | General | - Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente. | Rutinario | 0.5/1 |
| | | - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. | Rehabilitación | 2 |
| | General | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rehabilitación | 3-4 |
| | | - Recapado con mezcla asfáltica en caliente (espesor variable s/tránsito). | Rehabilitación | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 13*Mantenimiento para grietas transversales*

| Fisura Transversal | | | | |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural y evitar la filtración del agua. Restablecer la Transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Las fisuras irán aumentando con el tiempo la falla en los bordes generará mayor cantidad de grietas. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| | | - Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora. | Rutinario - Periódico | 2 |
| M (Medio) | Local | - Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. | Rutinario | 1-2 |
| | | - Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario - Periódico | 2 |
| | General | - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. | Rutinario - Periódico | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| H (Alto) | Local | - Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 0.5/1.5 |
| | General | - Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente. - Sellado bituminoso de la superficie con recubrimiento de agregado pétreo. | Rutinario Rehabilitación | 0.5/1 2 |

| Fisura Transversal | | | | |
|-------------------------------|---|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural y evitar la filtración del agua. Restablecer la Transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Las fisuras irán aumentando con el tiempo la falla en los bordes generará mayor cantidad de grietas. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rehabilitación | 3-4 |
| | | - Recapado con mezcla asfáltica en caliente (espesor variable s/tránsito). | Rehabilitación | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 14

Mantenimiento para reparaciones por servicios

| Parches (Reparaciones Por Servicio Público) | | | | |
|--|---|-------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la transitabilidad y preservar el mantenimiento realizado. | | | |
| Causas y Consecuencias | Los daños van aumentando hasta la inminente falla de la reparación. La alternativa dependerá del parche y el tipo de daño que evidencia. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| M (Medio) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Sellado de fisuras | Rutinario | 1-3 |

| Parches (Reparaciones Por Servicio Público) | | | | |
|--|--|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la transitabilidad y preservar el mantenimiento realizado. | | | |
| Causas y Consecuencias | Los daños van aumentando hasta la inminente falla de la reparación. La alternativa dependerá del parche y el tipo de daño que evidencia. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | General | - Evaluar y aplicar alguna de las técnicas anteriores | | |
| | | - Reparación en todo el espesor de la losa con hormigón (reposición de la reparación). | Rutinario | 8-15 |
| H (Alto) | Local | - Bacheo temporario con mezcla asfáltica (profundidad variable). | Temporal | 0.5-2 |
| | General | - Reposición de las reparaciones (convencional o compactado a rodillo) | Rehabilitación | 5-12 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 15

Mantenimiento para desintegraciones por pulimiento

| Pulimento De Agregados | | | | |
|-------------------------------|--|---|--------------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la seguridad. | | | |
| Causas y Consecuencias | El Asfalto será cada vez más liso, y aumentará el riesgo de deslizamiento. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| No se definen niveles | Local/ General | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total). | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | | Tratamiento superficial asfáltico "non skid" | Especial | 3-5 |

| Pulimento De Agregados | | | | |
|-------------------------------|--|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la seguridad. | | | |
| Causas y Consecuencias | El Asfalto será cada vez más liso, y aumentará el riesgo de deslizamiento. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | | Carpeta asfáltica friccionante (open graded). | Especial | 4-6 |
| | | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 |
| | | Ranurado por persecución refleja. | Especial | Variable |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 16

Mantenimiento para huecos

| Huecos | | | | |
|-------------------------------|---|---|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la transitabilidad. Preservar los trabajos de mantenimiento previos. | | | |
| Causas y Consecuencias | Los daños van incrementando su nivel de severidad de acuerdo al tipo de manifestación de que se trate. La presencia de agua acelera el proceso. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| | Local | - Ninguna | | |
| | | - Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 |
| M (Medio) | | - Sellado de fisuras con material bituminoso | Rutinario | 0.5/1.5 |
| | General | - Sellado de la superficie con asfalto líquido y arena o lechada asfáltica. | Rutinario - Periódico | 2-4 |

| Huecos | | | | |
|-------------------------------|---|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la transitabilidad. Preservar los trabajos de mantenimiento previos. | | | |
| Causas y Consecuencias | Los daños van incrementando su nivel de severidad de acuerdo al tipo de manifestación de que se trate. La presencia de agua acelera el proceso. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| H (Alto) | Local | - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente. | Rutinario | 1-3 |
| | | - Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | | - Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente. | Rutinario | 1-3 |
| | General | - Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo s/ necesidades específicas de cada caso. | Mejoramiento | 1-6 |
| | | - Escarificación del pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta o tratamiento asfáltico. | Rehabilitación | 6-10 |
| | | - Mejoramiento condiciones de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes). | Rehabilitación | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 17*Mantenimiento para ahuellamiento*

| Ahuellamiento | | | | |
|-------------------------------|---|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el tiempo aumenta la extensión y la profundidad de Ahuellamiento. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| M (Medio) | Local | - Bacheo superficial nivelante: mezcla en frío / en caliente. | Rutinario | 0.5/1 |
| | | - Bacheo parcial capa asfáltica: mezcla en frío / caliente. | Rutinario | 0.5/2 |
| | General | - Realizar alguno de los mantenimientos ya mencionados. El pavimento requiere probablemente un refuerzo estructural a corto plazo. | Mejoramiento | Variable |
| H (Alto) | Local | - Badén parcial, capa asfáltica: mezcla en frío / en caliente. | Rutinario | 0.5/2 |
| | | - Bacheo profundo; incluyendo posición de base | Rutinario | 1/5 |
| | General | - Perfilado en frío y reposición con recapado con mezcla en caliente. | Especial | 5/7 |
| | | - Preparación previa mediante aplicación de alguno de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 8/10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 18*Mantenimiento para deformaciones por corrimiento*

| Desplazamiento | | | | |
|-------------------------------|-----------------|---|------------------|-------------------------|
| Objetivo | | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | |
| Causas y Consecuencias | | Puede terminar en Huecos. | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| M (Medio) | Local | - Bacheo superficial nivelante: mezcla en frío / en caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | General | - Perfilado en frío | Especial | 3 |
| | | - Perfilado en frío + tratamiento superficial asfáltico o carpeta asfáltica en caliente (alta estabilidad). | Especial | 3-7 |
| H (Alto) | Local | - Badén parcial, capa asfáltica: mezcla en frío / en caliente. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad). | Especial | 5/7 |
| | General | - Perfilado o escarificación de la carpeta asfáltica existente | Rehabilitación | 8/10 |
| | | - Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad). | Rehabilitación | 8/10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 19*Mantenimiento para deformaciones por hinchamiento*

| Hinchamiento | | | | |
|-------------------------------|---|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el aumento de la deformación se perderá la transitabilidad. Generando Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| M (Medio) | | - Ninguna | | |
| | Local | - Perfilado en frío + tratamiento superficial. | Especial | 2-3 |
| | | - Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. | Rutinario | 4-6 |
| | General | - Realizar alguno de los mantenimientos antes mencionados | Mejoramiento | Variable |
| H (Alto) | Local | - Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. | Rutinario | 1/3 |
| | | - Escarificación parcial con pavimento existente reconstrucción con base y carpeta asfáltica o tratamiento asfáltico s/tránsito. | Rehabilitación | 8-10 |
| | General | - Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 8/10 |
| | | - Recomposición o mejoramiento del sistema de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con las técnicas precedentes). | Rehabilitación | 10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 20*Mantenimiento para desprendimiento de agregados*

| Descubrimiento De Agregados (Desprendimiento De Agregados) | | | | |
|---|--|---|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el tiempo y la pérdida de agregado aumenta la permeabilidad. Lo acompañaran Peladura y Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | | - Ninguna | | |
| | General | - Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie. | Rutinario | 2 |
| | | - Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie. | Rutinario | 2 |
| | Local | - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena. | Rutinario | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 |
| M (Medio) | | - Aplicación riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora. | Rutinario | 2 |
| | General | - Sellado de la superficie con material bituminoso y recubrimiento de área. | Rutinario - Periódico | 2-3 |
| | | - Sellado de la superficie con material bituminoso y descubrimiento de arena. | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | | - Bacheo superficial; mezcla asfáltica de frío/en caliente. | Rutinario | 0.5-1.5 |
| | Local | - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena. | Rutinario | 2-3 |
| H (Alto) | | - Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 |
| | General | - Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena. | Rutinario - Periódico | 2-3 |

| Descubrimiento De Agregados (Desprendimiento De Agregados) | | | | |
|---|--|---|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el tiempo y la pérdida de agregado aumenta la permeabilidad. Lo acompañaran Peladura y Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | | - Sellado de la superficie con lechada asfáltica (1 o más aplicaciones). | Rutinario - Periódico | 3-5 |
| | | - Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rutinario - Periódico | 4-6 |
| | | - Recomposición o mejoramiento del sistema de drenaje superficial y/o profundo (en combinación con las técnicas precedentes). | Rutinario - Periódico | 8-10 |

Nota. Irigoyen (2016)

Tabla 21

Mantenimiento para desprendimiento/ peladura

| Descubrimiento Por Peladura (Desprendimiento De Agregados) | | | | |
|---|--|--|------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el tiempo y la pérdida de agregado aumenta la permeabilidad. Lo acompañaran Peladura y Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| L (Bajo) | Local | - Ninguna | | |
| | General | - Ninguna | | |
| H (Alto) | Local | - Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento (según profundidad desprendimiento). | Rutinario | 5-7 |
| | General | - Reparación parcial con hormigón fino o con mortero de cemento (según profundidad de desprendimiento) | Rutinario | 5-7 |

Descubrimiento Por Peladura (Desprendimiento De Agregados)

| | | | | |
|-------------------------------|--|---|-----------------------|-------------------------|
| Objetivo | Conservar la integridad estructural, la seguridad y transitabilidad. | | | |
| Causas y Consecuencias | Con el tiempo y la pérdida de agregado aumenta la permeabilidad. Lo acompañaran Peladura y Huecos. | | | |
| Severidad | Densidad | Alternativa de Mantenimiento | Actividad | Vida Útil (Años) |
| | | - Reparación parcial + recubrimiento con hormigón totalmente adherido | Rehabilitación | 6-10 |
| | | - Bacheo superficial y sellado de superficie con lechada asfáltica. | Rutinario - Periódico | 3-4 |

Nota. Irigoyen (2016)

2.3. Definición de términos

2.4.1. Pavimento

Miranda (2010), define el pavimento como la superficie de rodamiento que enfrenta las demandas del tráfico. Estructuralmente, absorbe esfuerzos y distribuye cargas hacia capas inferiores sin comprometer su integridad.

2.4.2. Condición del pavimento

Grande (2019) define la condición del pavimento como una situación actual de la superficie del pavimento, que abarca aspectos como desgaste, deterioro, agrietamiento y otros posibles defectos.

2.4.3. Índice de condición del pavimento (PCI)

Robles (2015) menciona que es un índice numérico que clasifica la superficie condiciones del pavimento, varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

2.4.4. Método PCI

Tacza (2018) mencionan que este método posibilita la evaluación de pavimentos tanto flexibles como rígidos. Su objetivo es obtener el índice de integridad del pavimento y evaluar la condición operacional de la superficie. Esto facilita la identificación de

necesidades de mantenimiento y reparación basadas en la verdadera condición del pavimento.

2.4.5. Puntuación PCI

Suryoto et al. (2017) entiende a la puntuación PCI como un sistema de puntuación basado en el tipo de estado del pavimento y en el nivel de gravedad de los daños sufridos, empleado como referencia en las tareas de mantenimiento.

2.4.6. Deterioro del pavimento

Picado (2016) habla del deterioro del pavimento como un proceso gradual de desgaste, agrietamiento y deformación de la superficie del pavimento debido al tránsito vehicular, condiciones climáticas y otros factores ambientales.

2.4.7. Mantenimiento preventivo

Los mantenimientos preventivos son Un conjunto de acciones planificadas destinadas a prevenir el deterioro y extender la vida útil del pavimento antes de que se produzcan daños significativos. Muro Rodriguez (2020)

2.4.8. Rehabilitación del pavimento

El mantenimiento tiene como objetivo reparar el deterioro del pavimento al abordar daños significativos. Se enfoca en restaurar el desgaste superficial causado por el tráfico y las condiciones climáticas. Cubas Becerra (2018)

2.4.9. Capacidad de servicio

Ávila (2021) define la capacidad de servicio del pavimento como habilidad de un pavimento para soportar el tráfico de manera segura y eficiente durante su vida útil.

2.4.11. Evaluación visual

Pereira et al. (2018) entienden a una evaluación visual de pavimentos como un proceso en el cual se utilizan escalas visuales o fotografías para llevar a cabo una evaluación subjetiva de la condición de los pavimentos. Este enfoque visual permite una valoración rápida y cualitativa de la integridad de las superficies de pavimentos, facilitando la identificación de necesidades de mantenimiento y reparación.

2.4.13. Vida Útil del pavimento

Vega (2017) asimila la vida útil del pavimento como período de tiempo estimado durante el cual un pavimento puede mantener su capacidad de servicio antes de requerir una reconstrucción completa.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue NO EXPERIMENTAL, según el Manual para el desarrollo de trabajos de investigación de ingeniería. Ya que todos los datos recopilados fueron resultado de eventos sucedidos en un determinado periodo de tiempo y estos no pueden ser manipulados para el alcance del objetivo de la investigación.

3.2. Acciones y actividades

La investigación requirió procedimientos de campo y gabinete para recolectar la información y posteriormente analizarla, almacenarla y procesarla para los cálculos correspondientes.

En primer lugar, consistió en la observación y recolección de datos en distintas fichas técnicas de acuerdo a la metodología del Pavement Condition Index (PCI). La evaluación del pavimento fue realizada en la Av. Jorge Basadre Grohmann en el tramo comprendido entre tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann este, con la avenida teniendo un total de 1.7 kilómetros de longitud. Gracias al uso de la metodología PCI, se estimó una longitud de muestreo de 35 m para una calzada de 6.50 m. La tesis consideró un total de 34 unidades de muestreo (17 tramos de subida y 17 tramos de bajada), y el intervalo de muestreo fue de 3.

Previamente se elaboraron formatos para recojo de datos campo y formatos para hallar los valores de PCI de cada tramo. Con las inspecciones visuales y recojo de datos se procedió a realizar los trabajos de gabinete.

Se tendrá en cuenta la clasificación de las fallas para proponer soluciones para el mantenimiento y conservación del pavimento de acuerdo al documento de Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas De Reparación (Catálogo De Fallas).

3.3. Materiales y/o instrumentos

Herramientas en campo

- Flexómetro de 5 metros.
- Wincha plástica de lino de 50 metros.
- Formatos de campo para registro PCI.
- Nivel de mano
- Pintura en spray.

Herramientas en gabinete

- Microsoft Excel 2019
- AutoCAD 2018
- Google Earth Pro

En la figura 32 se muestran fotografías reales de los instrumentos utilizados en campo que resultaron fundamentales e imprescindibles para las mediciones de campo

Figura 32

Instrumentos de campo utilizados



Nota. En la imagen se ve de izquierda a derecha: flexómetro de 5 metros, Wincha de 50 metros, nivel de mano

3.4. Población y muestra de estudio

- a. Población: Avenida Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre Grohmann Este, la cual cuenta con 1715 metros de longitud.
- b. Muestra: Para la muestra se tomará en cuenta el pavimento de las unidades de muestreo 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 29, 31, 34, 37, 40, 43, 46 y 49 de la Avenida Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre Grohmann Este, las cuales cuentan con 595 metros de longitud.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable dependiente

Condición operacional del pavimento.

Indicadores:

- Calidad del pavimento según las elevaciones y depresiones que afectan la transitabilidad.
- Índice de la integridad estructural.
- Escala de clasificación PCI.
- Determinación del Índice de Estado del Pavimento.

3.5.2. Variable independiente

Evaluación vial

Indicadores:

- Inspección visual del pavimento
- Identificación de anomalías en pavimento flexible
- Estado de la superficie del pavimento
- Valoración de severidad de fallas

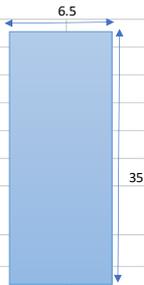
3.6. Procesamiento y análisis de datos

Bajo los procedimientos de recolección de datos de la metodología PCI de pavimentos, se procedió a realizar las inspecciones visuales en campo a fin de realizar las mediciones de correctas de las fallas encontradas en cada unidad de muestreo para ser anotadas en los formatos de recojo de datos previamente elaborados de acuerdo a las áreas calculadas y los niveles de severidad, el conjunto de actividades realizadas en campo permitirá obtener los valores de PCI para cada unidad de muestreo gracias a las actividades realizadas en gabinete, así se obtendrá el estado del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann este.

En la figura 33 y 34 se muestra el formato final utilizado para anotar las mediciones de las fallas y los cálculos de PCI realizados con las consideraciones necesarias.

Figura 34

Formato para hallar los valores del PCI

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--------------|----------------------------|-------------------|---|----------------------|--------------------|------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------|--|--------------------|----------------|-------------|----------------------------------|--------------|----------------------------|------------------|------|------|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|
|  | | UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | | AV. JORGE BASADRE | | | | ABS. IN | | AB.FIN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | UNIDAD MUESTREO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | | | AREA DE UNIDAD: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | | | | | DIAGRAMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="0"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>7. Grieta de borde</td> <td>13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>8. Grieta de reflexión de junta</td> <td>14. Cruce de vía ferrea</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>9. Desnivel carril/berma</td> <td>15. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>11. Parcheo</td> <td>17. Grieta parabólica (slippage)</td> </tr> <tr> <td>6. Depresión</td> <td>12. Pulimento de agregados</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>19. Desprendimientos de agregad</td> </tr> </table> | | | | | | | | 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos | 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | 19. Desprendimientos de agregad |  | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ | | $i = \frac{N}{n}$ | | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td>100-85</td><td>Excelente</td><td></td></tr> <tr><td>85-70</td><td>Muy Bueno</td><td></td></tr> <tr><td>70-55</td><td>Bueno</td><td></td></tr> <tr><td>55-40</td><td>Regular</td><td></td></tr> <tr><td>40-25</td><td>Malo</td><td></td></tr> <tr><td>25-10</td><td>Muy Malo</td><td></td></tr> <tr><td>10-0</td><td>Fallido</td><td></td></tr> </table> | | 100-85 | Excelente | | 85-70 | Muy Bueno | | 70-55 | Bueno | | 55-40 | Regular | | 40-25 | Malo | | 25-10 | Muy Malo | | 10-0 | Fallido | | LONG | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| | | 100-85 | Excelente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85-70 | Muy Bueno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70-55 | Bueno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MEDIA (M) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ALTA (H) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | <p>Número de valores deducidos > 2 (q)</p> <p>Valor deducido más alto = 0</p> <p>Número máximo de Vd (m)= 10.2</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAX. VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | EXCELENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.6.1. Procedimientos de obtención de estado del pavimento

3.6.1.1. Actividades previas de gabinete

a. Revisión del área de estudio

Encontrándose en la zona de recolección de datos se procede a realizar un reconocimiento total de la Avenida en estudio.

La Tabla 22 considera las características geométricas de la vía en estudio.

Tabla 22

Características de la Av. Jorge Basadre Grohmann

| Características de la Vía | |
|---------------------------|--------------------|
| Tipo de vía | Pavimento flexible |
| Longitud total de la vía | 1,7 km |
| Ancho de la calzada | 6,5 m |

En la figura 35 se observa la trayectoria recorrida a lo largo del pavimento en estudio donde se realizaron el levantamiento de fallas en los 1.7 kilómetros de vía.

Figura 35

Vista satelital de Av. Jorge Basadre Grohmann



En la figura 36 se observa la medición realizada para obtener el ancho de la calzada de la Av. Jorge Basadre Grohmann.

Figura 36*Medición de ancho de calzada*

b. Cálculos relacionados a las unidades de muestreo

Primer paso:

Con las características geométricas se encontró una calzada de 6.50 m, entonces se procedió a escoger la longitud de cada unidad de muestreo de acuerdo a la *Tabla 23 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas*.

Tabla 23

Longitud de unidad de muestreo según ancho de calzada

| Ancho de Calzada (m) | Longitud de unidad De Muestreo (m) |
|----------------------|------------------------------------|
| 5,0 | 46,0 |
| 5,5 | 41,8 |
| 6,0 | 38,3 |
| 6,5 | 35,4 |
| 7,3 (máximo) | 31,5 |

El valor de la longitud de unidad de muestreo será de 35 metros.

Segundo paso:

Se procedió a calcular la cantidad de unidades de muestreo a considerarse en la Av. Jorge Basadre Grohmann

$$N = \frac{\text{Longitud total del pavimento}}{\text{Longitud de unidad}} \quad (3)$$

- Longitud total del pavimento: 1715 metros
- Longitud de unidad : 35 metros

$$N = \frac{1715}{35}$$

$$N = 49$$

Las cantidades de unidades de muestreo serán 49.

Tercer paso:

Seguidamente, se procede a calcular la cantidad de unidades de muestreo mínimas necesarias.

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

e: Error admisible en el estimado de PCI de la sección (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades ($\sigma = 10$) Al realizar la inspección inicial, la desviación estándar del PCI para una sección del pavimento se asume como 10 para pavimentos superficiales de pavimento asfáltico

N: 49 unidades de muestreo

$$n = \frac{49 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (49 - 1) + 10^2}$$

$$n \approx 12.25$$

$$n = 13$$

Las cantidades mínimas de unidades de muestreo serán 13 tramos para carril de subida y 13 de carril de bajada Siendo esta una cantidad de muestreo mínima.

Tercer paso:

Se determina el intervalo de unidades de muestreo en la Av. Jorge Basadre Grohmann.

$$i = \frac{N}{n} \quad (5)$$

N: 49 unidades de muestreo

n: 13 unidades mínimas de muestreo

$$i = \frac{49}{13}$$

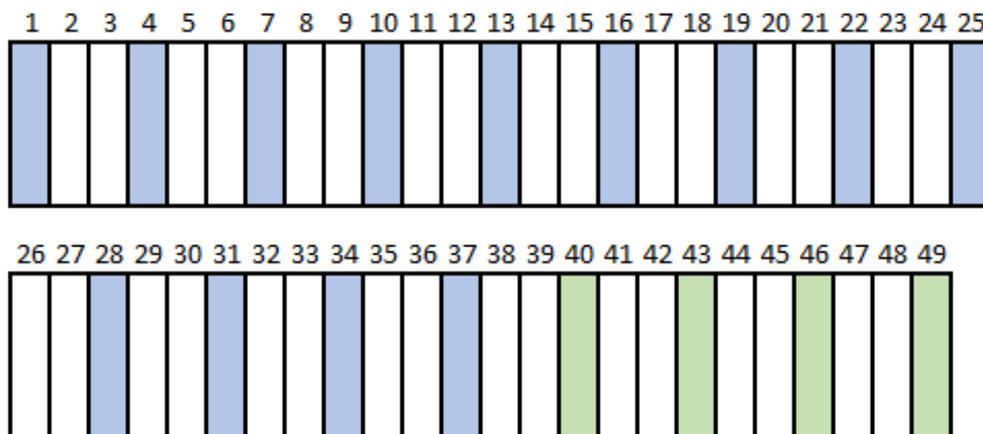
$$i = 3.77$$

$$i \approx 3$$

En la figura 37 se observan los intervalos de muestreo utilizados para 13 unidades de muestreo, en ambos sentidos fueron de 3. Además se tomaron en cuenta 4 tramos adicionales siendo en total 17 tramos de subida y 17 tramos de bajada. Con el objetivo de obtener una mejor distribución de unidades de muestreo más equitativa al total de la vía de estudio.

Figura 37

Esquema de unidades de muestreo



3.6.1.2. Actividades de campo

a. Medición de unidades de muestreo

En la figura 38 se muestra como se hizo uso de una wincha plástica de 50 metros para realizar una medida de 35 metros iniciando desde la abscisa 0+000 m. hasta la abscisa 0+035m. Luego se tomaron intervalos de 70 metros hasta continuar con la abscisa 0+105m y así consecutivamente hasta completar todas las unidades de muestreo consideradas. Con ayuda de pintura en spray se colocaron marcas para denotar los límites de cada tramo.

Figura 38

Medición de tramos de 35 metros



b. Reconocimiento y medición de fallas en el pavimento

Se empezó a realizar las mediciones de cada falla encontrado por cada tramo de unidad de muestreo, las dimensiones fueron anotadas en el Formato para la recolección de datos por el Método del PCI previamente elaborado en gabinete. Las mediciones se realizaron con un flexómetro de 5 metros para mediciones pequeñas y se utilizó una wincha plástica de 50 metros para mediciones mayores. Adicionalmente se tomaron

fotografías panorámicas de cada tramo de estudio para ser insertadas en el formato anteriormente mencionado.

En la figura 39 y 40 se observa a los tesistas realizando las mediciones de fallas para posteriormente se anotadas en las hojas de formato.

Figura 39

Medición de fallas en el pavimento



Figura 40

Apunte de datos en formato



3.6.1.3. Actividades de gabinete para cálculo de PCI

a. Determinación de valores deducidos

Dentro del *Formato para hallar valores del PCO* previamente realizado, se procedió a insertar los valores de áreas de las fallas encontradas en cada tramo y clasificarlas según sus niveles de severidad (Baja, Media y Alta). Con las áreas totales de cada tipo de daño se procede a calcular sus respectivas densidades. Haciendo uso de las *Curvas de Valores Deducidos para Asfalto*, se ubica en los ejes horizontales los valores de densidad para hacer un punto de encuentro con las curvas de niveles de severidad (H, M, L), finalmente obteniendo los valores deducidos de los ejes verticales.

b. Corrección del valor deducido

Con los valores deducidos para cada tipo de fallas anteriormente obtenidas se procede obtener un número máximo de valores deducidos:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV) \quad (6)$$

- HDV: Valor deducido más alto

Posteriormente haciendo uso de la *Curva de Corrección del Valor Deducido* se ubica en el eje horizontal los valores deducidos para hacer un punto de encuentro con las curvas "q" (1,2,3,4), obteniendo en el eje vertical los valores deducidos corregidos.

c. Cálculo del Índice de condición del pavimento

Con los valores deducidos corregidos se selecciona el máximo valor para utilizarlo en la fórmula:

$$PCI = 100 - Máx.VDC \quad (7)$$

- *Máx. VDC: Máximo valor deducido corregido*

Con el valor de PCI obtenido se ubica el resultado dentro de la Tabla 24 de los siete rangos de PCI.

Tabla 24*Rangos de calificación del PCI*

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

Nota. El nivel del PCI tiene un rango de 0 a 100 y su clasificación se representa en la tabla en rango específicos, Vásquez (2002)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Después de terminada la recopilación en campo de la información y medición de las unidades de muestreo seleccionadas en el sentido de bajada en el pavimento de la Av. Jorge Basadre Grohmann, se determinó las áreas que representan cada falla recopilada en los formatos de recolección de datos elaborado para la presente tesis. Con los valores deducidos individuales (VD), los valores deducidos corregidos (VDC), el número de valores deducidos (q) que superan el umbral de 2, y finalmente, utilizando el valor deducido total junto con el máximo VDC, se calculó los valores de PCI.

En la figura 41 se muestran delimitadas las 17 unidades muestrales o áreas en la avenida para tener una secuencia equitativa de las unidades de muestra. Se ha definido como red de pavimento, con una longitud de 1.7 kilómetros lineales con dos carriles en sentidos diferentes de pavimento flexible que corresponden a la Avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Gustavo Pinto -Av. Jorge Basadre Grohmann Este, como se muestra a continuación:

Figura 41

Progresivas finales de unidades de muestreo



Figura 43

UM-02 (bajada): Abs. 0+105 m. – 0+140 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------------|---|--|--|-------------------|-------------|------------------------|----------------------|-----------------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | | | ABS. IN | 0+ 105.00 m | AB.FIN | 0+ 140.00 m | | | | | | |
| FECHA: | 19/08/2023 | | | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 2 - BAJADA | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía ferrea 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimientos de agregad | | | | |  | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$ | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 7 | | 13 | | 1 | | 10 | | 19 | | | |
| | | Grieta en borde | | Huecos | | Piel de cocodrilo | | Grietas longitudinales | | Desp. Agregados | | | |
| | | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | LONG | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 100-85 | Excelente | | | | | | | | | | | | |
| 85-70 | Muy Bueno | 10.5 | H | 1 | L | 178.5 | L | 6.5 | M | 28 | M | | |
| 70-55 | Bueno | | | 1 | M | | | 5.2 | M | 17.5 | M | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | 19.25 | M | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallado | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | | 1 | | 178.5 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 0 | | 1 | | 0 | | 11.7 | | 64.75 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 10.5 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 1 | L | 178.5 | 78% | 59 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 59 Número máximo de Vd (m) = 4.8 | | | | | | | | |
| 7 | H | 10.5 | 5% | 15 | | | | | | | | | |
| 10 | M | 11.7 | 5% | 12 | | | | | | | | | |
| 13 | L | 1 | 0% | 11 | | | | | | | | | |
| 13 | M | 1 | 0% | 18 | | | | | | | | | |
| 19 | M | 64.75 | 28% | 29 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC | | | | |
| 1 | 59 | 29 | 18 | 15 | 9.6 | | 130.6 | 5 | 68 | | | | |
| 2 | 59 | 29 | 18 | 15 | 2 | | 123 | 4 | 70 | | | | |
| 3 | 59 | 29 | 18 | 2 | 2 | | 110 | 3 | 70 | | | | |
| 4 | 59 | 29 | 2 | 2 | 2 | | 94 | 2 | 67 | | | | |
| 5 | 59 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 67 | 1 | 67 | | | | |
| | | | | | | | | | MAX. VDC | 70 | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | |
| | | | | | | | | | PCI = | 30 | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | MALO | | | | |

Figura 45

UM-04 (bajada): Abs. 0+315 m. – 0+350 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|---|----------------|-------------------------------------|--|-----------|-------|------------------------|-------|---------|-------|-----|-------|---------|------|--------|---|----|--|--|--|----|--|----|--|----|--|--|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 315.00 m | AB.FIN | 0+ 350.00 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 4 - BAJADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel caril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | | | | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td>100-85</td><td>Excelente</td></tr> <tr><td>85-70</td><td>Muy Bueno</td></tr> <tr><td>70-55</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>55-40</td><td>Regular</td></tr> <tr><td>40-25</td><td>Mal</td></tr> <tr><td>25-10</td><td>Muy Mal</td></tr> <tr><td>10-0</td><td>Pésimo</td></tr> </table> | 100-85 | Excelente | | | | 85-70 | Muy Bueno | 70-55 | Buena | 55-40 | Regular | 40-25 | Mal | 25-10 | Muy Mal | 10-0 | Pésimo | 7 | 10 | | | | 19 | | 13 | | 12 | | |
| | 100-85 | Excelente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85-70 | Muy Bueno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70-55 | Buena | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40-25 | Mal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25-10 | Muy Mal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Pésimo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Grieta en borde | | Grietas longitudinales | | Desp. Agregados | | Huecos | | Pulimento de agregados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AREA | SEV. | LONG. | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10.5 | M | 6.5 | M | 17.5 | M | 1 | H | 105 | L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10.5 | L | 7 | L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 10.5 | 7 | 0 | 0 | 105 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MEDIA (M) | 10.5 | 6.5 | 17.5 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ALTA (H) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | Número de valores deducidos > 2 (q) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | L | 10.5 | 5% | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | M | 10.5 | 5% | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | L | 7 | 3% | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | M | 6.5 | 3% | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | L | 105 | 46% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | H | 1 | 0% | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | M | 17.5 | 8% | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Valor deducido más alto = 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Número máximo de Vd (m) = 6.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | | | VDT | q | VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 37 | 15 | 10 | 8 | 5 | 2 | 0 | 77 | 7 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 37 | 15 | 10 | 8 | 5 | 2 | 2 | 79 | 6 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 37 | 15 | 10 | 8 | 5 | 2 | 2 | 79 | 5 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 37 | 15 | 10 | 8 | 2 | 2 | 2 | 76 | 4 | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 37 | 15 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 70 | 3 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 37 | 15 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 62 | 2 | 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 37 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 49 | 1 | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | MAX. VDC | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | PCI = | 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | REGULAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 46

UM-05 (bajada): Abs. 0+420 m. – 0+455 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|--|----------------|--|-----------------|----------------------|------------------------|------|--|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 420.00 m | AB.FIN | 0+ 455.00 m | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 5 - BAJADA | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregados | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | |
| | | 7 | 13 | 19 | 12 | | | | | |
| | | Grieta en borde | | Huecos | | Desp. Agregados | | Pulimento de agregados | | |
| | | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | |
| 100-85 | Excelente | 10.5 | L | 13 | H | 2.64 | M | 157.5 | M | |
| 85-70 | Muy Bueno | 10.5 | H | | | 18.18 | M | | | |
| 70-55 | Bueno | | | | | 19.2 | M | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallado | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 10.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | MEDIA (M) | 0 | 0 | 40.02 | 157.5 | 0 | 0 | 0 | |
| | | ALTA (H) | 10.5 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | |
| 7 | L | 10.5 | 5% | 5 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 92 Número máximo de Vd (m) = 1.7 | | | | | |
| 7 | H | 10.5 | 5% | 15 | | | | | | |
| 12 | M | 157.5 | 69% | 0 | | | | | | |
| 13 | H | 13 | 6% | 92 | | | | | | |
| 19 | M | 40.02 | 18% | 24 | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | |
| 1 | 92 | 16.8 | | | 108.8 | 2 | 76 | | | |
| 2 | 92 | 2 | | | 94 | 1 | 94 | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 94 | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | |
| | | | | | | | PCI = | 6 | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | FALLADO | | | |

Figura 47

UM-06 (bajada): Abs. 0+525 m. – 0+560 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|-----------------|--|--------|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 525.00 m | AB.FIN | 0+ 560.00 m | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 6 - BAJADA | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 7 | 19 | | 13 | | | | | | | | |
| | | Grieta en borde | | Desp. Agregados | | Huecos | | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 85-70 | Muy Bueno | 10.5 | M | 28 | H | 168 | M | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | 10.5 | M | 27.3 | H | 7 | M | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | 85.4 | M | 1 | M | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | 7 | M | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 21 | | 85.4 | | 183 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 0 | | 55.3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 7 | M | 21 | 9% | 13 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 100 Número máximo de Vd (m)= 1.0 | | | | | | | | |
| 13 | M | 183 | 80% | 100 | | | | | | | | | |
| 19 | M | 85.4 | 38% | 31 | | | | | | | | | |
| 19 | H | 55.3 | 24% | 60 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | | | | | | | |
| 1 | 100 | | | | 100 | 1 | 100 | | | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 100 | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 0 | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | FALLADO | | | | | | |

Figura 48

UM-07 (bajada): Abs. 0+630 m. – 0+665 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|---|----------------|--|---|---|------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 630.00 m | AB.FIN | 0+ 665.00 m | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 7 - BAJADA | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | | | NÚMERO MÁXIMO DE VD |  | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | | | | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ | | | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | Pulimento de agregados | | | | Exudación | | | | | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | AREA | | | | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 85-70 | Muy Bueno | 14 | | | | M | 34.2 | M | | | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | 45.5 | | | | M | | | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | 14 | | | | L | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | 7 | | | | L | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 21 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | | | |
| | MEDIA (M) | 59.5 | | 34.2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | | | |
| | ALTA (H) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 15 Número máximo de Vd (m) = 8.8 | | | | | | | | | | | |
| 2 | M | 34.2 | 15% | 15 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | L | 21 | 9% | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | M | 59.5 | 26% | 0 | | | | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | | | | |
| 1 | 15 | 0 | 0 | | 15 | 3 | 6 | | | | | | | | | |
| 2 | 15 | 0 | 2 | | 17 | 2 | 12 | | | | | | | | | |
| 3 | 15 | 2 | 2 | | 19 | 1 | 15 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 15 | | | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 85 | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | MUY BUENO | | | | | | | | | |

Figura 49

UM-08 (bajada): Abs. 0+735 m. – 0+770 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|---|--|---|---------------|-------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | | | ABS. IN | 0+ 735.00 m | AB.FIN | 0+ 770.00 m | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | | | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 8 - BAJADA | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía ferrea 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimientos de agregad | | | | |  | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N - 1) + \sigma^2}$ | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | 12 | | 1 | | 15 | | 2 | | | | | |
| 100-85 | | Pulimento de agregados | | Piel de cocodrilo | | Ahuellamiento | | Exudación | | | | | |
| 85-70 | | AREA | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 70-55 | | 227.5 | M | 227.5 | M | 28 | L | 0.07 | M | 0.08 | M | | |
| 55-40 | | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 0 | | 28 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | MEDIA (M) | 227.5 | 227.5 | | 0 | | 0.15 | | 0 | | 0 | |
| | | ALTA (H) | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 1 | M | 227.5 | 100% | 78 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 78 Número máximo de Vd (m)= 3.0 | | | | | | | | |
| 2 | M | 0.15 | 0% | 1 | | | | | | | | | |
| 12 | M | 227.5 | 100% | 0 | | | | | | | | | |
| 15 | L | 28 | 12% | 28 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | |
| 1 | 78 | 28 | 1 | | 107 | 3 | 68 | | | | | | |
| 2 | 78 | 28 | 2 | | 108 | 2 | 74 | | | | | | |
| 3 | 78 | 2 | 2 | | 82 | 1 | 81 | | | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 81 | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 19 | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | MUY MALO | | | | | | |

Figura 50

UM-09 (bajada): Abs. 0+840 m. – 0+875 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|----------------|-------------------------------------|-------|------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 840.00 m | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | AB.FIN | 0+ 875.00 m | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 9 - BAJADA | | | | | | | | | | | | | |
| | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | 2 | | | 12 | | | | | | | | |
| | | Huecos | | | Exudación | | | Pulimento de agregados | | | | | | | | |
| | | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | |
| 100-85 | Excelente | 4 | M | 0.04 | M | 227.5 | M | | | | | | | | | |
| 85-70 | Muy Bueno | 5 | M | | | | | | | | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | 1 | M | | | | | | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| | MEDIA (M) | 10 | | 0.04 | | 227.5 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| | ALTA (H) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | | | | |
| 2 | M | 0.04 | 0% | 1 | Número de valores deducidos > 2 (q) | | | | | | | | | | | |
| 12 | M | 227.5 | 100% | 0 | Valor deducido más alto = | | | | | | | | | | | |
| 13 | M | 10 | 4% | 66 | 66 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Número máximo de Vd (m)= | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 4.1 | | | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | | | | |
| 1 | 66 | 1 | 0 | | 67 | 3 | 43 | | | | | | | | | |
| 2 | 66 | 1 | 2 | | 69 | 2 | 51 | | | | | | | | | |
| 3 | 66 | 2 | 2 | | 70 | 1 | 67 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | MAX. VDC | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 67 | | | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | | | | |
| | | | | | | | | PCI = | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 33 | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | MALO | | | | | | | | |

Figura 54

UM-13 (bajada): Abs. 1+260 m. – 1+295 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|------------------------|--|------|---|------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 1+260.00 m | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/26/2023 | AB.FIN | 1+295.00 m | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 13 - BAJADA | | | | | | | | | | |
| | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | 12 | | | | | | | | | |
| | | Huecos | | Pulimento de agregados | | | | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 85-70 | Muy Bueno | 19.00 | L | 227.50 | M | | | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | 1.00 | H | | | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 19 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 0 | | 227.5 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 12 | M | 227.50 | 100% | 0 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 58 Número máximo de Vd (m) = 4.9 | | | | | | | | |
| 13 | L | 19 | 8% | 58 | | | | | | | | | |
| 13 | H | 1 | 0% | 37 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | |
| 1 | 58 | 37 | 0 | | 95 | 3 | 61 | | | | | | |
| 2 | 58 | 37 | 2 | | 97 | 2 | 69 | | | | | | |
| 3 | 58 | 2 | 2 | | 62 | 1 | 62 | | | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 69 | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI = 31 | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | MALO | | | | | | |

Figura 56

UM-15 (bajada): Abs. 1+470 m. – 1+505 m.

|  | | UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | FAING-EPIC | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------------|---|---|-------------------------------------|------------------------|------------|-----------|-------------------------------|-----------------|------|-------------------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | | AV. JORGE BASADRE | | ABS. IN | 1+470.00 m | AB.FIN | 1+505.00 m | | | | | | |
| FECHA: | | 8/26/2023 | | UNIDAD MUESTREO: | | TRAMO 15 - BAJADA | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | AREA DE UNIDAD: | | 227.50 M2 | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía férrea 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimientos de agregado | | | |  | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | 13 | | 12 | | 2 | | 7 | | 1 | |
| | | Ahuellamiento | | Huecos | | Pulimento de agregados | | Exudación | | Grieta en borde | | Piel de cocodrilo | |
| | | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| | | 31.5 | L | 20 | L | 0.67 | M | 0.12 | L | 15.75 | M | 66 | L |
| | | 31.5 | L | | | | | | | 10.5 | H | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 63 | 20 | | 0 | | 0.12 | | 0 | | 66 | |
| | | MEDIA (M) | 0 | 0 | | 0.67 | | 0 | | 15.75 | | 0 | |
| | | ALTA (H) | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 10.5 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 1 | L | 66 | 29% | 46 | Número de valores deducidos > 2 (q) | | | | | | | | |
| 2 | L | 0.12 | 0% | 0 | | | | | | | | | |
| 7 | M | 15.75 | 7% | 11 | | | | | | | | | |
| 7 | H | 10.5 | 5% | 15 | Valor deducido más alto = | | | | | | | | |
| 12 | M | 0.67 | 0% | 0 | 57 | | | | | | | | |
| 13 | L | 20 | 9% | 57 | Número máximo de Vd (m)= | | | | | | | | |
| 15 | L | 63 | 28% | 39 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | | VDT | q | VDC | | | | |
| 1 | 57 | 46 | 39 | 15 | 9.9 | | 166.9 | 5 | 84 | | | | |
| 2 | 57 | 46 | 39 | 15 | 2 | | 159 | 4 | 87 | | | | |
| 3 | 57 | 46 | 39 | 2 | 2 | | 146 | 3 | 87 | | | | |
| 4 | 57 | 46 | 2 | 2 | 2 | | 109 | 2 | 74 | | | | |
| 5 | 57 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 65 | 1 | 66 | | | | |
| | | | | | | | | | MAX. VDC | 87 | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ | | | | |
| | | | | | | | | | PCI = | 13 | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | MUY MALO | | | | |

Figura 57

UM-16 (bajada): Abs. 1+575 m. – 1+610 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|--|----------------|---|---------------|----------------------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 1+575.00 m | AB.FIN | 1+610.00 m | | | | | | |
| FECHA: | 8/26/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 17 - BAJADA | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía férrea | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregados | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | |
| | | 9 | | 13 | | 15 | | | | | |
| | | Desnivel carril | | Huecos | | Ahuellamiento | | | | | |
| | | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 100-85 | Excelente | 24.5 | H | 25 | H | 28 | M | | | | |
| 85-70 | Muy Bueno | | | 1 | M | 28.35 | L | | | | |
| 70-55 | Buena | | | 7 | L | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Mala | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Mala | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallado | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 7 | | 28.35 | | 0 | | 0 | 0 |
| | | MEDIA (M) | 0 | 1 | | 28 | | 0 | | 0 | 0 |
| | | ALTA (H) | 24.5 | 25 | | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | |
| 9 | H | 24.5 | 11% | 14 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 100 Número máximo de Vd (m) = 1.0 | | | | | | |
| 13 | L | 7 | 3% | 45 | | | | | | | |
| 13 | M | 1 | 0% | 18 | | | | | | | |
| 13 | H | 25 | 11% | 100 | | | | | | | |
| 15 | L | 28.35 | 12% | 28 | | | | | | | |
| 15 | M | 28 | 12% | 47 | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | |
| 1 | 100 | | | | 100 | 1 | 100 | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 100 | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 0 | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | FALLADO | | | | |

El trabajo de campo y la recolección de datos con los posteriores trabajos de gabinete realizados arrojan los siguientes resultados. Con los resultados obtenidos se determina el Nivel de Servicio en el Tramo de Estudio.

En la Tabla 25 se muestran los resultados de valor y condición operacional del pavimento estudiado, se realizó a partir de los resultados obtenidos en cada unidad de muestreo según los resultados de la metodología empleada.

Tabla 25

Resumen de resultados del PCI – tramos de bajada

| Av. Jorge Basadre Grohmann - Bajada | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Sentido | Und. Muestreo | Abs. Inicial (km) | Abs. Final (km) | Longitud (m) | PCI | Condición |
| Bajada | Tramo 1 | 0+ 0.00 m | 0+ 35.00 m | 35.00 | 8 | Fallado |
| Bajada | Tramo 2 | 0+ 105.00 m | 0+ 140.00 m | 35.00 | 30 | Malo |
| Bajada | Tramo 3 | 0+ 210.00 m | 0+ 245.00 m | 35.00 | 1 | Fallado |
| Bajada | Tramo 4 | 0+ 315.00 m | 0+ 350.00 m | 35.00 | 53 | Regular |
| Bajada | Tramo 5 | 0+ 420.00 m | 0+ 455.00 m | 35.00 | 6 | Fallado |
| Bajada | Tramo 6 | 0+ 525.00 m | 0+ 560.00 m | 35.00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 7 | 0+ 630.00 m | 0+ 665.00 m | 35.00 | 85 | Muy Bueno |
| Bajada | Tramo 8 | 0+ 735.00 m | 0+ 770.00 m | 35.00 | 19 | Muy Malo |
| Bajada | Tramo 9 | 0+ 840.00 m | 0+ 875.00 m | 35.00 | 33 | Malo |
| Bajada | Tramo 10 | 0+ 945.00 m | 0+ 980.00 m | 35.00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 11 | 1+050.00 m | 1+085.00 m | 35.00 | 10 | Fallado |
| Bajada | Tramo 12 | 1+155.00 m | 1+190.00 m | 35.00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 13 | 1+260.00 m | 1+295.00 m | 35.00 | 31 | Malo |
| Bajada | Tramo 14 | 1+365.00 m | 1+400.00 m | 35.00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 15 | 1+470.00 m | 1+505.00 m | 35.00 | 13 | Muy Malo |
| Bajada | Tramo 16 | 1+575.00 m | 1+610.00 m | 35.00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 17 | 1+680.00 m | 1+715.00 m | 35.00 | 27 | Malo |
| Promedio | | | | | 30.88 | Malo |

La tabla presenta la evaluación del estado del pavimento en sentido de bajada utilizando el PCI. Los valores del PCI van de 0 (condición muy deficiente) a 100 (condición excelente). Los valores de PCI arrojan un promedio de 30.88 significando un estado MALO.

Las figuras 59 y 60 presentan la dispersión de valores de la evaluación de pavimento en sentido de bajada utilizando el Pavement Condition Index (PCI). La mayoría de los tramos se encuentran en condiciones "Fallado" o "Malo".

Figura 59

Gráfico de dispersión valores de PCI – bajada

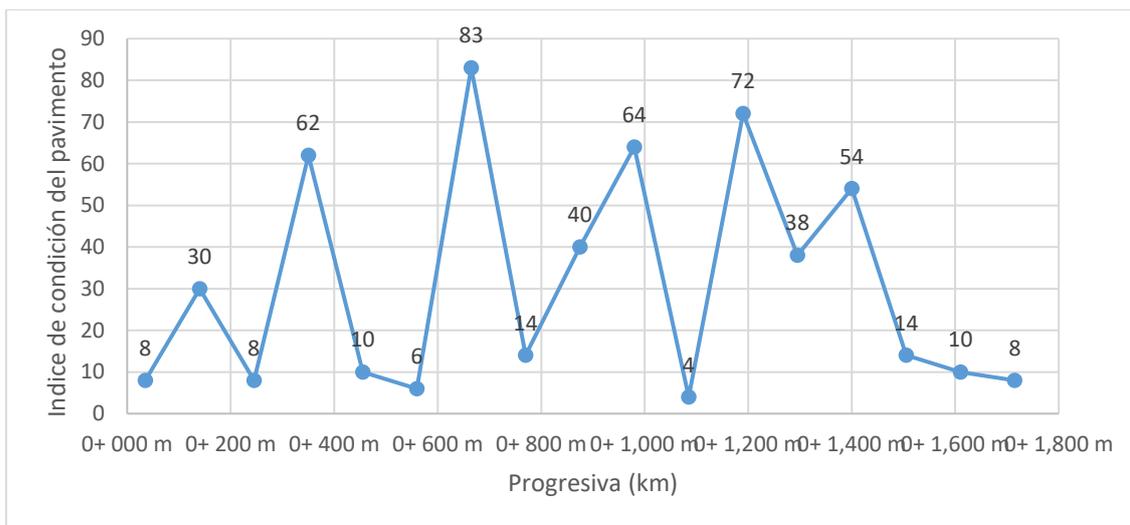
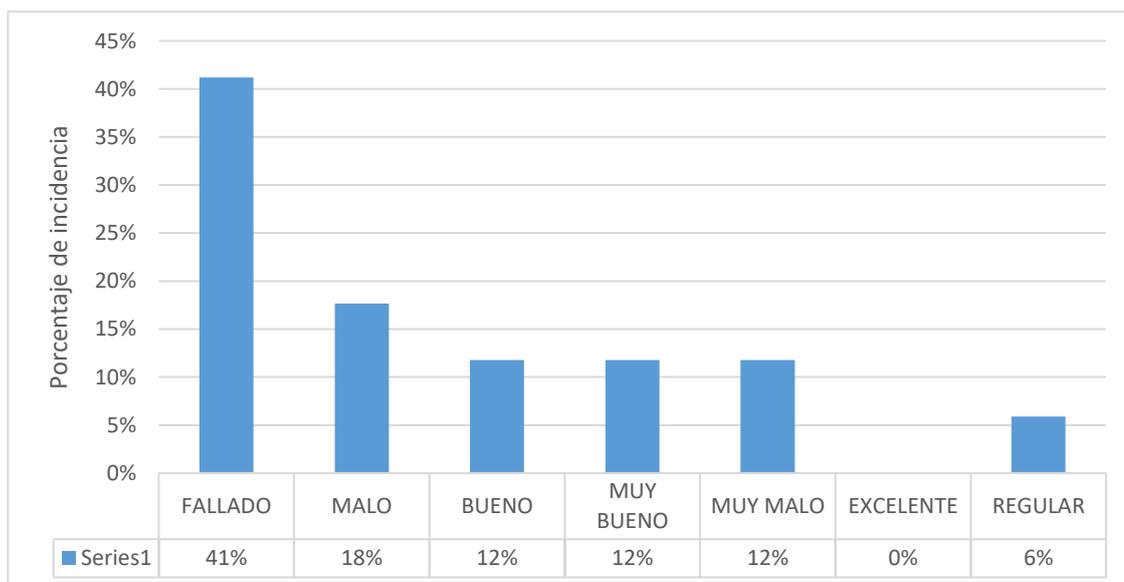


Figura 60

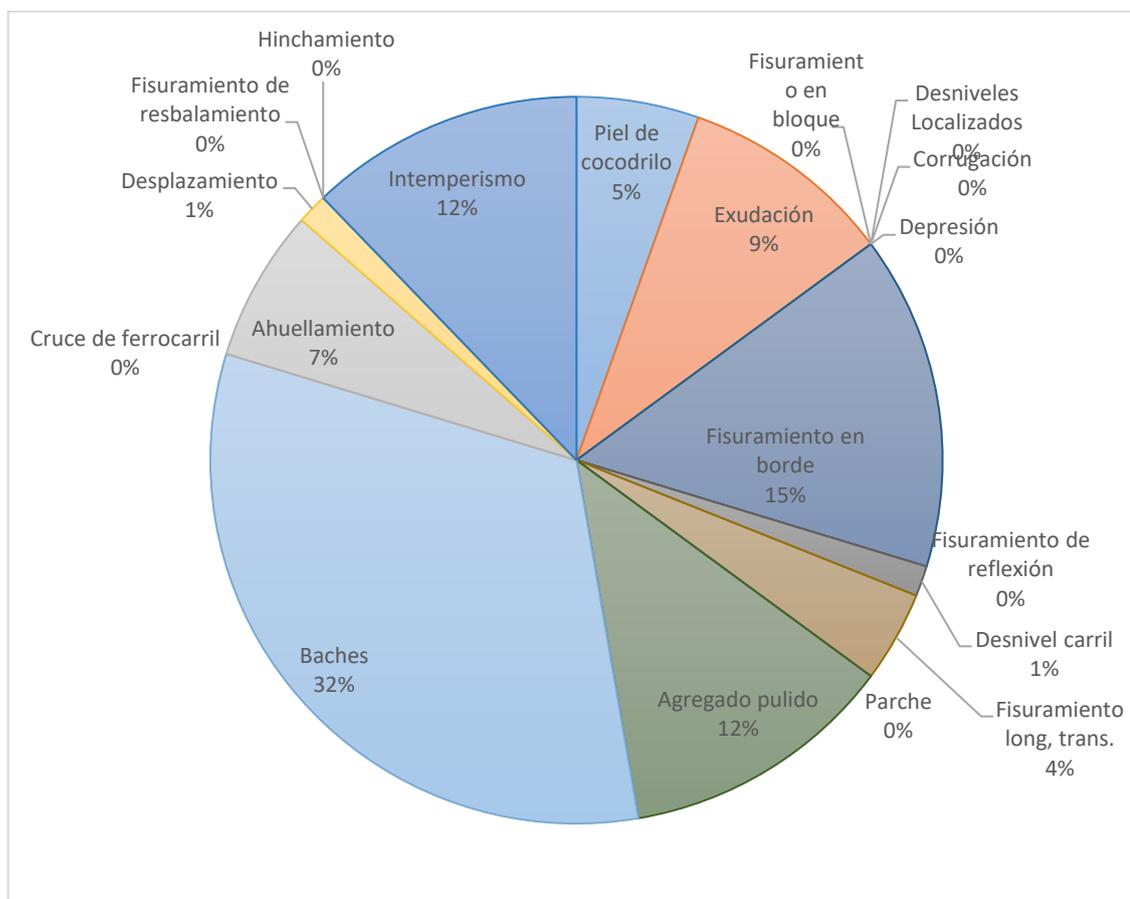
Porcentaje de Incidencia en rango PCI – bajada



La figura 61 muestra un diagrama muestra las fallas más comunes encontradas en la evaluación del pavimento en sentido de bajada. Los porcentajes reflejan la prevalencia de cada tipo de falla en la carretera. Los "Huecos" son la falla más predominante

Figura 61

Porcentaje de fallas en la vía – bajada



4.2. Resultados de PCI en tramos de subida

De la misma manera que el tramo de Bajada los datos obtenidos como producto de los trabajos realizados en campo, fueron determinados en gabinete y se analizaron los resultados basados en los criterios y metodologías del Pavement Condition Index (PCI) y otras bases teóricas relacionadas a la presente investigación.

Figura 65

UM-04 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|---|--|---|-------------|------|---|------|------|------|--|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 315.00 m | AB.FIN | 0+ 350.00 m | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 4 - SUBIDA | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | 2 | | 5 | | | | | | |
| | | Huecos | | Exudación | | Corrugación | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | CANT. | SEV. | LONG. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | |
| 85-70 | Muy Bueno | 1 | M | 0.27 | L | 7.8 | L | | | | | |
| 70-55 | Bueno | 1 | M | | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 0.27 | | 7.8 | | 0 | | 0 | | |
| | | MEDIA (M) | 2 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| | | ALTA (H) | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | |
| 2 | L | 0.27 | 0% | 0 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 29 Número máximo de Vd (m)= 7.5 | | | | | | | |
| 5 | L | 7.8 | 3% | 7 | | | | | | | | |
| 13 | M | 2 | 1% | 29 | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDT | q | VDC | | | | |
| 1 | 29 | 7 | | | | 36 | 2 | 27 | | | | |
| 2 | 29 | 2 | | | | 31 | 1 | 31 | | | | |
| | | | | | | | | MAX. VDC | 31 | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI = 69 | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | BUENO | | | | |

Figura 66

U M-05 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------------|---|---|--|---------|-------------------------------|------------------------|------|------|------|-------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 420.00 m | AB.FIN | 0+ 455.00 m | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 5 - SUBIDA | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía ferrea 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimientos de agregad | | | |  | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | 7 | | 11 | | 12 | | | | | |
| | | Huecos | | Grieta en borde | | Parcheo | | Pulimento de agregados | | | | | |
| | | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. |
| 100-85 | | 6 | H | 6.48 | m | 7.62 | m | 5.4 | L | | | | |
| 85-70 | | 19 | H | | | | | | | | | | |
| 70-55 | | | | | | | | | | | | | |
| 55-40 | | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | MEDIA (M) | 0 | 6.48 | 7.62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ALTA (H) | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 7 | M | 6.48 | 3% | 8 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 100 Número máximo de Vd (m)= 1.0 | | | | | | | | |
| 11 | M | 7.62 | 3% | 19 | | | | | | | | | |
| 12 | L | 5.4 | 2% | 0 | | | | | | | | | |
| 13 | H | 25 | 11% | 100 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | |
| 1 | 100 | | | | 100 | 1 | 100 | | | | | | |
| | | | | | | | MAX. VDC | 100 | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 0 | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | FALLADO | | | | | | |

Figura 67

UM -06 (subida): Abs. 0+315 m. – 0+350 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|-------------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 0+ 525.00 m | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | AB.FIN | 0+ 560.00 m | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 6 - SUBIDA | | | | | | | | | | |
| | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | 12 | | | | | | | | | | |
| | | <i>Desp. Agregados</i> | | <i>Pulimento de agregados</i> | | | | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | AREA | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 85-70 | Muy Bueno | 192 | M | 0.77 | L | | | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | | | 1.12 | M | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | | 0.77 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 192 | | 1.12 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 12 | L | 0.77 | 0% | 0 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 40 Número máximo de Vd (m)= 6.5 | | | | | | | | |
| 12 | M | 1.12 | 0% | 0 | | | | | | | | | |
| 19 | M | 192 | 84% | 40 | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | VDT | q | VDC | | | | | | | |
| 1 | 40 | | | 40 | 1 | 40 | | | | | | | |
| | | | | | | MAX. VDC | 40 | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI = 60 | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | BUENO | | | | | | | |

Figura 69

UM-08 (subida): Abs. 0+735 m. – 0+770 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|--|---|----------------------|----------|------|------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | | | ABS. IN | 0+ 735.00 m | AB.FIN | 0+ 770.00 m | | | | | | |
| FECHA: | 8/19/2023 | | | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 8 - SUBIDA | | | | | | | | |
| 227 | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | | 7. Grieta de borde | | 13. Huecos | |  | | | | | | | |
| 2. Exudación | | 8. Grieta de reflexión de junta | | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | | 9. Desnivel carril/berma | | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | | 10. Grietas longitudinales y transversales | | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | | 11. Parcheo | | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | | 12. Pulimento de agregados | | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | |
| | | | | 19. Desprendimientos de agregad | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ | | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | 7 | | | | | | | |
| | | Pulimento de agregados | | | | Grieta en borde | | | | | | | |
| | | AREA | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 100-85 | Excelente | 2.56 | L | 0.48 | M | | | | | | | | |
| 85-70 | Muy Bueno | | | | | | | | | | | | |
| 70-55 | Bueno | | | | | | | | | | | | |
| 55-40 | Regular | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 2.56 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 0 | | 0.48 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | |
| 7 | M | 0.48 | 0% | 4 | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = 4 Número máximo de Vd (m)= 9.8 | | | | | | | | |
| 12 | L | 2.56 | 1% | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | q | VDC | | | | | | |
| 1 | 4 | | | | 4 | 1 | 4 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | MAX. VDC | 4 | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | | |
| | | | | | | | PCI = | 96 | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | EXCELENTE | | | | | | |

Figura 75

UM-14 (subida): Abs. 1+365 m. – 1+400 m.

|  | | UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | FAING-EPIC | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------------|---|---------|---|--------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | | AV. JORGE BASADRE | | | ABS. IN | 1+365.00 m | | AB.FIN | 1+400.00 m | | | | |
| FECHA: | | 8/26/2023 | | | UNIDAD MUESTREO: | | TRAMO 14 - SUBIDA | | | | | | |
| REALIZADO POR: | | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | | | AREA DE UNIDAD: | | 227.50 M2 | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | | | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía férrea 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimientos de agregado | | | | |  | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | | UNIDADES DE MUESTRA | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ | | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | | 11 | | 2 | | 19 | | | | | |
| | | Grietas longitudinales | | Parcheo | | Exudación | | Desp. Agregados | | | | | |
| | | LONG | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 100-85 Excelente | | 6 | M | 2.04 | M | 0.42 | H | 2.88 | H | | | | |
| 85-70 Muy Bueno | | | | | | | | | | | | | |
| 70-55 Bueno | | | | | | | | | | | | | |
| 55-40 Regular | | | | | | | | | | | | | |
| 40-25 Malo | | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 Muy Malo | | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 Fallado | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | MEDIA (M) | 6 | 2.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | ALTA (H) | 0 | 0 | 0.42 | 2.88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | | SEVERIDAD | | TOTAL | | DENSIDAD (%) | | VALOR DEDUCIDO | | | | | |
| 2 | | H | | 0.42 | | 0% | | 2 | | Número de valores deducidos > 2 (q) | | | |
| 10 | | M | | 6 | | 3% | | 7 | | | | | |
| 11 | | M | | 2.04 | | 1% | | 9 | | Valor deducido más alto = | | | |
| 19 | | H | | 2.88 | | 1% | | 17 | | 17 | | | |
| | | | | | | | | | | Número máximo de Vd (m)= | | | |
| | | | | | | | | | | 8.6 | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDT | | | q | VDC | | | |
| 1 | 17 | 9 | 7 | 2 | | | | 35 | 4 | 16 | | | |
| 2 | 17 | 9 | 7 | 2 | | | | 35 | 3 | 20 | | | |
| 3 | 17 | 9 | 2 | 2 | | | | 30 | 2 | 22 | | | |
| 4 | 17 | 2 | 2 | 2 | | | | 23 | 1 | 23 | | | |
| | | | | | | | | | | MAX. VDC | | 23 | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | $PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ | | | | |
| | | | | | | | | | PCI = | | 77 | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | MUY BUENO | | | | |

Figura 76

UM-15 (subida): Abs. 1+470 m. – 1+505 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|--------------|------|---------------------------|-------|----------------------|----------------|-------------------------------------|------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 1+470.00 m | | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/26/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 15 - SUBIDA | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregado | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | 12 | 11 | 10 | 7 | 13 | | | | | | | |
| 100-85 | Excelente | Pulimento de agregados | | Parcheo | | Grietas longitudinales | | Grieta en borde | | Huecos | | | |
| 85-70 | Muy Bueno | AREA | SEV. | AREA | SEV. | LONG | SEV. | AREA | SEV. | CANT. | SEV. | AREA | SEV. |
| 70-55 | Bueno | 19.25 | M | 1.21 | L | 2.35 | H | 3.5 | M | 6 | M | | |
| 55-40 | Regular | | | | | 1.88 | H | 10.5 | M | | | | |
| 40-25 | Malo | | | | | | | | | | | | |
| 25-10 | Muy Malo | | | | | | | | | | | | |
| 10-0 | Fallido | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 0 | | 1.21 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | MEDIA (M) | 19.25 | | 0 | | 0 | | 14 | | 6 | | 0 | |
| | ALTA (H) | 0 | | 0 | | 4.23 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | TIPO DE DAÑO | | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD (%) | VALOR DEDUCIDO | Número de valores deducidos > 2 (q) | | | |
| 7 | | M | 14 | 6% | 11 | Valor deducido más alto = | | | | | | | |
| 10 | | H | 4.23 | 2% | 13 | 52 | | | | | | | |
| 11 | | L | 1.21 | 1% | 1 | Número máximo de Vd (m)= | | | | | | | |
| 12 | | M | 19.25 | 8% | 0 | 5.4 | | | | | | | |
| 13 | | M | 6 | 3% | 52 | | | | | | | | |
| Nro | VALORES DEDUCIDOS | | | | | VDT | q | VDC | | | | | |
| 1 | 52 | 13 | 11 | 1 | | 77 | 4 | 44 | | | | | |
| 2 | 52 | 13 | 11 | 2 | | 78 | 3 | 50 | | | | | |
| 3 | 52 | 13 | 2 | 2 | | 69 | 2 | 50 | | | | | |
| 4 | 52 | 2 | 2 | 2 | | 58 | 1 | 57 | | | | | |
| | | | | | | | | MAX. VDC | 57 | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | | | | |
| | | | | | | | | PCI = | 43 | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | REGULAR | | | | | |

Figura 78

UM-17 (subida): Abs. 1+680 m. – 1+715 m.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | FAING-EPIC | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|-------|--------------|-------|----------------|------|-------------------------------------|------|------|
| HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR: | AV. JORGE BASADRE | ABS. IN | 1+680.00 m | | | | | | | | | |
| FECHA: | 8/26/2023 | UNIDAD MUESTREO: | TRAMO 17 - SUBIDA | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR: | FIGUEROA REVACARREN - NEYRA ROJAS | AREA DE UNIDAD: | 227.50 M2 | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS | | FOTO DE TRAMO | | | | | | | | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 7. Grieta de borde | 13. Huecos |  | | | | | | | | | |
| 2. Exudación | 8. Grieta de reflexión de junta | 14. Cruce de vía ferrea | | | | | | | | | | |
| 3. Agrietamiento en bloque | 9. Desnivel carril/berma | 15. Ahuellamiento | | | | | | | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 10. Grietas longitudinales y transversales | 16. Desplazamiento | | | | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 11. Parcheo | 17. Grieta parabólica (slippage) | | | | | | | | | | |
| 6. Depresión | 12. Pulimento de agregados | 18. Hinchamiento | | | | | | | | | | |
| | | 19. Desprendimientos de agregados | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | UNIDADES DE MUESTRA | | | | | | | | | | |
| Low | Baja | L | | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ | | | | | | | | |
| Medium | Medía | M | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | |
| | | NÚMERO MÁXIMO DE VD | | | | | | | | | | |
| | | $m_i = 1 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDV_i)$ | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | |
| RANGO DE PCI | | 7 | | 11 | | 2 | | 13 | | 4 | | |
| 100-85 | | Grieta en borde | | Parcheo | | Exudación | | Huecos | | Abultamientos | | |
| 85-70 | | AREA | | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. | AREA | SEV. |
| 70-55 | | 27.75 | | H | 2.4 | M | 0.6 | H | 5 | H | 1.38 | H |
| 55-40 | | 0.6 | | M | 2.4 | M | 47.64 | H | | | | |
| 40-25 | | | | 1.65 | M | 1.38 | H | | | | | |
| 25-10 | | | | 2.40 | H | | | | | | | |
| 10-0 | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | MEDIA (M) | 0.6 | 6.445 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | ALTA (H) | 27.75 | 2.4 | 49.62 | 5 | 1.38 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | | SEVERIDAD | | TOTAL | | DENSIDAD (%) | | VALOR DEDUCIDO | | | | |
| 2 | | H | | 49.62 | | 22% | | 39 | | Número de valores deducidos > 2 (q) | | |
| 4 | | H | | 1.38 | | 1% | | 24 | | | | |
| 7 | | M | | 0.6 | | 0% | | 4 | | | | |
| 7 | | H | | 27.75 | | 12% | | 25 | | Valor deducido más alto = | | |
| 11 | | M | | 6.445 | | 3% | | 18 | | 69 | | |
| 11 | | H | | 2.4 | | 1% | | 19 | | Número máximo de Vd (m)= | | |
| 13 | | H | | 5 | | 2% | | 69 | | 3.8 | | |
| Nro | | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | | q | | VDC | | |
| 1 | | 69 | 39 | 25 | 19.2 | | | 152.2 | 4 | 85 | | |
| 2 | | 69 | 39 | 25 | 2 | | | 135 | 3 | 82 | | |
| 3 | | 69 | 39 | 2 | 2 | | | 112 | 2 | 78 | | |
| 4 | | 69 | 2 | 2 | 2 | | | 75 | 1 | 75 | | |
| | | | | | | | | | | MAX. VDC | | 85 |
| INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | | PCI = 100 - Máx. VDC | | |
| | | | | | | | | | | PCI = | | 15 |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | | MUY MALO | | |

La Tabla 26 presenta la evaluación del estado del pavimento en sentido de bajada utilizando el PCI. Los valores del PCI van de 0 (condición muy deficiente) a 100 (condición excelente). Los valores de PCI arrojan un promedio de 59.59 significando un estado Bueno.

Tabla 26

Resumen de resultados del PCI – tramos de subida

| Av. Jorge Basadre Grohmann - Subida | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------|------------------|
| Sentido | Und. | Abs. Inicial | Abs. Final | Longitud (m) | PCI | Condición |
| | Muestreo | (km) | (km) | | | |
| Bajada | Tramo 1 | 0+ 0,00 | 0+ 35,00 | 35,00 | 70 | Bueno |
| Bajada | Tramo 2 | 0+ 105,00 | 0+ 140,00 | 35,00 | 88 | Excelente |
| Bajada | Tramo 3 | 0+ 210,00 | 0+ 245,00 | 35,00 | 100 | Excelente |
| Bajada | Tramo 4 | 0+ 315,00 | 0+ 350,00 | 35,00 | 69 | Bueno |
| Bajada | Tramo 5 | 0+ 420,00 | 0+ 455,00 | 35,00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 6 | 0+ 525,00 | 0+ 560,00 | 35,00 | 60 | Bueno |
| Bajada | Tramo 7 | 0+ 630,00 | 0+ 665,00 | 35,00 | 54 | Regular |
| Bajada | Tramo 8 | 0+ 735,00 | 0+ 770,00 | 35,00 | 96 | Excelente |
| Bajada | Tramo 9 | 0+ 840,00 | 0+ 875,00 | 35,00 | 54 | Regular |
| Bajada | Tramo 10 | 0+ 945,00 | 0+ 980,00 | 35,00 | 0 | Fallado |
| Bajada | Tramo 11 | 1+050,00 | 1+085,00 | 35,00 | 82 | Muy Bueno |
| Bajada | Tramo 12 | 1+155,00 | 1+190,00 | 35,00 | 44 | Regular |
| Bajada | Tramo 13 | 1+260,00 | 1+295,00 | 35,00 | 84 | Muy Bueno |
| Bajada | Tramo 14 | 1+365,00 | 1+400,00 | 35,00 | 77 | Muy Bueno |
| Bajada | Tramo 15 | 1+470,00 | 1+505,00 | 35,00 | 43 | Regular |
| Bajada | Tramo 16 | 1+575,00 | 1+610,00 | 35,00 | 77 | Muy Bueno |
| Bajada | Tramo 17 | 1+680,00 | 1+715,00 | 35,00 | 15 | Muy Malo |
| Promedio | | | | | 59.59 | Bueno |

La mayoría de los tramos (como el 2, 3, 8, 11, 13, 14, 16) exhiben condiciones "excelentes" o "muy buenas," con PCIs que indican una estructura sólida y duradera. Estos tramos reflejan un mantenimiento adecuado y una calidad estructural que garantiza una experiencia de conducción óptima.

Sin embargo, algunos tramos (1, 4, 6, 12) han sido clasificados como "bueno" o "regular," indicando niveles aceptables de desgaste, pero podrían beneficiarse de mantenimiento preventivo para prevenir deterioros futuros.

Las figuras 79 y 80 presentan la dispersión de valores de la evaluación de pavimento en sentido de bajada utilizando el Pavement Condition Index (PCI). La mayoría de los tramos se encuentran en condiciones "regular" o "muy bueno".

Figura 79

Gráfico de dispersión valores de PCI – subida

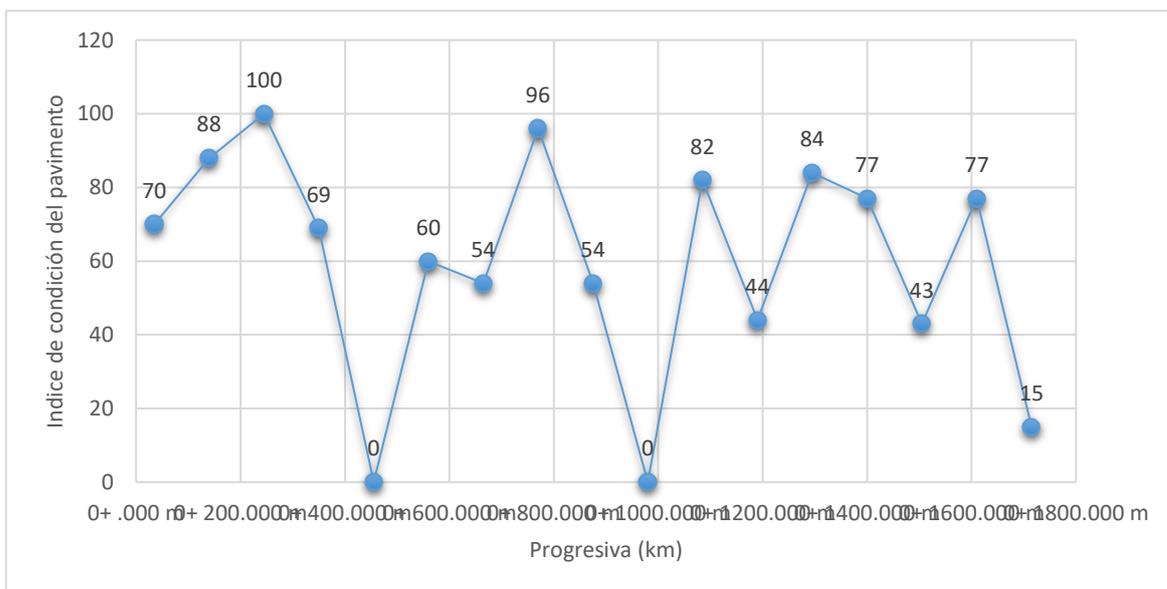
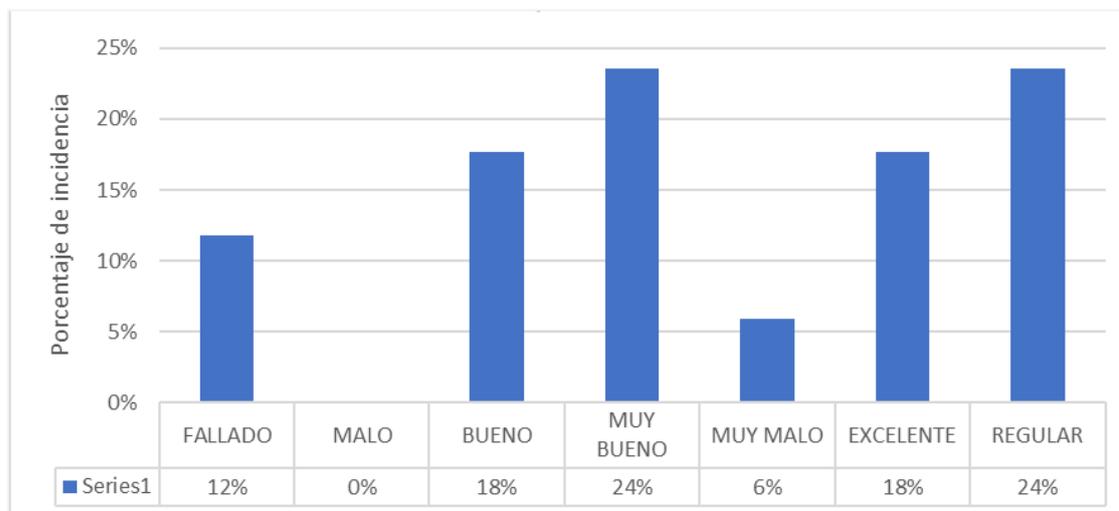


Figura 80

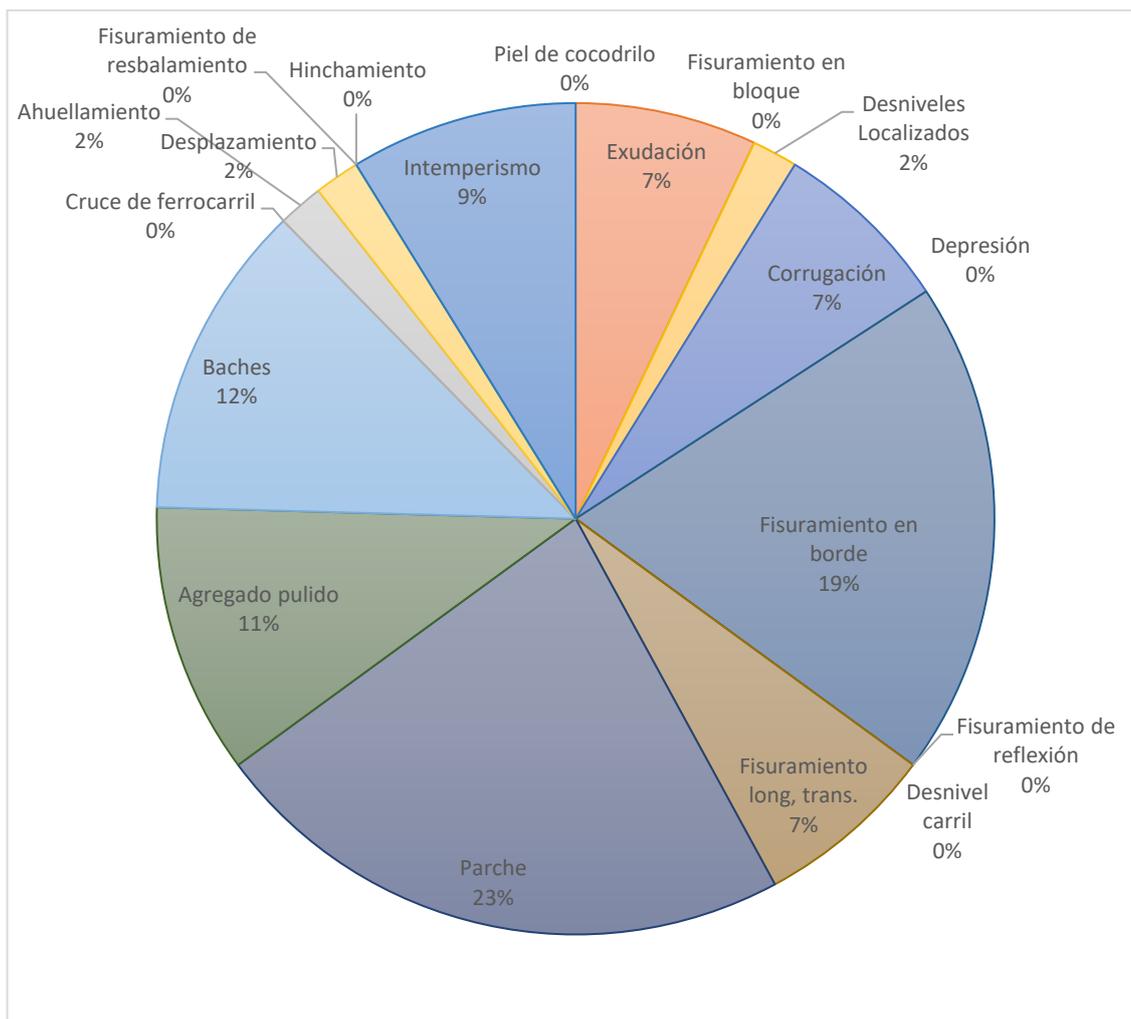
Porcentaje de incidencia en rango PCI – subida



La figura 81 muestra un diagrama muestra las fallas más comunes encontradas en la evaluación del pavimento en sentido de bajada. Los porcentajes reflejan la prevalencia de cada tipo de falla en la carretera. Los "parches" son la falla más predominante

Figura 81

Porcentaje de fallas en la vía – subida



4.3. Alternativas de reparación

Después de calcular el índice de condición del Pavimento, se realizaron tablas para seleccionar la mejor alternativa de intervención en las según la condición de la falla, en este análisis previo se tomaron el índice de PCI y las fallas estudiadas en las vías estudiadas, a continuación, se muestran los formatos de Mantenimiento de Red vial.

4.3.1. Formato de mantenimiento de red vial

Figura 82

Alternativas de reparación - bajada hoja 1

| ABS IN | | ABS FIN | | SEGMENTO | | UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | | VIDA ÚTIL | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------|-------|------------------------------|---------|---|-----------------------|------------------------------|-----------|--------------|--|----------------|--|------------------------------|--|-----------|--|-----------|--|
| | | | | | | MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| PATOLOGÍA | | SEVERIDAD | | ÁREA (M2) | | DENSIDAD (%) | | DENSIDAD TRAMO | | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | | ACTIVIDAD | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | CÓDIGO | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vía: AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Piel de cocodrilo | 6 Depresión | 11 Parcheo | 16 Desplazamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Exudación | 7 Grieta de Borde | 12 Pulimento de Agregados | 17 Fisuramiento de Resbalamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Fisuramiento en bloque | 8 Fisuramiento de reflexión | 13 Huecos | 18 Hinchamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 Desniveles Localizados | 9 Desnivel carril/espaldón | 14 Cruce de ferrocarril | 19 Desprendimiento de Agregados | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 Corrugación | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | 15 Ahuellamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABS IN | | ABS FIN | | SEGMENTO | | PATOLOGÍA | | SEVERIDAD | | ÁREA (M2) | | DENSIDAD (%) | | DENSIDAD TRAMO | | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | | ACTIVIDAD | | VIDA ÚTIL | |
| 0+000 | 0+035 | TRAMO 1 - BAJADA | 1 Piel de cocodrilo | M | 66.5 | 29% | GENERAL | Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | 6-8 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 22.8 | 10% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 1 | 0.44% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | H | 2.5 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 16 Desplazamiento | H | 4.8 | 2% | LOCAL | Reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad). | Rehabilitación | 8-10 años | | | | | | | | | | | |
| 0+105 | 0+140 | TRAMO 2 - BAJADA | 1 Piel de cocodrilo | L | 193.8 | 85% | GENERAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario - Periódico | 3-4 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 10.5 | 5% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | M | 11.7 | 5% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. | Rutinario | 1-2 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | L | 0.5 | 0% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 0.5 | 0% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 70.3 | 31% | GENERAL | Sellado de la superficie con material bituminoso y descubrimiento de arena. | Rutinario - Periódico | 3-5 años | | | | | | | | | | | |
| 0+210 | 0+245 | TRAMO 3 - BAJADA | 2 Exudación | M | 2.4 | 1% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 22.8 | 10% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años | | | | | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | L | 149 | 65% | GENERAL | Ninguna | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 15.2 | 7% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 años | | | | | | | | | | | |

Figura 83

Alternativas de reparación - bajada hoja 2

| ABS IN | | ABS FIN | SEGMENTO | PATOLOGÍA | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL |
|--------------------------------------|------------------------|------------------|--|------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|----------------|---|-----------------------|-----------|
| | | | | CÓDIGO | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | | | | | | | | |
| MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | | | |
| | | Vía: | AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo | 6 | Depresión | | 11 | Parcheo | | 16 | Desplazamiento | | |
| 2 | Exudación | 7 | Grieta de Borde | | 12 | Pulimento de Agregado | | 17 | Fisuramiento de Resbalamiento | | |
| 3 | Fisuramiento en bloque | 8 | Fisuramiento de reflexión | | 13 | Huecos | | 18 | Hinchamiento | | |
| 4 | Desniveles Localizados | 9 | Desnivel carril/espaldón | | 14 | Cruce de ferrocarril | | 19 | Desprendimiento de Agregados | | |
| 5 | Corrugación | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | | 15 | Ahuellamiento | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | | |
| 0+315 | 0+350 | TRAMO 4 - BAJADA | 7 | Grieta de Borde | L | 11.4 | 5% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 7 | Grieta de Borde | M | 11.4 | 5% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 1/3 años |
| | | | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | L | 7 | 3% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | M | 1.95 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena. | Rutinario | 1-2 años |
| | | | 12 | Pulimento de Agregados | L | 114 | 50% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 años |
| | | | 13 | Huecos | H | 0.5 | 0.2% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 19 | Desprendimiento de Agregados | M | 19 | 8% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 años |
| 0+420 | 0+455 | TRAMO 5 - BAJADA | 7 | Grieta de Borde | M | 11.4 | 5% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 1/3 año |
| | | | 12 | Pulimento de Agregados | M | 171 | 75% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | |
| | | | 13 | Huecos | H | 6.5 | 3% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 19 | Desprendimiento de Agregados | M | 40.02 | 18% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 años |
| 0+525 | 0+560 | TRAMO 6 - BAJADA | 7 | Grieta de Borde | M | 22.8 | 10% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 1/3 año |
| | | | 13 | Huecos | L | 91.5 | 40% | GENERAL | Ninguna | | |
| | | | 19 | Desprendimiento de Agregados | M | 92.72 | 41% | GENERAL | Sellado de la superficie con material bituminoso y descubrimiento de arena. | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| | | | 19 | Desprendimiento de Agregados | H | 60.04 | 26% | GENERAL | Recomposición o mejoramiento del sistema de drenaje superficial y/o profundo.+ Bacheo profundo + recapado con mezcla asfáltica en caliente. | Rutinario - Periódico | 8-10 años |
| 0+630 | 0+665 | TRAMO 7 - BAJADA | 2 | Exudación | M | 34.2 | 15% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 12 | Pulimento de Agregados | M | 14 | 6% | LOCAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total). | Rutinario - Periódico | 3-5 años |

Figura 84

Alternativas de reparación - bajada hoja 3

| ABS IN | | ABS FIN | SEGMENTO | PATOLOGÍA CÓDIGO | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL | | | | |
|---|------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|---------------|-----------|----------------|---|------------------------------|--------------|--------------------------|----|-----------------------|----|-------------------------------|
|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA MANTENIMIENTO DE RED VIAL</p> <p>Vía: AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo | 6 | Depresión | 11 | Parqueo | 16 | Desplazamiento | 2 | Exudación | 7 | Grieta de Borde | 12 | Pulimento de Agregado | 17 | Fisuramiento de Resbalamiento |
| 3 | Fisuramiento en bloque | 8 | Fisuramiento de reflexión | 13 | Huecos | 18 | Hinchamiento | 4 | Desniveles Localizados | 9 | Desnivel carril/espaldón | 14 | Cruce de ferrocarril | 19 | Desprendimiento de Agregados |
| 5 | Corrugación | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | 15 | Ahuellamiento | | | | | | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0+735 | 0+770 | TRAMO 8 - BAJADA | 1 Piel de cocodrilo | M | 228 | 100% | GENERAL | Recomposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo (en combinación con técnicas precedentes). + Trabajos de bacheo (preparación previa) + refuerzo estructural con mezcla asfáltica en caliente. | Rehabilitación | >10 | | | | | |
| | | | 2 Exudación | M | 0.15 | 0.07% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 228 | 100% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 años | | | | | |
| | | | 15 Ahuellamiento | L | 30.4 | 13% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| 0+840 | 0+875 | TRAMO 9 - BAJADA | 2 Exudación | M | 0.04 | 0.02% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 228 | 100% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 años | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 6.5 | 3% | LOCAL | Sellado de Fisuras | | 0.5/1.5 años | | | | | |
| 0+945 | 0+980 | TRAMO 10 - BAJADA | 13 Huecos | L | 1 | 0.44% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 1 | 0.44% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente | Rutinario | 1/3 año | | | | | |
| | | | 13 Huecos | H | 62 | 27.25% | GENERAL | Bacheo profundo + tratamiento superficial asfáltico | Rehabilitación | 0.5/1.5 años | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | L | 17.66 | 8% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 7.2 | 3% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 años | | | | | |
| 1+050 | 1+085 | TRAMO 11 - BAJADA | 12 Pulimento de Agregados | L | 20.8 | 9% | LOCAL | Sellado de la Superficie con lechada asfáltica (parcial o total). | Rutinario - Periódico | 3-5 años | | | | | |
| | | | 13 Huecos | L | 77.5 | 34% | GENERAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 14 | 6% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | L | 2.52 | 1% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| 1+155 | 1+190 | TRAMO 12 - BAJADA | 13 Huecos | L | 0.5 | 0.22% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 0.5 | 0.22% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | | | | | |
| | | | 13 Huecos | H | 44.5 | 20% | LOCAL | Bacheo profundo + tratamiento superficial asfáltico | Rehabilitación | 4-6 años | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | L | 17.66 | 8% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 7.2 | 3% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario | 3-5 años | | | | | |
| 1+260 | 1+295 | TRAMO 13 - BAJADA | 12 Pulimento de Agregados | M | 228 | 100% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 años | | | | | |
| | | | 13 Huecos | L | 10 | 4% | LOCAL | Ninguna | | | | | | | |
| | | | 13 Huecos | H | 1 | 0.44% | LOCAL | Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo s/ necesidades específicas de cada caso. | Mejoramiento | 1-6 años | | | | | |

Figura 85

Alternativas de reparación - bajada hoja 4

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--|----------------------------|-----------|------------------------|-----------------|-------------------------------|---|-----------------------|--------------|--|
| Vía: | | AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo | 6 | Depresión | 11 | Parcheo | 16 | Desplazamiento | | | | |
| 2 | Exudación | 7 | Grieta de Borde | 12 | Pulimento de Agregados | 17 | Fisuramiento de Resbalamiento | | | | |
| 3 | Fisuramiento en bloque | 8 | Fisuramiento de reflexión | 13 | Huecos | 18 | Hinchamiento | | | | |
| 4 | Desniveles Localizados | 9 | Desnivel carril/espaldón | 14 | Cruce de ferrocarril | 19 | Desprendimiento de Agregados | | | | |
| 5 | Corrugación | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | 15 | Ahuellamiento | | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | | |
| ABS IN | ABS FIN | SEGMENTO | PATOLOGÍA CÓDIGO | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL | |
| 1+365 | 1+400 | TRAMO 14 - BAJADA | 2 Exudación | M | 0.1 | 0% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 228 | 100% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico). | Rehabilitación | 8-10 años | |
| | | | 13 Huecos | L | 8.5 | 4% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 13 Huecos | H | 1 | 0.44% | LOCAL | Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo s/ necesidades específicas de cada caso. | Mejoramiento | 1-6 años | |
| 1+470 | 1+505 | TRAMO 15 - BAJADA | 1 Piel de cocodrilo | L | 66 | 29% | GENERAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal). | Rutinario - Periódico | 3-4 años | |
| | | | 2 Exudación | L | 0.12 | 0% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 7 Grieta de Borde | M | 17.1 | 8% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 1/3 año | |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 11.4 | 5% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años | |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 0.67 | 0.29% | LOCAL | Sellado de la Superficie con lechada asfáltica (parcial o total). | Rutinario - Periódico | 3-5 años | |
| | | | 13 Huecos | L | 20 | 9% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 15 Ahuellamiento | L | 60.8 | 27% | GENERAL | Ninguna | | | |
| 1+575 | 1+610 | TRAMO 16 - BAJADA | 9 Desnivel carril/espaldón | H | 26.6 | 12% | LOCAL | Escarificación y revestimiento o superficie existente y construcción de base granular y tratamiento asfáltico (pavimentación repavimentación paseo) | Rutinario | 5-6 años | |
| | | | 13 Huecos | L | 3.5 | 2% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 13 Huecos | M | 0.5 | 0.22% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 | |
| | | | 13 Huecos | H | 1.5 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años | |
| | | | 15 Ahuellamiento | L | 28.35 | 12% | LOCAL | Ninguna | | | |
| | | | 15 Ahuellamiento | M | 30.4 | 13% | LOCAL | Bacheo parcial capa asfáltica: mezcla en frío / caliente. | Rutinario | 0.5/2 años | |
| 1+680 | 1+715 | TRAMO 17 - BAJADA | 7 Grieta de Borde | M | 26.6 | 12% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente. | Rutinario | 0.5/1.5 años | |
| | | | 13 Huecos | L | 124.5 | 55% | GENERAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | |
| | | | 13 Huecos | M | 4.5 | 2% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años | |

La Tabla 27 muestra las actividades de mantenimiento más representativas para el tramo de bajada.

Tabla 27*Compilado de actividades de mantenimiento-bajada*

| Tramo De Bajada | |
|------------------------|-------------------------|
| Tramo 1 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 2 - Bajada | Rutinario- Periódico |
| Tramo 3 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 4 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 5 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 6 - Bajada | Rutinario- Periódico |
| Tramo 7 - Bajada | Rutinario- Periódico |
| Tramo 8 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 9 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 10 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 11 - Bajada | Rutinario- Periódico |
| Tramo 12 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 13 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 14 - Bajada | Rehabilitación |
| Tramo 15 - Bajada | Rutinario- Periódico |
| Tramo 16 - Bajada | Rutinario |
| Tramo 17 - Bajada | Rutinario |

- Trabajos de bacheo + sellado de la superficie con mezcla asfáltica en caliente.
- Bacheo profundo.
- Bacheo parcial.
- Sellado de fisuras.
- Reposición de mezcla asfáltica en caliente.
- Sellado de la superficie con lechada asfáltica.
- Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa +arena.
- Sellado de la superficie con material bituminoso
- Recapado delgado
- Recomposición y mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo.
- Escarificación y revestimiento repavimentación.

Figura 86

Alternativas de reparación - subida hoja 1

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|----------------------------------|-----------|--------------|----------------|--|-----------------------|--------------|
| MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | | |
| Vía: | | AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | | |
| 1 Piel de cocodrilo | 6 Depresión | | 11 Parqueo | 16 Desplazamiento | | | | | | |
| 2 Exudación | 7 Grieta de Borde | | 12 Pulimento de Agregado | 17 Fisuramiento de Resbalamiento | | | | | | |
| 3 Fisuramiento en bloque | 8 Fisuramiento de reflexión | | 13 Huecos | 18 Hinchamiento | | | | | | |
| 4 Desniveles Localizados | 9 Desnivel carril/espaldón | | 14 Cruce de ferrocarril | 19 Desprendimiento de Agregados | | | | | | |
| 5 Corrugación | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | | 15 Ahuellamiento | | | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | |
| ABS IN | ABS FIN | SEGMEN TO | PATOLOGÍA CÓDIGO | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL |
| 0+000 | 0+035 | TRAMO 1 - SUBIDA | 7 Grieta de Borde | M | 105 | 46% | GENERAL | Sellado de superficie (en bordes) con lechada asfáltica | Rutinario | 3-4 años |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 0.5 | 0.11% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años |
| | | | 16 Desplazamiento | H | 0.25 | 0.11% | LOCAL | Badén parcial, capa asfáltica: mezcla en frío / en caliente | Rutinario | 1/3 año |
| 0+105 | 0+140 | TRAMO 2 - SUBIDA | 2 Exudación | L | 2.97 | 1% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 11 Parqueo | M | 2.97 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 1-2 años |
| 0+210 | 0+245 | TRAMO 3 - SUBIDA | 12 Pulimento de Agregados | L | 109.2 | 48% | GENERAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total). | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| | | | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | M | 5.4 | 2% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 1-2 años |
| 0+210 | 0+245 | TRAMO 3 - SUBIDA | 13 Huecos | H | 4 | 2% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 2 Exudación | L | 0.266 | 0.12% | LOCAL | Ninguna | | |
| 0+315 | 0+350 | TRAMO 4 - SUBIDA | 5 Corrugación | L | 7.8 | 3% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 13 Huecos | M | 1 | 0.44% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años |
| | | | 7 Grieta de Borde | M | 6.48 | 3% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1/3 año |
| 0+420 | 0+455 | TRAMO 5 - SUBIDA | 11 Parqueo | M | 7.62 | 3% | LOCAL | Sellado de Fisuras | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | L | 5.4 | 2% | LOCAL | Sellado Superficie con lechada asfáltica (parcial o total) | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| | | | 13 Huecos | H | 12.5 | 5% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años |
| 0+525 | 0+560 | TRAMO 6 - SUBIDA | 12 Pulimento de Agregados | L | 1.99 | 0.34% | LOCAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total) | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 1.99 | 0.49% | LOCAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total) | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 192 | 84% | GENERAL | Sellado de la superficie con material bituminoso y descubrimiento de arena | Rutinario - Periódico | 3-5 años |
| 0+630 | 0+665 | TRAMO 7 - SUBIDA | 5 Corrugación | L | 42 | 18% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 7 Grieta de Borde | H | 3.84 | 2% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1/3 año |
| | | | 13 Huecos | M | 2 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años |
| 0+735 | 0+770 | TRAMO 8 - SUBIDA | 7 Grieta de Borde | M | 0.48 | 0.21% | LOCAL | Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente | Rutinario | 0.5/1.5 años |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | L | 2.56 | 1% | LOCAL | Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total) | Rutinario - Periódico | 3-5 años |

Figura 87

Alternativas de reparación - subida hoja 2

| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------------|----------------|---|-----------------------|--------------|
| MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | | |
| Vía: | | AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | | |
| 1 Piel de cocodrilo | 6 Depresión | | | 11 Parcheo | | 16 Desplazamiento | | | | |
| 2 Exudación | 7 Grieta de Borde | | | 12 Pulimento de Agregado | | 17 Fisuramiento de Resbalamiento | | | | |
| 3 Fisuramiento en bloque | 8 Fisuramiento de reflexión | | | 13 Huecos | | 18 Hinchamiento | | | | |
| 4 Desniveles Localizados | 9 Desnivel carril/espaldón | | | 14 Cruce de ferrocarril | | 19 Desprendimiento de Agregados | | | | |
| 5 Corrugación | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | | | 15 Ahuellamiento | | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | |
| ABS IN | ABS FIN | SEGMENTO | PATOLOGÍA CÓDIGO | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL |
| 0+840 | 0+875 | TRAMO 9 - SUBIDA | 7 Grieta de Borde | M | 8.04 | 3.53% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1/3 año |
| | | | 11 Parcheo | L | 2.272 | 1% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 13 Huecos | M | 4 | 2% | LOCAL | Sellado de fisuras | | 0.5/1.5 años |
| 0+945 | 0+980 | TRAMO 10 - SUBIDA | 11 Parcheo | L | 2.31 | 1% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | L | 5.85 | 3% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (parcial o total) | Rutinario - Periódico | |
| | | | 13 Huecos | H | 13 | 57% | GENERAL | Bacheo Profundo + recapado mezcla asfáltica en caliente | Rehabilitación | 8-10 años |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 21.8 | 10% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal) | Rutinario | 3-5 años |
| | 1+085 | TRAMO 11 - SUBIDA | 11 Parcheo | L | 6.58 | 3% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 11 Parcheo | M | 2.78 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | L | 4.8 | 2% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | M | 4.8 | 2% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal) | Rutinario | 3-5 años |
| 1+155 | 1+190 | TRAMO 12 - SUBIDA | 7 Grieta de Borde | H | 27.9 | 12.26% | LOCAL | Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular. | Rutinario | 4-6 años |
| | | | 11 Parcheo | H | 25.68 | 11.29% | LOCAL | Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente | Rutinario | 0.5/1 año |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | L | 2.09 | 1% | LOCAL | Ninguna | | |
| 1+260 | 1+295 | TRAMO 13 - SUBIDA | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | M | 0.3 | 0.13% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 1-2 años |
| | | | 11 Parcheo | M | 2.1 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 228 | 100% | GENERAL | Recapado delgado (concreto asfáltico) | Rehabilitación | 8-10 años |
| | | | 15 Ahuellamiento | M | 1.2 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial capa asfáltica: mezcla en frío / en caliente | Rutinario | 0.5/2 años |
| 1+365 | 1+400 | TRAMO 14 - SUBIDA | 2 Exudación | H | 0.42 | 0.18% | LOCAL | Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie | Rutinario - Periódico | 1-2 años |
| | | | 7 Grieta de Borde | M | 1.8 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas en frío/caliente | Rutinario | 1/3 años |
| | | | 11 Parcheo | M | 2.04 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 1-2 años |
| | | | 19 Desprendimiento de Agregados | H | 2.88 | 1.27% | LOCAL | Bacheo superficial; mezcla asfáltica en frío/caliente | Rutinario | 0.5-1.5 años |
| 1+470 | 1+505 | TRAMO 15 - SUBIDA | 7 Grieta de Borde | M | 15.2 | 7% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente | Rutinario | 0.5-1.5 años |
| | | | 10 Fisuras Longit. y/o trans. | H | 1.269 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial, capa asfáltica; mezclas asfálticas en frío o caliente | Rutinario | 0.5/1 año |
| | | | 11 Parcheo | L | 1.21 | 1% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 11 Parcheo | M | 3.04 | 1% | LOCAL | Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena | Rutinario | 2 |
| | | | 12 Pulimento de Agregados | M | 20.90 | 9.19% | LOCAL | Carpeta asfáltica friccionante (open graded) | Especial | 3-5 años |

Figura 88

Alternativas de reparación - subida hoja 3

| ABS IN | | ABS FIN | SEGMENTO | PATOLOGÍA | SEVERIDAD | ÁREA (M2) | DENSIDAD (%) | DENSIDAD TRAMO | ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO | ACTIVIDAD | VIDA ÚTIL |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|--|-----------|-----------------------|--------------|----------------|--|----------------|-----------|
| | | | | CÓDIGO | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | | | | | | | | | |
| MANTENIMIENTO DE RED VIAL | | | | | | | | | | | |
| | | | Vía: | AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO AV. GUSTAVO PINTO - AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE | | | | | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo | 6 | Depresión | | 11 | Parcheo | | 16 | Desplazamiento | | |
| 2 | Exudación | 7 | Grieta de Borde | | 12 | Pulimento de Agregado | | 17 | Fisuramiento de Resbalamiento | | |
| 3 | Fisuramiento en bloque | 8 | Fisuramiento de reflexión | | 13 | Huecos | | 18 | Hinchamiento | | |
| 4 | Desniveles Localizados | 9 | Desnivel carril/espaldón | | 14 | Cruce de ferrocarril | | 19 | Desprendimiento de Agregados | | |
| 5 | Corrugación | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | | 15 | Ahuellamiento | | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFÁLTICA | | | | | | | | | | | |
| 1+575 | 1+610 | TRAMO 16 - SUBIDA | 5 | Corrugación | M | 43.05 | 19% | LOCAL | Perfilado en frío y tratamiento superficial | Especial | 3-5 años |
| | | | 7 | Grieta de Borde | M | 28.5 | 13% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente | Rutinario | 1/3 año |
| | | | 10 | Fisuras Longit. y/o trans. | L | 0.597 | 0.26% | LOCAL | Ninguna | | |
| | | | 19 | Desprendimiento de Agregados | M | 28.7 | 13% | LOCAL | Sellado de la superficie afectada con lechada asfáltica (slurry seal) | Rutinario | 3-5 años |
| 1+680 | 1+715 | TRAMO 17 - SUBIDA | 2 | Exudación | H | 49.62 | 22% | LOCAL | Aplica calor y rodillo arena dura sobre superficie | Rutinario | 1-2 años |
| | | | 4 | Desniveles Localizados | H | 1.8 | 1% | LOCAL | Escarificación y revestimiento o superficie existente y construcción de base granular y tratamiento asfáltico (pavimentación repavimentación paseo). | Rutinario | 5-6 años |
| | | | 7 | Grieta de Borde | M | 4.48 | 2% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente | Rutinario | 1/3 años |
| | | | 7 | Grieta de Borde | H | 32.3 | 14% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío / en caliente | Rutinario | 1/3 años |
| | | | 11 | Parcheo | M | 6.445 | 3% | LOCAL | Sellado de fisuras | Rutinario | 1-3 años |
| | | | 11 | Parcheo | H | 2.412 | 1% | LOCAL | Reposición de las reparaciones (convencional o compactado a rodillo) | Rehabilitación | 5-12 años |
| | | | 13 | Huecos | H | 2.4 | 1% | LOCAL | Bacheo parcial (capa asfáltica); mezclas asfálticas en frío/en caliente | Rutinario | 1-3 años |

Las actividades de intervención corresponden a un mantenimiento menor, las cuales se realizan en zonas localizadas. Para definir las alternativas de intervención se consideró el criterio de evaluación preliminar de las posibles causas que originaron las fallas existentes en el pavimento.

La Tabla 28 muestra las actividades de mantenimiento más representativas para el tramo de Subida.

Tabla 28*Compilado de actividades de mantenimiento-subida*

| Tramo de subida | |
|------------------------|--------------------------|
| Tramo 1 - Subida | Rutinario |
| Tramo 2 - Subida | Rutinario - Periódico |
| Tramo 3 - Subida | Rutinario |
| Tramo 4 - Subida | Ninguna |
| Tramo 5 - Subida | Rutinario- Periódico |
| Tramo 6 - Subida | Rutinario- Periódico |
| Tramo 7 - Subida | Rutinario |
| Tramo 8 - Subida | Rutinario- Periódico |
| Tramo 9 - Subida | Rutinario |
| Tramo 10 - Subida | Rehabilitación |
| Tramo 11 - Subida | Rutinario |
| Tramo 12 - Subida | Rutinario |
| Tramo 13 - Subida | Rutinario |
| Tramo 14 - Subida | Rutinario |
| Tramo 15 - Subida | Rutinario |
| Tramo 16 - Subida | Rutinario |
| Tramo 17 - Subida | Rehabilitación |

Como se indica en la Tabla 25 el tramo de bajada en las unidades de muestra número 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14 se requiere de una rehabilitación del pavimento evidenciando la baja calidad del pavimento en los tramos de muestra antes mencionados.

En la Tabla 26 en cambio hay mayormente necesidad de actividades rutinarias para el tramo de subida evidenciando que este lado de la vía se encuentra en un mejor estado de conservación, pero que aun así tiene una variedad de actividades de mantenimiento que se pueden llevar a cabo.

Con los resultados hallados en las Tablas N° 25 y 26 se realizó un nivel de intervención para cada clasificación en rangos del PCI en la Tabla 29 que ayudará a mejorar la toma de decisiones, complementando las propuestas previas al análisis de datos en las cuales solo se tomó las características de la carretera, haciendo uso del valor de Condición del Pavimento será más fácil identificar aquellos tramos que sean prioridad.

Tabla 29

Nivel de intervención respecto al PCI

| PCI | Clasificación | Intervención |
|----------|---------------|---------------------|
| 85 - 100 | Excelente | Rutinario |
| 70 - 85 | Muy Bueno | Rutinario |
| 55 - 70 | Bueno | Rutinario/Periódico |
| 40 - 55 | Regular | Periódico/Rutinario |
| 25 - 40 | Malo | Rehabilitación |
| 10 - 25 | Muy Malo | Rehabilitación |
| 0 - 10 | Fallado | Rehabilitación |

Nota. Alarcón (2018) Nivel de Intervención respecto a la Condición de Pavimento, Cuzco, Perú.

Según el estudio realizado y a los resultados obtenidos. A continuación, en la Tabla 30 y Tabla 31 se denota una comparación entre nuestra propuesta de niveles de mantenimiento y el proporcionado por el catálogo de fallas. Presentamos la alternativa de mantenimiento que debe llevarse a cado para un pavimento flexible ya construido, continúa operativo y brinde una buena transitabilidad para los usuarios, brindarles seguridad y comodidad optima de servicio.

Tabla 30*Mantenimiento PCI – por falla (bajada)*

| Unidad de muestra | Área (M2) | Calificación (PCI) | Estado parcial | Nivel de mantenimiento por PCI | Nivel de mantenimiento por falla |
|--------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|
| UM 1 | 227,50 | 8 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 2 | 227,50 | 30 | Malo | Rehabilitación | Rutinario- periódico |
| UM 3 | 227,50 | 1 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 4 | 227,50 | 53 | Regular | Rutinario- Periódico | Rehabilitación |
| UM 5 | 227,50 | 6 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 6 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rutinario- periódico |
| UM 7 | 227,50 | 85 | Muy bueno | Rutinario | Rutinario- periódico |
| UM 8 | 227,50 | 19 | Muy malo | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 9 | 227,50 | 33 | Malo | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 10 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 11 | 227,50 | 10 | Fallado | Rehabilitación | Rutinario- periódico |
| UM 12 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 13 | 227,50 | 31 | Malo | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 14 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 15 | 227,50 | 13 | Muy malo | Rehabilitación | Rutinario- periódico |
| UM 16 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rutinario |
| UM 17 | 227,50 | 27 | Malo | Rehabilitación | Rutinario |

Tabla 31*Mantenimiento PCI – por falla (subida)*

| Unidad de muestra | Área (M2) | Calificación (PCI) | Estado parcial | Nivel De mantenimiento por PCI | Nivel De mantenimiento por falla |
|----------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------|---|---|
| UM 1 | 227,50 | 70 | Bueno | Rutinario | Rutinario |
| UM 2 | 227,50 | 88 | Excelente | Rutinario | Rutinario - periódico |
| UM 3 | 227,50 | 100 | Excelente | Rutinario | Rutinario |
| UM 4 | 227,50 | 69 | Bueno | Rutinario- periódico | Ninguna |
| UM 5 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rutinario- periódico |
| UM 6 | 227,50 | 60 | Bueno | Rutinario- periódico | Rutinario- periódico |
| UM 7 | 227,50 | 54 | Regular | Rutinario- periódico | Rutinario |
| UM 8 | 227,50 | 96 | Excelente | Rutinario | Rutinario- periódico |
| UM 9 | 227,50 | 54 | Regular | Rutinario- periódico | Rutinario |
| UM 10 | 227,50 | 0 | Fallado | Rehabilitación | Rehabilitación |
| UM 11 | 227,50 | 82 | Muy bueno | Rutinario | Rutinario |
| UM 12 | 227,50 | 44 | Regular | Rutinario- periódico | Rutinario |
| UM 13 | 227,50 | 84 | Muy bueno | Rutinario | Rutinario |
| UM 14 | 227,50 | 77 | Muy bueno | Rutinario | Rutinario |
| UM 15 | 227,50 | 43 | Regular | Rutinario- periódico | Rutinario |
| UM 16 | 227,50 | 77 | Muy bueno | Rutinario | Rutinario |
| UM 17 | 227,50 | 15 | Muy malo | Rehabilitación | Rehabilitación |

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

En el desarrollo de este estudio, se ha considerado una variedad de antecedentes y referencias que han servido como base teórica para comprender y evaluar la condición del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann. Entre estos antecedentes, destaca el manual PCI, que fue abordado en el marco teórico como uno de los referentes internacionales más relevantes en la materia.

5.1. Análisis de resultados del índice de condición del pavimento

5.1.1. Condición de pavimento en sentido de bajada

La evaluación de la Avenida Jorge Basadre Grohmann en su tramo de bajada utilizando la Metodología del Pavement Condition Index (PCI) proporciona una visión clara de la condición actual del pavimento en diferentes tramos de 35 metros. Estos resultados son fundamentales para entender la calidad del pavimento.

Los resultados muestran una variabilidad significativa en la condición del pavimento a lo largo de los tramos evaluados. Los PCI oscilan desde 0 hasta 85, lo que indica una amplia gama de condiciones, desde "fallado" hasta "muy bueno". Esta variabilidad resalta la necesidad de un enfoque diferenciado para el mantenimiento y rehabilitación de diferentes tramos.

Se observa que algunos tramos, como el Tramo 4 y el Tramo 7, tienen altos PCI (53 y 85 respectivamente), clasificados como "regular" y "muy bueno". Estos tramos deben ser considerados como ejemplos de buenas prácticas y pueden proporcionar información valiosa sobre la calidad de construcción y el mantenimiento adecuado.

Por otro lado, varios tramos obtuvieron una calificación baja, incluyendo "muy malo" y "fallado", como el Tramo 6 y el Tramo 15. Estos tramos requieren atención urgente y acciones de mantenimiento para evitar un mayor deterioro y garantizar la seguridad de los usuarios de la vía.

En el tramo de bajada de la avenida, la evaluación arrojó un PCI promedio de 18.59, lo que se clasifica dentro de la categoría de "muy malo". Este resultado indica un nivel crítico de deterioro en este tramo. Es alarmante observar que varios segmentos presentan índices de PCI extremadamente bajos, sugiriendo un estado de deterioro crítico. Estas áreas, al encontrarse en categorías de "fallado" a "muy malo", demandan intervenciones inmediatas. La condición actual de estos segmentos es un reflejo de lo

que se espera en áreas que han sido descuidadas durante un largo período o han soportado cargas superiores a las previstas.

5.1.2. Condición de pavimento en sentido de subida

Los resultados reflejan una diversidad en la condición del pavimento en diferentes tramos. La gama de calificaciones de PCI abarca desde "fallado" hasta "excelente", indicando una variabilidad en la calidad del pavimento a lo largo de la vía.

Varios tramos, como el tramo 2, tramo 3, tramo 8, tramo 14 y tramo 16, han sido calificados como "excelente" o "muy bueno". Estos tramos representan secciones de pavimento que han recibido un mantenimiento eficaz y se encuentran en un estado óptimo.

Por otro lado, algunos tramos, especialmente el tramo 5, tramo 10 y tramo 17, están categorizados como "fallado" o "muy malo". Estos tramos necesitan intervenciones inmediatas para restaurar su condición y evitar un deterioro mayor.

El tramo de subida de la avenida ofrece un panorama más esperanzador, con un PCI promedio de 59.59, catalogado como "bueno". Esto indica un mejor mantenimiento y un menor nivel de deterioro en comparación con la bajada. No obstante, es fundamental no subestimar estos resultados. Aunque la mayoría de los segmentos en esta dirección muestran una condición de "bueno" a "excelente", existen áreas específicas que presentan valores de PCI que indican un deterioro significativo. Estas áreas, aunque menos frecuentes que en la bajada, no deben ser pasadas por alto y requieren atención para evitar problemas futuros.

Al comparar estos resultados con la evaluación en sentido de bajada, se observa que, en general, el pavimento en sentido de subida tiene una mejor condición. Esto destaca la necesidad de un enfoque diferenciado.

En el tramo de bajada de la avenida, la evaluación arrojó un PCI promedio de 18.59, lo que se clasifica dentro de la categoría de "muy malo". Este resultado indica un nivel crítico de deterioro en este tramo. Es alarmante observar que varios segmentos presentan índices de PCI extremadamente bajos, sugiriendo un estado de deterioro crítico. Estas áreas, al encontrarse en categorías de "fallado" a "muy malo", demandan intervenciones inmediatas. La condición actual de estos segmentos es un reflejo de lo que se espera en áreas que han sido descuidadas durante un largo período o han soportado cargas superiores a las previstas.

Por otro lado, el tramo de subida de la avenida ofrece un panorama más esperanzador, con un PCI promedio de 59.59, catalogado como "bueno". Esto indica un mejor mantenimiento y un menor nivel de deterioro en comparación con la bajada. No

obstante, es fundamental no subestimar estos resultados. Aunque la mayoría de los segmentos en esta dirección muestran una condición de "bueno" a "excelente", existen áreas específicas que presentan valores de PCI que indican un deterioro significativo. Estas áreas, aunque menos frecuentes que en la bajada, no deben ser pasadas por alto y requieren atención para evitar problemas futuros.

5.2. Discusión de fallas recurrentes encontradas en carretera de estudio

5.2.1. Fallas representativas en pavimentos en sección de bajada

Los Huecos son la falla más predominante, representando aproximadamente un tercio de todas las incidencias. Esta alta presencia de huecos indica una clara necesidad de reparaciones inmediatas para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía.

El fisuramiento en el borde y el pulimento de agregados también son preocupantes, ya que constituyen una parte significativa de las deficiencias. Estas condiciones no solo afectan la calidad de la conducción, sino que también plantean riesgos para la seguridad vial. La falta de textura adecuada en el pavimento debido al Pulimento de Agregados puede disminuir la adherencia de los vehículos y aumentar el riesgo de accidentes, especialmente en condiciones climáticas adversas.

El Desprendimiento de agregados es otro problema relevante. La exposición constante a condiciones climáticas extremas puede debilitar la estructura del pavimento, lo que subraya la importancia de estrategias de mantenimiento preventivo que aborden estos problemas a lo largo del tiempo.

Es importante resaltar que algunos problemas, como la exudación y el ahuellamiento, aunque menos frecuentes, también son significativos. La exudación puede crear superficies resbaladizas, lo cual es peligroso para la seguridad de los conductores. Por otro lado, el ahuellamiento indica deformaciones plásticas en el pavimento, lo que puede afectar negativamente la comodidad de conducción.

Las fallas estructurales, como la piel de cocodrilo y el fisuramiento longitudinal/transversal, aunque menos comunes, son críticas en términos de la integridad de la infraestructura y deben ser atendidas de manera urgente para evitar daños graves y costosos en el futuro.

5.2.2. Fallas representativas en pavimentos en sección de subida

Los parches y fisuramiento en bordes son las fallas más prevalentes en el tramo de subida. La alta incidencia de estos indica una necesidad de mantenimiento en áreas específicas.

Los Huecos y el Pulimento de Agregados también están presentes en proporciones significativas. Estas condiciones deterioran la superficie del pavimento y reducen la calidad de conducción, destacando la importancia de reparaciones para mejorar la seguridad y comodidad del viaje.

Las fallas de Desprendimiento de agregados y exudación están relacionadas con el efecto del clima en la superficie del pavimento. Estos deben abordarse para garantizar que el pavimento resista las condiciones climáticas y tenga una vida útil más prolongada.

Las fallas de desniveles localizados, ahuellamiento y desplazamiento, aunque menos frecuentes, estas fallas aún representan un riesgo para la seguridad vial y la comodidad de los conductores.

5.3. Análisis de opciones de mantenimiento para pavimento flexible

En lo que respecta al mantenimiento de pavimentos, es fundamental prevenir problemas desde el principio, ya que resulta más económico y efectivo resolver los inconvenientes antes de que se vuelvan críticos. Esto se vuelve aún más relevante cuando se consideran las recomendaciones y directrices establecidas en el manual PCI, que enfatiza la necesidad de intervenciones inmediatas en áreas con un PCI por debajo de 40.

Por ellos de los datos recopilados durante la realización del método del PCI conseguimos una recomendación específica para cada patología previa al cálculo del PCI de cada tramo, esto es posible gracias a que el manual del departamento de administración y evaluación de pavimentos, nos permite tener estos resultados solamente con la densidad de la patología en el tramo y la severidad.

La tesis de Salazar (2019) difiere en la manera de presentar la solución para cada tipo de falla. Es una alternativa cuya información y manera de presentar esta resumida en comparación con las tablas del Catálogo del Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos.

A continuación, la Tabla 32 muestra la intervención por cada tipo de falla tomada en cuenta según la tesis antes mencionada.

Tabla 32*Alternativas de solución para cada tipo de falla*

| Ítem | Tipo De Falla | Unidad | Nivel De Severidad | Alternativa De Solución |
|------|---|--------|--------------------|---|
| 1 | Piel De Cocodrilo | M2 | L | Sello Superficial |
| | | | M | Parqueo Parcial |
| | | | H | Parqueo Profundo, Sobrecarpeta Oreconstrucción |
| 2 | Exudación | M2 | L | . |
| | | | M | Aplicación De Arena |
| | | | H | Aplicación De Arena/Agregados (Precalentado Si Es Necesario) |
| 3 | Agrietamiento Enbloque | M2 | L | Sellado De Grietas Con Ancho Mayor A 3mm |
| | | | M | Sellado De Grietas |
| | | | H | Sellado De Grietas Osobrecarpeta |
| 4 | Abultamientos Y Hundimientos | M2 | L | . |
| | | | M | Parqueo Parcial |
| | | | H | Parqueo Profundo Osobrecarpeta |
| 5 | Corrugación | M2 | L | . |
| | | | M | Parqueo Profundo |
| | | | H | Reconstrucción |
| 6 | Depresión | M | L | . |
| | | | M | Parqueo Superficial Oparcial |
| | | | H | Parqueo Profundo |
| 7 | Grieta De Borde | M | L | Sello De Grietas Con Ancho Mayor A3 Mm |
| | | | M | Sello De Grietas, Parqueo Parcial |
| | | | H | Parqueo Parcial Oprofundo |
| 8 | Grieta De Reflexión | M | L | Sellado Para Anchos Mayores A 3 Mm |
| | | | M | Sello De Grietas, Parqueo Parcial |
| | | | H | Parqueo Parcial Oreconstruccion Dejunta |
| 9 | Desnivel Carril Berma | M | L | Nivelación De Las Bermas A Nivel De Carril |
| | | | M | |
| | | | H | |
| 10 | Grietas Longitudinales Y Transversales | M | L | Sello De Grietas Con Ancho Mayor A3 Mm |
| | | | M | Sello Grietas |
| | | | H | Sello De Grietas Oparqueo Parcial |
| 11 | Parqueo | M2 | L | . |
| | | | M | Sustitucion Del Parche (En Caso Requerirlo) |
| | | | H | Sustitucion Del Parche |
| 12 | Pulimiento Deagregados | M2 | L | . |
| | | | M | Tratamiento Superficial Osobrecarpeta |
| | | | H | Fresadoy Sobrecarpeta |
| 13 | Huecos | Unid | L | Parqueo Parcial |
| | | | M | Parqueo Parcial Oprofundo |
| | | | H | Parqueo Profundo |
| 14 | Cruce De Vía Férrea | M2 | L | . |
| | | | M | Parqueo Parcial |
| | | | H | Parqueo Oreconstruccion Del Cruce |
| 15 | Ahuellamiento | M2 | L | . |
| | | | M | Parqueo Superficial Oparcial |
| | | | H | Parqueo Profundo O Fresado Y Sobrecarpeta |

| Ítem | Tipo De Falla | Unidad | Nivel De Severidad | Alternativa De Solución |
|------|------------------------------|--------|--------------------|---|
| 16 | Desplazamiento | M2 | L | . |
| | | | M | Parqueo Superficial Oparcial |
| | | | H | Parqueo Profundo O Fresado Y Sobrecarpeta |
| 17 | Grieta Parabólica | M2 | L | . |
| | | | M | Sellado De Grietas |
| | | | H | Sellado De Grietas Oparqueo Parcial |
| 18 | Hinchamiento | M2 | L | . |
| | | | M | Reconstrucción |
| | | | H | |
| 19 | Desprendimiento De Agregados | M2 | L | . |
| | | | M | Sello Superficial O Sobrecarpeta |
| | | | H | Sobrecarpeta O Reconstruccion |

Nota. Salazar (2019) [Gráfico] Alternativas de solución por tipo de falla,

Además, Alarcón (2018, p.90) Propone que de acuerdo con los resultados obtenidos y a la información de la tabla de alternativas de mantenimiento según el tipo de falla designemos a cada tramo un nivel de Intervención respecto a la Condición del Pavimento a continuación en la tabla 30 veremos su propuesta. Tomando de referencia el nivel de mantenimiento por falla extraído del Catálogo de Fallas armamos nuestra propia tabla de nivel de intervención tomando en cuenta el PCI, al compararlos nos daremos cuenta que difieren grandemente en las unidades de muestra de bajada número 1, 4, 7. Y de subida en la muestra número 2 y 17 el resto de muestras llevan un nivel de mantenimiento igual o superior al necesario. La razón de esta diferencia es el criterio del evaluador al momento de seleccionar la mejor actividad de intervención.

La Tabla 33 de nivel de mantenimiento tomando en cuenta el PCI ayudarán a generar alternativas de solución más conservadoras

Tabla 33

Nivel de intervención respecto al PCI

| PCI | Clasificación | Intervención |
|----------|---------------|-----------------------------------|
| 85 - 100 | Excelente | Mantenimiento Rutinario |
| 70 - 85 | Muy Bueno | Mantenimiento Rutinario |
| 55 - 70 | Bueno | Mantenimiento Rutinario/Periódico |
| 40 - 55 | Regular | Mantenimiento Periódico/Rutinario |
| 25 - 40 | Malo | Mantenimiento Periódico |
| 10 - 25 | Muy Malo | Rehabilitación |

| | | |
|--------|---------|----------------|
| 0 - 10 | Fallado | Rehabilitación |
|--------|---------|----------------|

Nota. Alarcón Alagón (2018) Nivel de Intervención respecto a la Condición de Pavimento, Cuzco, Perú.

El análisis del método del PCI en la Av. Jorge Basadre Grohmann ha proporcionado información valiosa que orientará futuras intervenciones y el mantenimiento necesario para preservar la integridad y la funcionalidad de esta vital arteria urbana. Estos resultados subrayan la importancia de una gestión efectiva de los pavimentos para garantizar la seguridad de los usuarios y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

CONCLUSIONES

Los parámetros de evaluación preestablecidos, que comprenden elementos como piel de cocodrilo, exudación, Abultamientos, corrugación, grieta en borde, desnivel de carril, grietas longitudinales, parcheo, pulimento de agregados, huecos, ahuellamiento, desplazamiento, desprendimiento de agregados son claros indicadores de la condición del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann. Estos elementos han sido establecidos como componentes fundamentales en nuestra metodología de evaluación, proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas.

Los resultados revelan que, de acuerdo con la metodología PCI, la condición del pavimento presenta variaciones significativas a lo largo del tramo estudiado. En las secciones de descenso, el pavimento se clasifica en el rango "Malo," lo que subraya la necesidad imperante de intervenciones para mejorar su estado. En contraste, en las secciones de ascenso, el pavimento se encuentra en el rango clasificado como "Bueno," indicando que estas áreas mantienen un nivel de calidad aceptable.

Las alternativas de intervención más adecuada para el pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann es un bacheo parcial, sellado de fisuras para trabajos de nivel de mantenimiento rutinario y rutinario periódico, para zonas más graves es necesario trabajos de bacheo Profundo, sellado de superficie, refuerzo estructural con mezcla asfáltica caliente en lugares que requieren una rehabilitación y/o mantenimiento.

Se han propuesto alternativas de intervención específicas para abordar cada una de las deficiencias identificadas en ambas vías. En el tramo de descenso, las deficiencias críticas incluyen baches, fisuramiento en el borde, pulimento de agregados, intemperismo, ahuellamiento, piel de cocodrilo y exudación. En el caso del tramo de ascenso, las principales deficiencias abordadas son el parche, fisuramiento en el borde, baches, pulimento de agregados, intemperismo, exudación y corrugación.

RECOMENDACIONES

En un futuro, se sugiere que la Municipalidad priorice las intervenciones en función de las clasificaciones obtenidas. Concentrar los esfuerzos y recursos en las secciones de descenso, donde el pavimento se encuentra en estado "muy malo," y considerar la aplicación de las alternativas de intervención propuestas para mejorar la calidad y seguridad de la vía.

En el futuro, se sugiere que la Municipalidad establezca un sistema de seguimiento y monitoreo continuo de la condición del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann. Esto permitirá una evaluación constante y la identificación temprana de deficiencias que requieran intervenciones adicionales

Para asegurar la eficacia de las intervenciones propuestas en el futuro, se recomienda buscar la asesoría de expertos en pavimentación y mantenimiento de carreteras. La colaboración con ingenieros y especialistas en infraestructura vial será esencial para garantizar la implementación exitosa de las mejoras y la maximización de los recursos disponibles

Es necesario para determinar los niveles de severidad de las fallas presentes en el pavimento flexibles utilizar herramientas para medir con exactitud la severidad de cada patología. Para un mayor conocimiento del proceso de construcción debemos consultar al Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial RD N°08-2014-MTC/14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Alagón, K. F. (2018). *“Evaluación del estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y su influencia en el confort de servicio del Circuito de la explanada de Sacsayhuaman- Cuzco”*. Cusco: Repositorio Digital de Tesis.
- Andes, U. I. (2016). *Estudio de la Resistencia a la Erosión de materiales empleados como bases en Pavimentos de Concreto Hidráulico*. Informe final, Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía de Bogotá, Bogotá.
- Atahui Contreras, J. C., & Morales Huamán, G. G. (2020). *Evaluación de la condición del pavimento flexible aplicando las metodologías VIZIR y PCI para proponer alternativas de mantenimientos – Av. Malecón Checa*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Ávila Argota, P. A. (2021). *Vulnerabilidad física de las vías de dos carriles debido a la pérdida de la capacidad de*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Cabrera Prieto, J. I., & Collahuazo Reinoso, D. A. (2012). "Análisis de las fallas más comunes en el funcionamiento del automóvil por las que se originan los accidentes de tránsito en la provincia de Azuay". *Título de Ingeniero Mecánico Automotriz*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Cajusol, D. E. (2017). *Evaluación del estado del pavimento rígido en la Av. Mariscal Castilla mediante la metodología PCI - Jaén 2016*. Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Perú.
- Chipana Oreja, R. B. (2022). *“Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Utilizando La Metodología Del PCI Y El Procesamiento De Imágenes Binarios En La Red Vial Nacional PE-40, Tramo: Km 14+145 – Km 20+629, Tacna - 2022”*. Tacna.
- Correa Vásquez, M. A., & del Carpio Molero, L. G. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura*. Universidad de Piura, Piura.
- Cubas Becerra, A. (2018). *Propuesta de rehabilitación de pavimento de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo en la avenida todos los santos de la ciudad de Chota*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (2016). *Identificación de fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación*. Santo Domingo, República Dominicana: Dirección General de Reglamentos y Sistemas.
- Economía, I. P. (2008). *IPE*. <http://ipe.org.pe/new/comentario-diario/23-7-2008/lo-que-nos-lleva-la-falta-de-mantenimiento-de-carreteras>

- Elzbieta Horszczaruk, B. J., Roman Jedrzejewski, P. S., & Krzysztof Cendrowski, E. M. (2017). Properties of cement composites modified with silica-magnetite. *Procedia Engineering*.
- Estache, A., & Fay, M. (2007). Current Debates on Infrastructure Policy. *Policy Research Working Paper*.
- Garnica Anguas, P., Gómez López, J. A., & Sesma Martinez, J. A. (2002). Mecánica de materiales para pavimento. *Secretaria de Comunicaciones y transportes*.
- Gonzales Jara, L. R. (2007). *Condición Superficial De La Av. Interoceánica Y Jr. Florida, Ciudad De Huaraz, Empleando Las Metodologías Del MTC Y PCI, Con Fines De Mantenimiento*. Huaraz - Ancash: Universidad Nacional Santiago Antuñes de Mayolo.
- Gonzales Morgado, D. E. (2018). *Metologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*.
- Grande Hinostraza, C. G. (2019). *Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI en el anillo vial tramo Chaupimarca - Pasco - 2018*. Universidad Nacional Daniel A. Carrión, Pasco.
- Guzman Navarro, M. A. (2017). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito de Pocollay Tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre y Forero, Aplicando el Método del PCI*. Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Irigoyen Ray, J. L., & Simon, L. F. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación*.
- Jimenez, J. L. (2018). "Evaluación de la Carpeta Asfáltica del pavimento flexible aplicando método PCI". *Título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú.
- Kumar, R., & Kumar Suman, S. (2021). *Development of overall pavement condition index for maintenance strategy selection for Indian highways*. India: Springer.
- L. Delbono, H., & Rebollo, O. R. (2017). Ahuellamiento en pavimentos asfálticos utilizando geosintéticos. *Revista Tecnología y ciencia*.
- Leguizamo Echeverri, J. A., & Vega Duarte, J. C. (2016). *Obtención de las leyes de fatiga por reflexión en mezclas asfálticas mediante el método de los elementos discretos*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Leiva Villacorta, F., Aguiar Moya, J. P., & Camacho Garita, E. (2016). Simulación de variables climáticas en ensayos de daño acelerado de pavimento a escala natural. *Revista Infraestructura Vial*.

- Mamani Luque, J. R., & Nuñez Velasquez, M. A. (2022). *“Nivel De Deterioro Del Pavimento Flexible (PCI) Y Propuesta De Mejora En La Av. Bohemia Tacneña – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna 2022”*. Tacna.
- Maquera Urure, C. A., & Talavera Pérez, G. C. (2021). *“Evaluación Funcional Y Estructural Del Pavimento Asfáltico Y Propuesta De Rehabilitación En La Av. Collpa Y Av. Tarapacá, Con La Av. Gregorio Albarracín, Tacna, 2021”*. Tacna.
- Mayoral Grajeda, E. F., Quintero Pereda, F. L., & Mendoza Díaz, A. (2003). Seguridad vial en carreteras. *IMY*.
- Meza, N. C. (2017). Seguridad vial en el transporte público en la ciudad de Huamachuco. *(Tesis de titulación)*. Universidad Autónoma de Ica, Ica, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima.
- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioro en pavimentos*. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Molina Moreira, J. J. (2018). *Consecuencias de cargas excesivas para los pavimentos de la red rodoviaria de Ecuador*. Instituto Politécnico de Leiria. Leiria: IPL.
- Montejo Fonseca, I. A. (2002). *Ingeniería de pavimentos* (Segunda ed.). (S. V. Fierro, Ed.) Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Muro Rodriguez, E. (2020). *Plan de gestión del pavimento preventivo para incrementar la productividad de la línea de producción en la empresa pavimentos y concreto S.A.C., Mochumi, 2019*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- Picado Muñoz, G. (2016). *Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre*. Universidad de Costa Rica, San José.
- Robles Bustios, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento Barranco - Surco - Lima*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Rodriguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible en la Av. Luis Montero Distrito de Castilla*. Piura.
- Romero Navarrete, J. A., Lozano Guzmán, A., & Martinez Madrid, M. (2002). *Estudio de la distribución espacial de daño a pavimentos causado por vehículos pesados*. Instituto Mexicano del transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Romero Navarrete, J. A., Lozano Guzman, A., & Martinez Madrid, M. (2002). *Estudio de la distribución espacial del daño a pavimentos por vehículos pesados*. *Secretaría de comunicaciones y transportes*.

- Salazar Tello, A. A. (2019). *“Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca - Tumán”*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.
- Shah, Y. U., Jain, S. S., Tiwari, D., & Jain, M. K. (2013). *Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network*. India: Elsevier.
- Suh, Y.-c., Park, K.-s., Kim, B.-i., Kwon, H.-j., & Ohm, B.-s. (2018). *Correlation Analysis between Pavement Condition Indices in Korean Roads*. Corea: Springer.
- Tacca Cutipa, C. R., & Supo Pacori, W. D. (2018). Efecto de mejoradores de adherencia en la estabilidad y flujo Marshall de Mezclas Asfálticas. *Revista Científica Investigación Andina*.
- Tacza Herrera, E. B., & Rodríguez Paez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Urbina Cantuta, C. M., Torres Flores, A. J., & Salazar-Calderón Juárez, R. (2019). Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna. *Ingeniería Investiga*.
- Urueta Arrieta, J. E. (2018). *Análisis de Estructuras de Pavimento Asfáltico Diseñadas con las ecuaciones de Patterson y Gillespie con énfasis en la Viabilidad económica de los diseños*.
- Vasquez Varela, I. (2017). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Vega Alva, R. L. (2017). *Influencia de riego de áreas verdes en la vida útil del pavimento flexible en la Av. Los Próceres, Distrito de San Martín de Porres, 2016*. Universidad César Vallejo, Lima.
- Venturini, I. (2019). *Carreteras Panamericanas*. (Iterchimica) <https://www.carreteras-pa.com/reportajes/la-adherencia-en-la-vida-del-pavimento/>
- Yauri Malpartida, Z. M., & Mamami Velasco, M. W. (2019). *Elaboración De Un Plan De Gestión de Pavimentos con El Método del PCI Mediante el uso Del UAV en la Urbanización Ingeniería Larapa Grande San Jerónimo – Cusco 2019*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.

ANEXOS

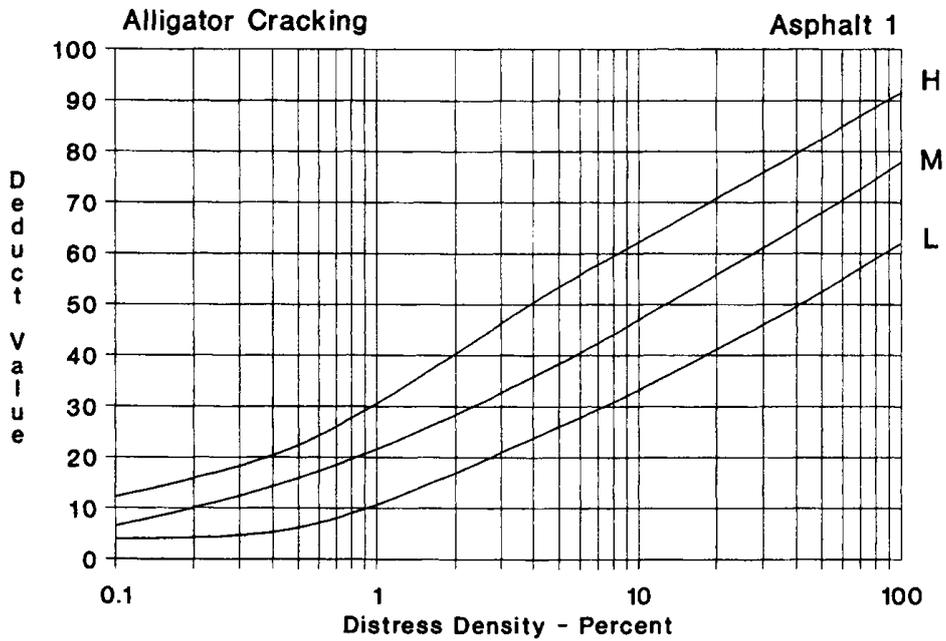
Anexo 1. Matriz de consistencia

| Interrogante del Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Indicadores | Métodos | Pruebas Estadística o Estrategia |
|--|--|--|--|---|---|--|
| <p>Interrogante principal</p> <p>¿Realizando una evaluación vial mediante el método PCI se logra plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto?</p> <p>Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los parámetros de Evaluación a tomar en cuenta en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este? • ¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Industrial tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Gustavo Pinto? • ¿Cuáles son las alternativas de intervención más adecuadas para el pavimento flexible la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este? | <p>Objetivo principal</p> <p>Realizar una evaluación vial mediante el método PCI y plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto.</p> <p>Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir los parámetros de Evaluación a tomar en cuenta en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este. • Estimar el estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este. • Plantear las alternativas de intervención más adecuadas para el pavimento flexible la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este. | <p>Hipótesis principal</p> <p>Realizando una evaluación vial mediante el método PCI se logra favorablemente plantear una propuesta de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este.</p> <p>Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros de Evaluación y principales fallas comunes que se encuentran en la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann Este son: Grietas de borde, Huecos, Pulimento de agregados, desprendimiento de agregados, exudación, parcheo. • El estado actual del pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann está dentro del rango “Malo” de calificación de pavimentos de la Metodología PCI • Las alternativas de intervención más adecuada para el pavimento flexible de la vía Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Gustavo Pinto - Av. Jorge Basadre Grohmann es un Mantenimiento Rutinario para las zonas Regulares y Reconstrucción para zonas críticas. | <p>Dependiente:</p> <p>Condición operacional del pavimento.</p> <p>Independiente:</p> <p>Evaluación vial</p> | <p>Calidad del pavimento según las elevaciones y depresiones que afectan la transitabilidad.</p> <p>Índice de la integridad estructural.</p> <p>Escala de clasificación PCI.</p> <p>Determinación del Índice de Estado del Pavimento.</p> <p>Inspección visual del pavimento.</p> <p>Identificación de anomalías en pavimento flexible.</p> <p>Estado de la superficie del pavimento.</p> <p>Valoración de severidad de fallas.</p> | <p>Método del PCI de la vía de estudio.</p> | <p>Formato de evaluación para carreteras con superficies asfálticas.</p> |

Anexo 2: Curvas de valor deducido para metodología PCI

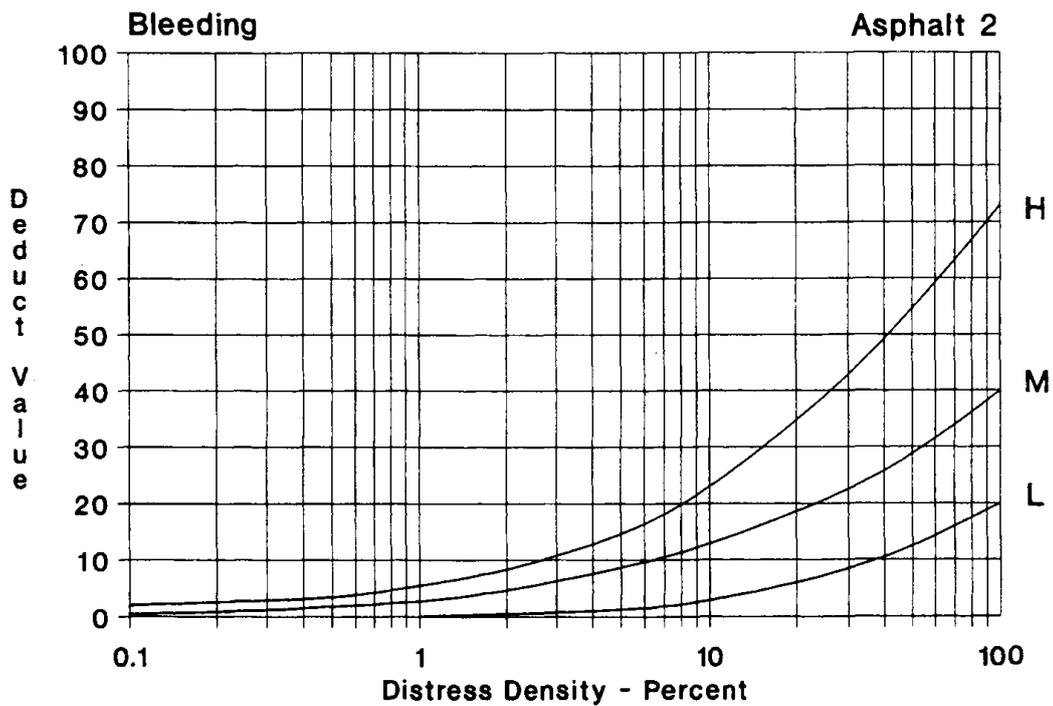
Figura 89

CVD – Piel de cocodrilo



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

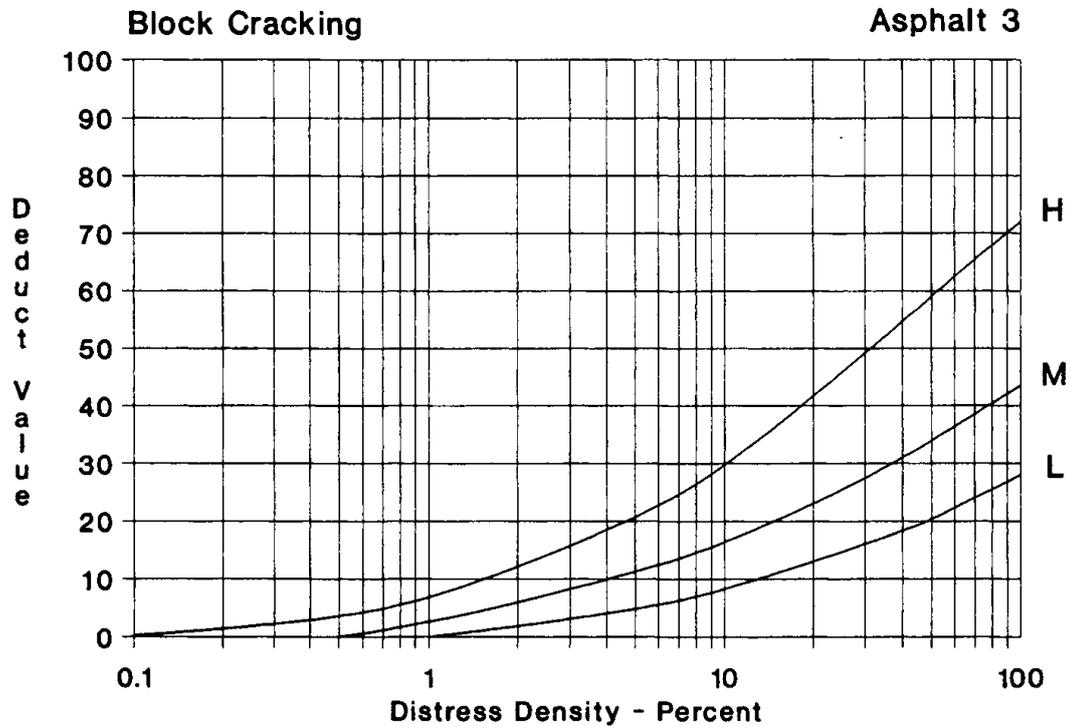
Figura 90 CVD – Exudación



Nota. Fuente: Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 91

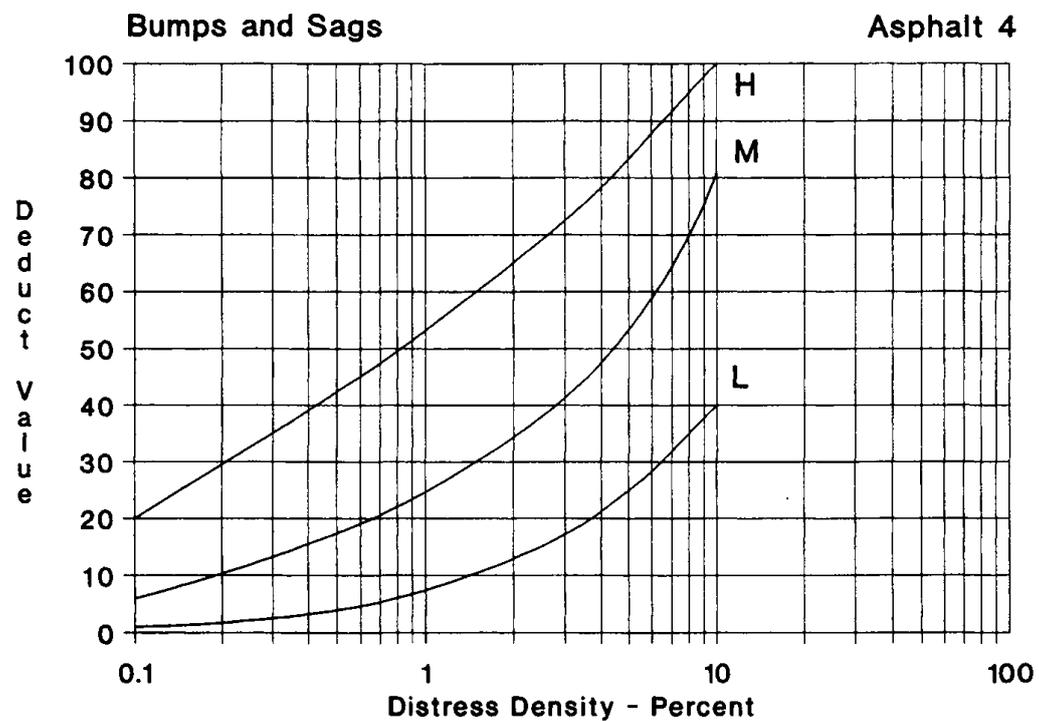
CVD – Fisura en bloque



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 92

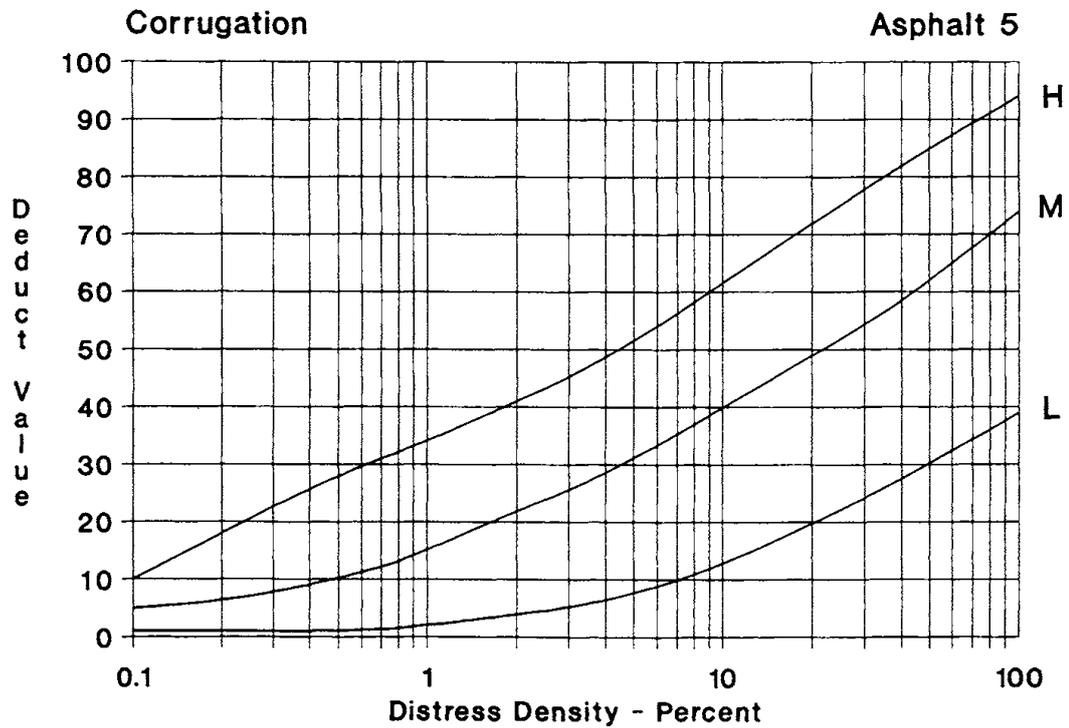
CVD - Hundimientos



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 93

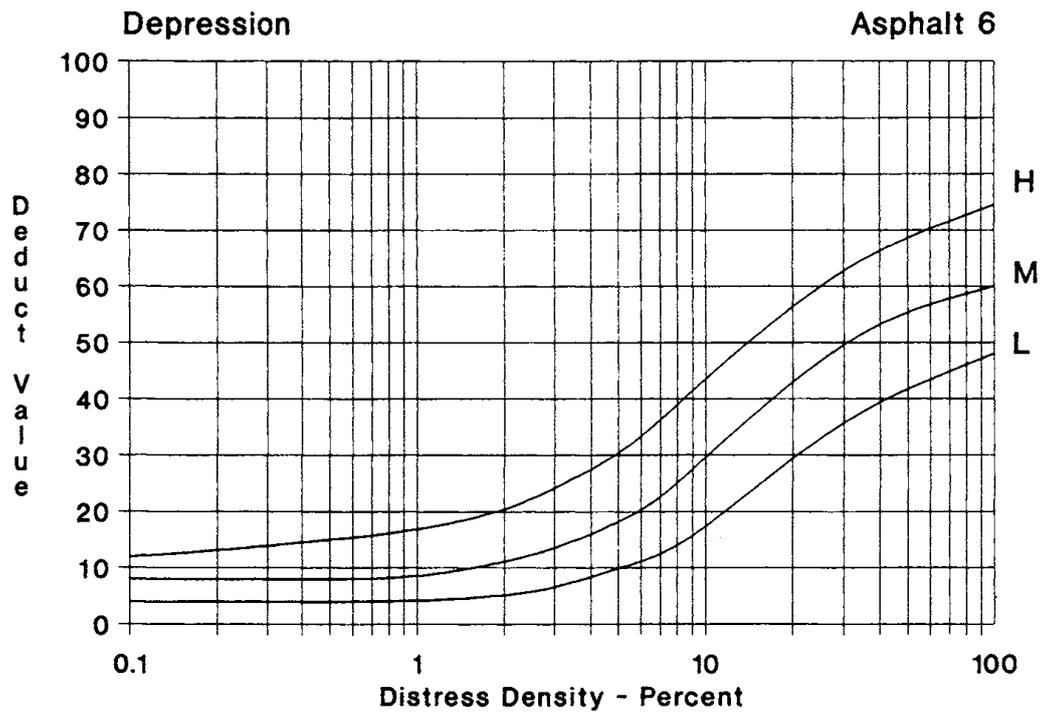
CVD – Corrugación



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 94

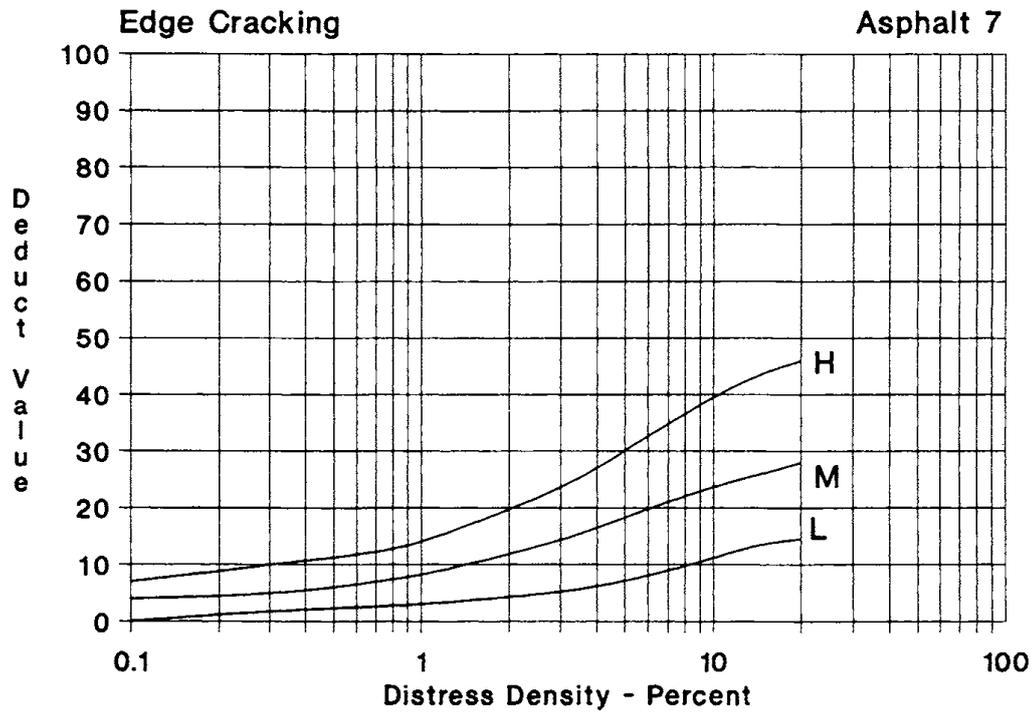
CVD - Depresión



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 95

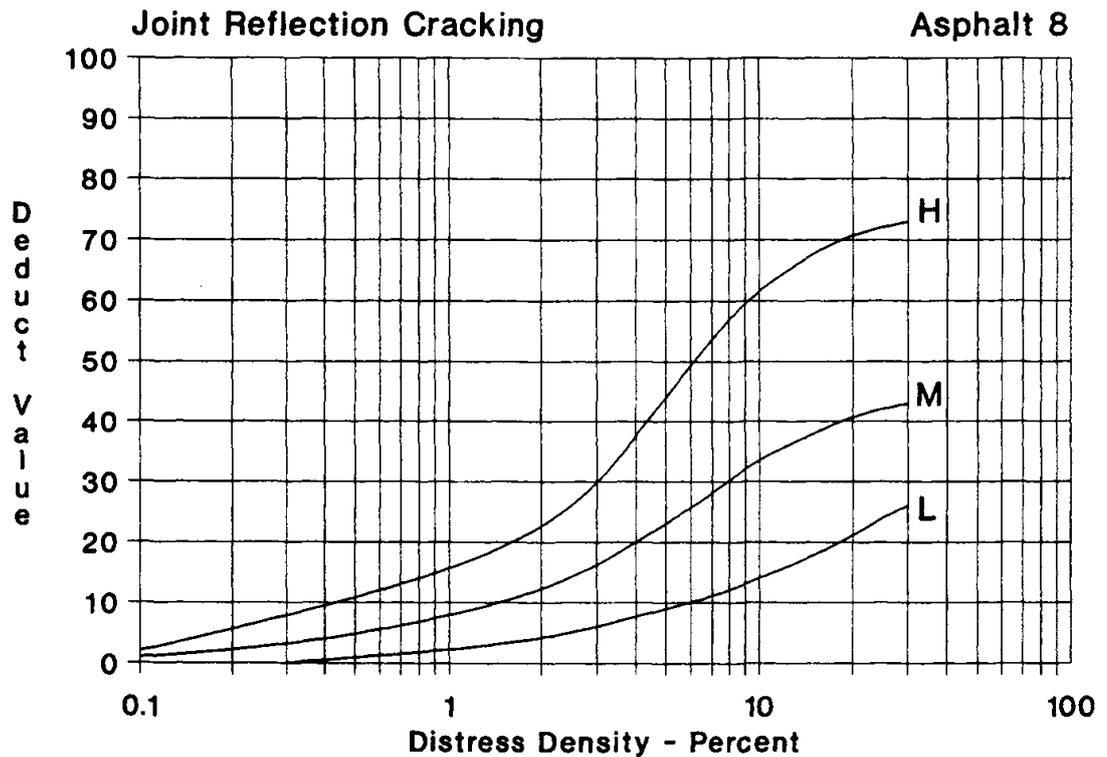
CVD – Fisura en borde



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 96

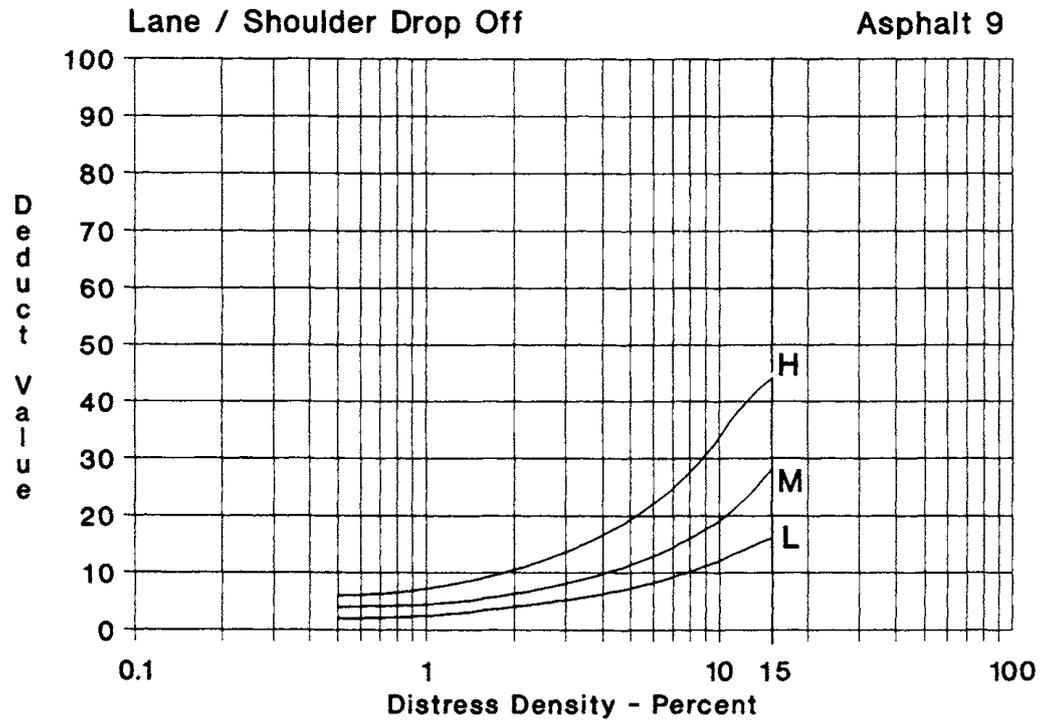
CVD – Grieta de reflexión de junta



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 97

CVD – Desnivel carril/berma



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 98

CVD – Fisura longitudinal y transversal

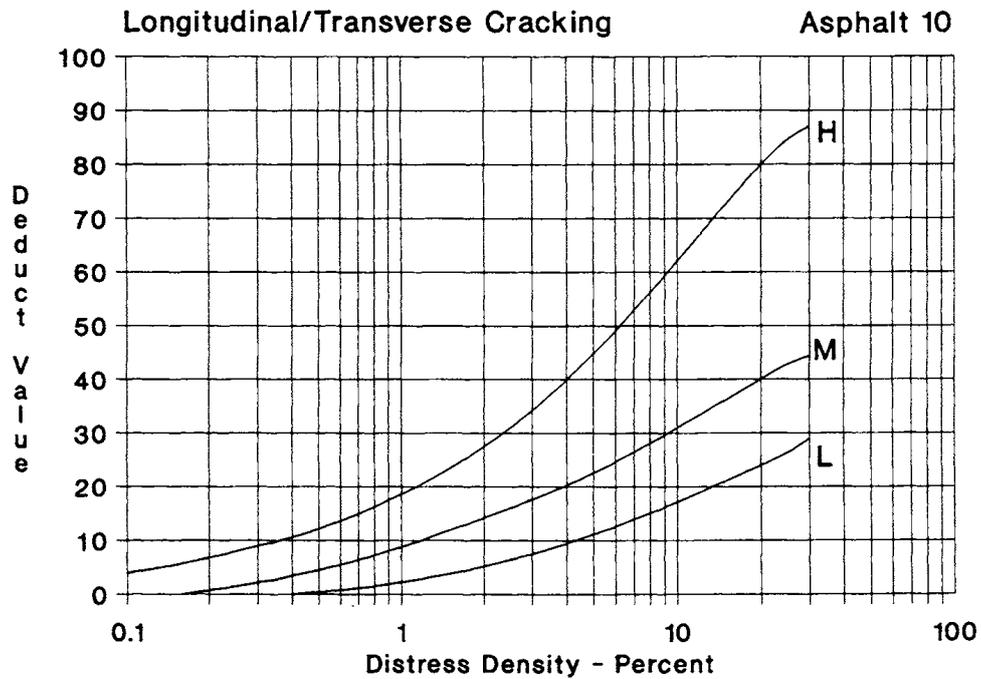
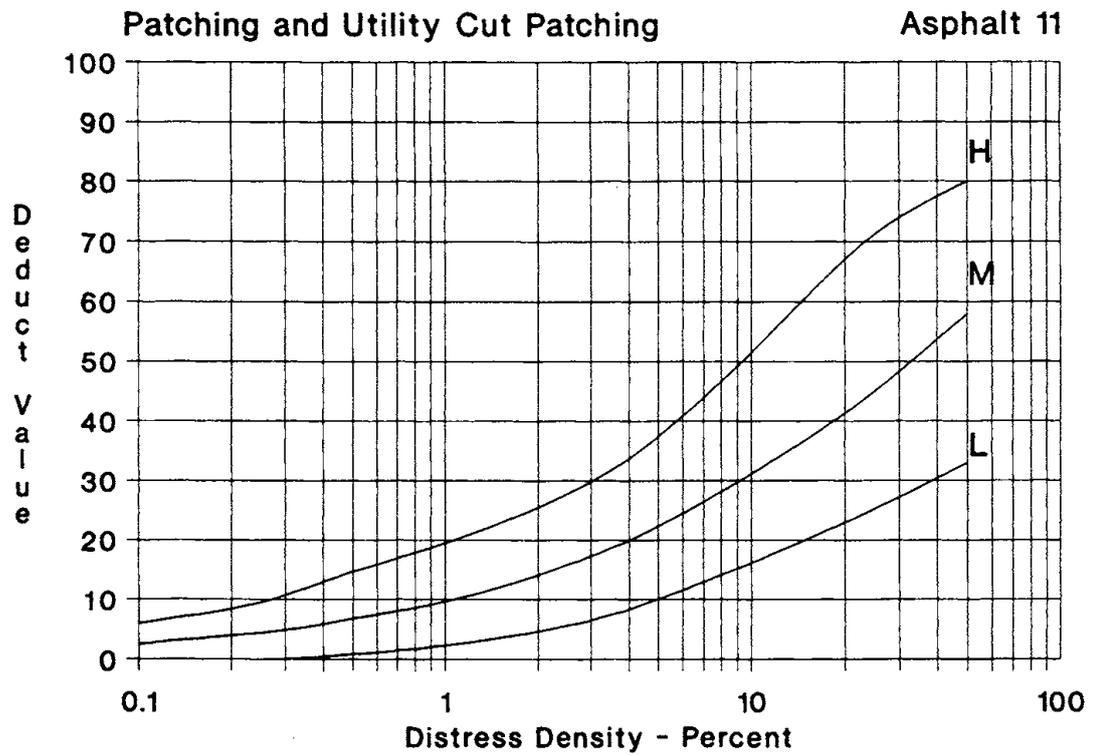


Figure B-33. Longitudinal/Transverse Cracking.

Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 99

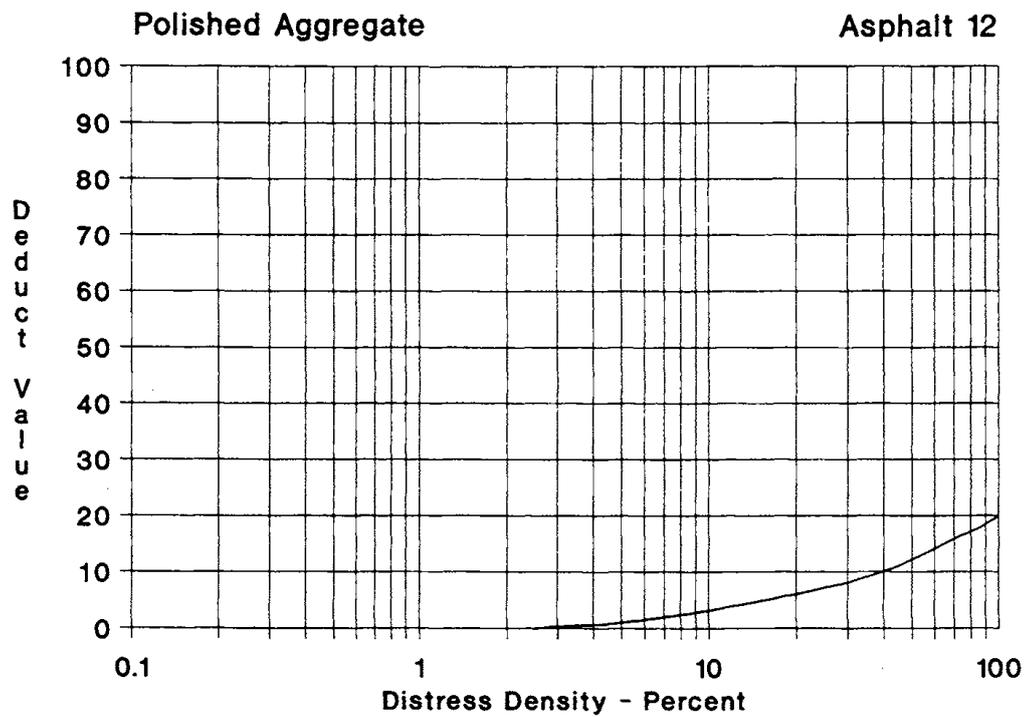
CVD - Parqueo



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 100

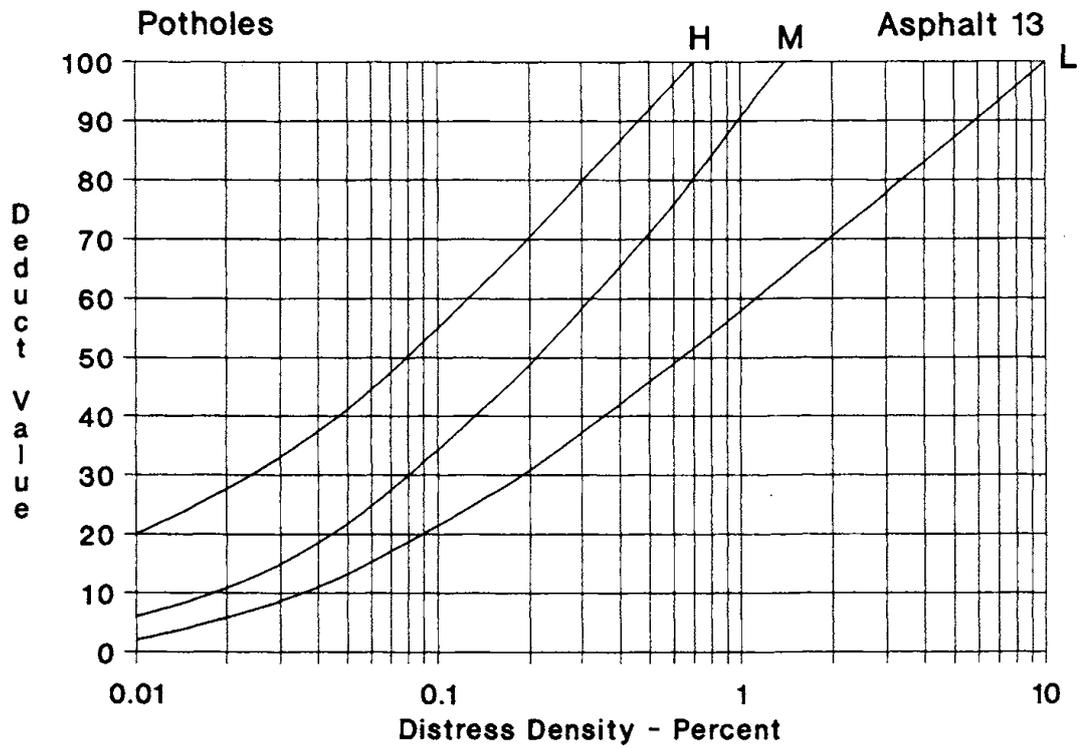
CVD - Pulimento de agregados



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 101

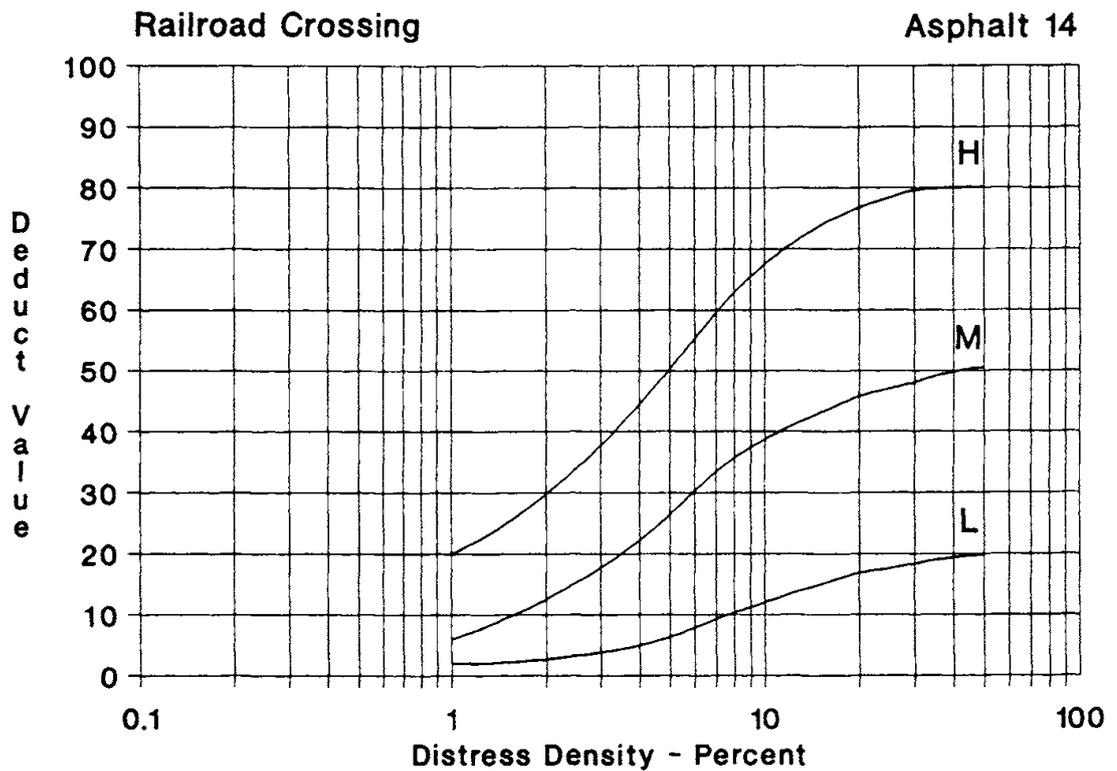
CVD - Huecos



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 102

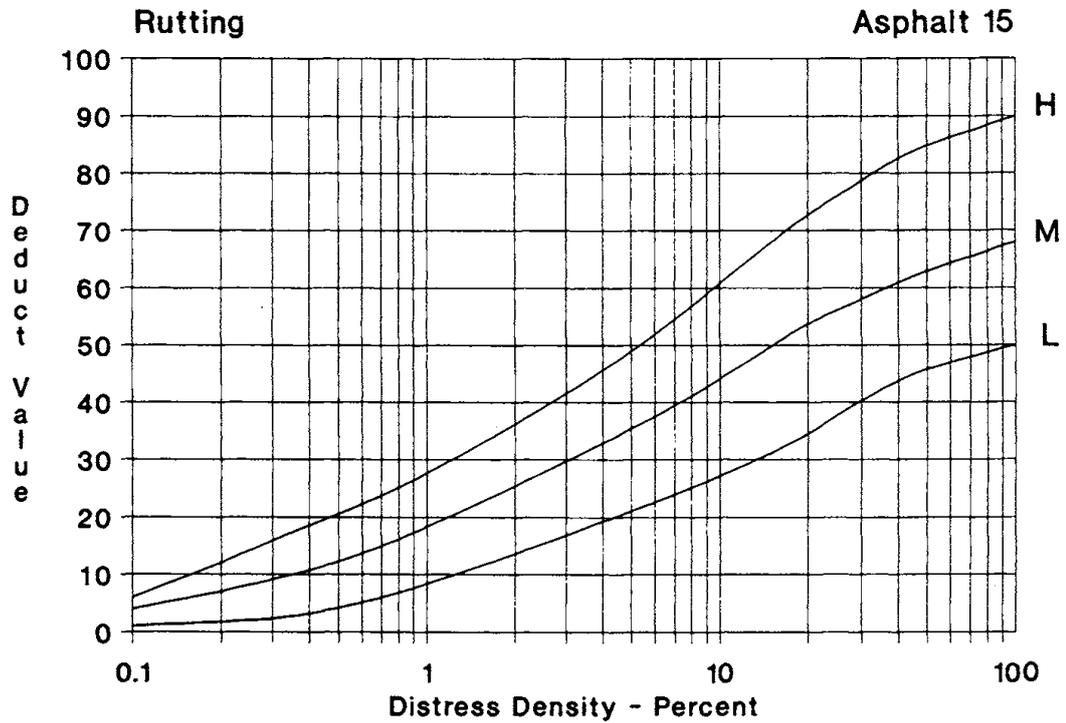
CVD - Cruce de vía férrea



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 103

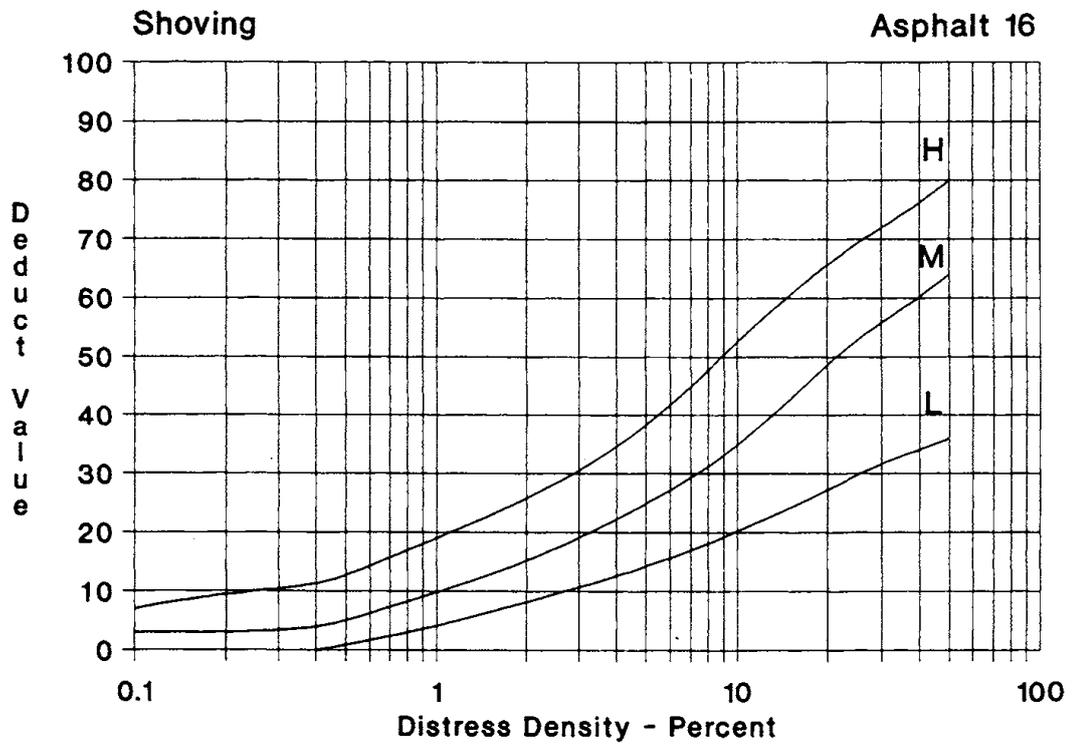
CVD - Ahuellamiento



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 104

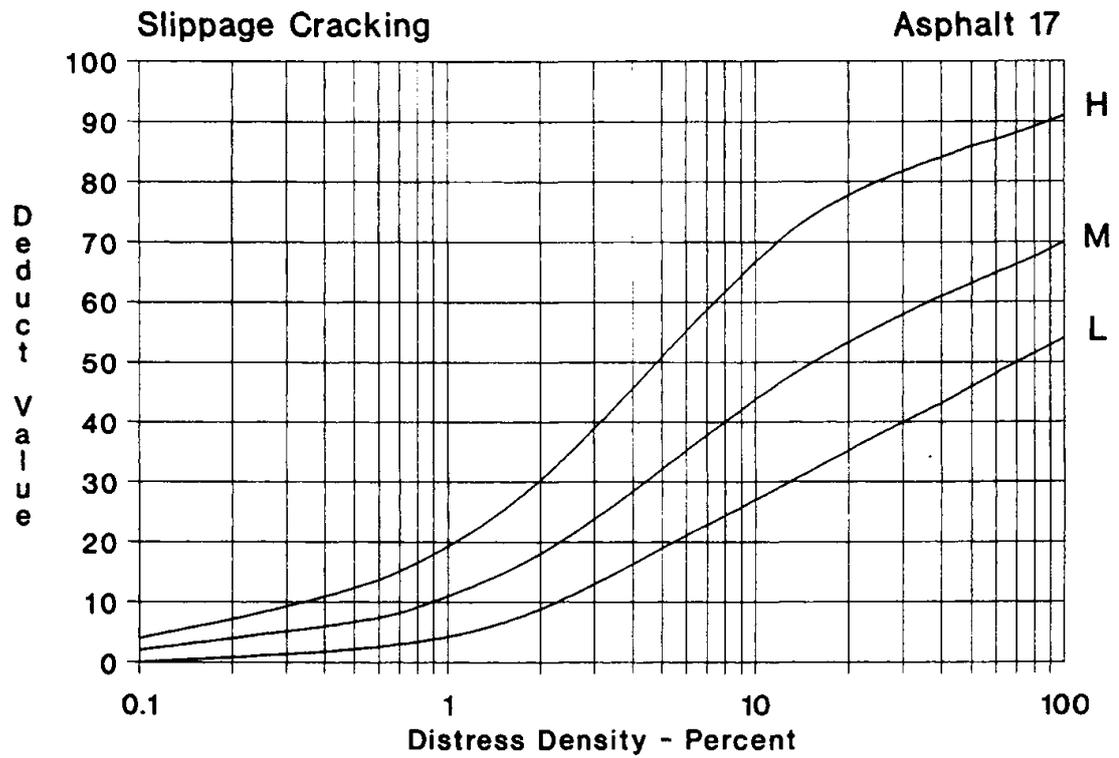
CVD - Desplazamiento



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 105

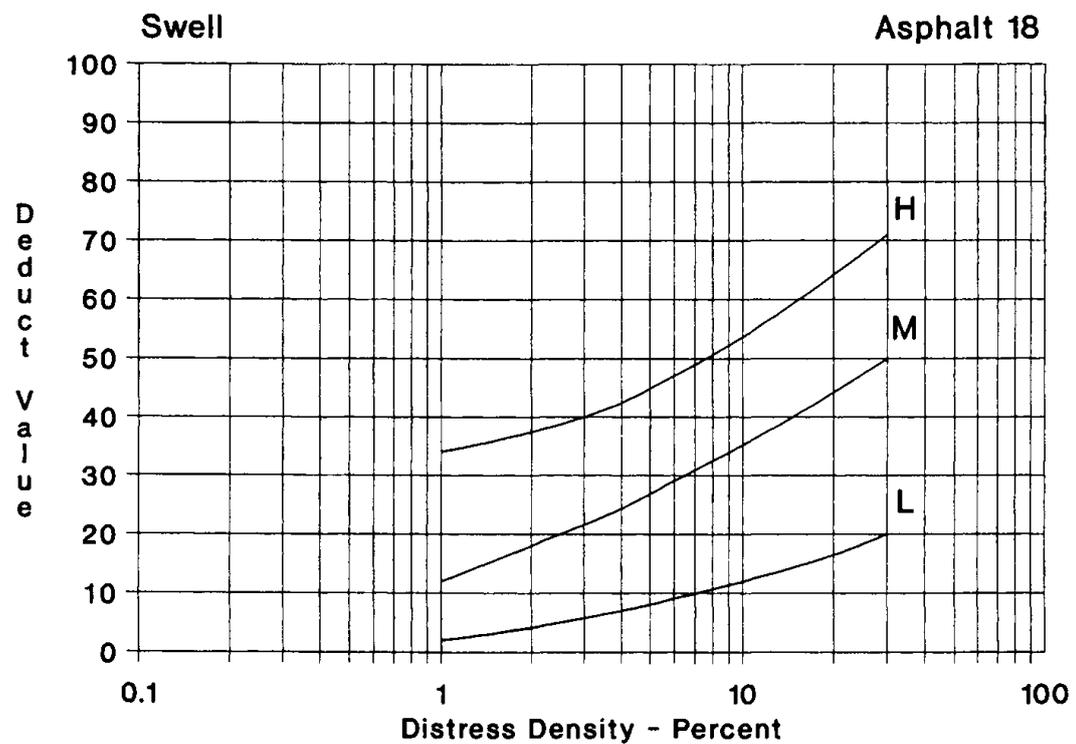
CVD – Fisura parabólica



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 106

CVD - Hinchamiento

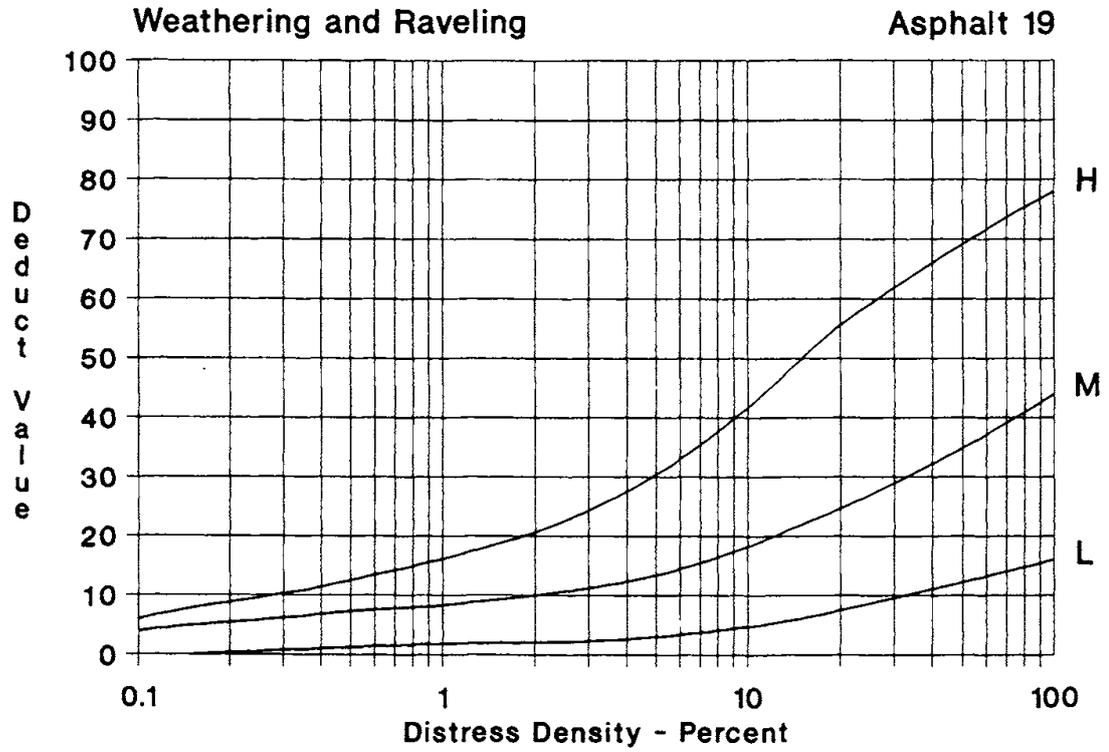


Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV

Figura 107

CVD – Desprendimiento de agregados

404 / Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots



Nota. Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV