



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

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

Presentado por:

- Zenaida Margot Yauri Malpartida
- Majumi Winny Yucelia Mamani Velazco
Para Optar El Título Profesional de Ingeniería Civil

Asesor:

Ing. Robert Milton Merino Yépez

CUSCO – PERU

2019



DEDICATORIA

A mis padres Ceferino y Aurelia, por el apoyo incondicional y la confianza depositada durante toda esta etapa de formación; a mi esposo Oscar por su fortaleza para alcanzar esta meta y para mi hijo querido Lucas quien es mi mayor motivo de superación; a mis hermanos Vilma, Marco y Mirtha por el apoyo incondicional que me brindan; a mis docentes de la Universidad que contribuyeron a concluir esta etapa académica.

Bach. Zenaida Margot Yauri Malpartida

Dedico esta tesis, a mi madre Celia, por su esfuerzo, compromiso y la confianza depositada en cada decisión que tome; a mi padre Simón, quien me introdujo al mundo a la cual escogí mi profesión, y por haberme ayudado a formar mi carácter; a mis hermanos Coralia y Adrian, quienes son mi principal motivo, y por haberme dado la fuerza necesaria para poder culminar esta etapa de mi vida; a mis amigos, por todos los momentos compartidos; y a mis docentes universitarios por su enseñanza la cual contribuyo a mi formación académica.

Bach. Majumi Winny Yucelia Mamani Velazco



AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, guiarme por un buen camino y darme la fortaleza para culminar mis estudios universitarios.

A mi padre Ceferino, por incentivar siempre el estudio y valores en mi formación; a mi madre Aurelia, por su amor, comprensión y constante apoyo; a mis hermanos Vilma, Marco y Mirtha por todos los consejos brindados; a mi esposo por sus palabras de motivación para poder cumplir esta meta.

A nuestro asesor, Ing. Milton Merino Yépez, por todo el apoyo, dedicación incondicional y las facilidades que nos ha brindado para poder lograr con éxito este trabajo.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a mis docentes que guiaron y apoyaron mi formación profesional.

Bach. Zenaida Margot Yauri Malpartida

A mi madre Celia por todo el sacrificio realizado para que pueda culminar mi profesión, y a mi familia por todo el apoyo incondicional.

A nuestro asesor, Ing. Milton Merino Yépez, por la confianza y el apoyo incondicional que nos ha depositado para poder culminar con la presente investigación.

A mi querida Universidad Andina del Cusco, a mi Facultad de Ingeniería y Arquitectura, a mis Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por formarme en el campo profesional a través de la cátedra universitaria transfiriendo y compartiendo sus conocimientos teóricos y prácticos, por todos sus consejos y sugerencias.

A todos mis compañeros y en especial para mis amigos que gracias a las diferentes experiencias vividas durante la vida universitaria aprendí y aprendimos nuevos valores, nuevos conocimientos, nuevas formas de convivir en grupo enfocados en cumplir las metas y objetivos trazados.

Bach. Majumi Winny Yucelia Mamani Velazco



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo elaborar un Plan de Gestión de Pavimentos, con el método del PCI usando como herramienta principal un vehículo aéreo no tripulado (UAV), que comprende la Urbanización Ingeniería Larapa Grande del Distrito de San Jerónimo.

En esta zona de constante desarrollo y crecimiento, se encuentran pavimentos del tipo Rígido, Flexible ó en el caso de la Av. 02 y el Frontis de la UAC que presentan ambos; la superficie del pavimento presenta diferentes tipos de fallas, por lo que se realizó un estudio a detalle, obteniendo fotos de alta resolución del pavimento con el uso del UAV INSPIRE 2, esto para identificar las fallas existentes, por medio de la ortofoto referenciada en el AutoCad CIVIL 3D; y cuantificar el estado de la vía, utilizando el método del PCI que tiene gran aceptación a nivel nacional como internacional. El estudio del deterioro de la superficie del pavimento de la Urbanización Ingeniería Larapa Grande, tiene como finalidad determinar el tipo de intervención, según la condición del pavimento de cada vía de estudio, y con esto el costo estimado para generar un plan de gestión.

En función a los resultados obtenidos, se concluye que la Av. 01 (Los Sauces) tiene un PCI de 44.46 con un rango de calificación Regular y un tipo de intervención de Mantenimiento Rutinario; la Av. 03 (Las Retamas) tiene un PCI de 8.29 con un rango de calificación Colapsado y un tipo de intervención de Rehabilitación y Reconstrucción; la Av. 05 (Los Chachacomos) tiene un PCI de 21.67 con un rango de calificación Muy Pobre de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 0+889.58 y un tipo de intervención de Rehabilitación y Reconstrucción; y un PCI de 98.50 con un rango de calificación Excelente de la progresiva 0+889.58 a la progresiva 0+974.79 sin ningún tipo de Acción de Mantenimiento; el Frontis de la UAC (Las Gardenias) tiene un PCI de 94.75 con un rango de calificación Excelente de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 0+184.90 sin ningún tipo de Acción de Mantenimiento, un PCI de 22.70 con un rango de calificación Muy Pobre de la progresiva 0+184.90 a la progresiva 0+310.30, y un PCI de 9.00 con un rango de calificación Colapsado de la progresiva 0+310.30 a la progresiva 0+316.50, ambos con un tipo de intervención de Recapado Asfáltico; la Av. 02 (Los Álamos) tiene un PCI de 8.86 con un rango de calificación Colapsado de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 0+268.00 con un tipo de intervención de Rehabilitación y Reconstrucción, y un PCI de 82.00 con un rango de Muy Bueno de la progresiva 0+268.00 a la progresiva 0+312.00 sin ningún tipo de Acción de Mantenimiento.



La Av.4 (Circunvalación Norte) tiene un PCI de 84.83 con un rango de calificación Muy Bueno; la Calle los Capulíes tiene un PCI de 81.74 con un rango de calificación Muy Bueno; la Av. 06 (Los Quishuares) tiene un PCI de 71.56 con un rango de calificación Muy Bueno; la Av. 08 (San Agustín – Los Huarangos) tiene un PCI de 71.31 con un rango de calificación Muy Bueno; la Av. 10 (Las Intimpas) tiene un PCI de 49.87 con un rango de calificación Regular; la Av. 22 (Los Ñucchos) tiene un PCI de 71.21 con un rango de calificación Muy Bueno. Las Calles los Geranios, Orquídeas, Begonias y el Jirón Los Jazmines tienen PCI de 100.00, 99.25, 98.75 y 99.63 respectivamente, con un rango de calificación Excelente, se determinó no realizar ningún tipo de Acción de Mantenimiento.

PALABRAS CLAVE: Pavimento, Plan de Gestión, Ortofoto, Tipo de Intervención.

**ABSTRACT**

This research work aims to develop a Pavement Management Plan, with the method of PCI Pavement Condition Index using an UAV unmanned aerial vehicle as the main tool, which includes the Larapa Grande Engineering Urbanization of the San Jerónimo District, from the province of Cusco.

In this area of constant development and growth, there is rigid, flexible pavement, or in the case of Av. 02 and the Frontis of the UAC that both have; the surface of the pavement presents different types of faults, so a detailed study was carried out, obtaining high-resolution photos of the pavement with the use of the INSPIRE 2 UAV, this to identify existing faults, by means of the orthophoto referenced in the CIVIL 3D AutoCad; and quantify the state of the road, using the PCI method that is widely accepted nationally and internationally. The study of the deterioration of the surface of the pavement of the Ingeniería Larapa Grande Urbanization, its purpose is to determine the type of intervention, according to the condition of the pavement of each route of study, and with this the estimated cost to generate a management plan.

Based on the results obtained, it is concluded that Av. 01 (Los Sauces) has a PCI of 44.46 with a Regular rating range and a type of Routine Maintenance intervention; Av. 03 (Las Retamas) has a PCI of 8.29 with a collapsed rating range and a type of Rehabilitation and Reconstruction intervention; Av. 05 (Los Chachacomos) has a PCI of 21.67 with a Very Poor rating range from progressive 0 + 000.00 to progressive 0 + 889.58 and a type of Rehabilitation and Reconstruction intervention; and a PCI of 98.50 with an Excellent rating range from progressive 0 + 889.58 to progressive 0 + 974.79 without any Maintenance Action. The UAC's road (Las Gardenias) has 94.75 to PCI with an excellent rating range from progressive 0+000.00 to progressive 0+184.90 without any Maintenance Action, and 22.70 PCI with a Very Poor rating range from progressive 0 + 184.90 to progressive 0 + 310.30, and a 9.00 PCI with a Collapsed rating range from progressive 0 + 310.30 to progressive 0 + 316.50, both with a type of Asphalt Refill intervention; Av. 02 (Los Alamos) has a PCI of 8.86 with a rating range Collapsed from progressive 0 + 000.00 to progressive 0 + 268.00 with a type of Rehabilitation and Reconstruction intervention, and a PCI of 82.00 with a Very Good range from progressive 0 + 268.00 to progressive 0 + 312.00 without any Maintenance Action.



Av.4 (North Ring) has a PCI of 84.83 with a Very Good rating range; Los Capulíes Street has a PCI of 81.74 with a Very Good rating range; Av. 06 (Los Quishuares) has a PCI of 71.56 with a Very Good rating range; Av. 08 (San Agustín - Los Huarangos) has a PCI of 71.31 with a Very Good rating range; Av. 10 (Las Intimpas) has a PCI of 49.87 with a Regular rating range; Av. 22 (Los Ñucchos) has a PCI of 71.21 with a Very Good rating range; The streets of Geraniums, Orchids, Begonias and Los Jazmines have PCI of 100.00, 99.25, 98.75 and 99.63 respectively, with an excellent rating range, it was determined not to perform any type of Maintenance Action.

KEY WORDS: Pavement, Management Plan, Orthophoto, Type of Intervention.



INTRODUCCIÓN

Los Pavimentos son estructuras que necesitan de un adecuado diseño para tener un mejor desempeño. Diversos factores pueden conducir a que el pavimento falle, se deteriore y no llegue a cumplir su periodo de vida útil. Lo cual nos lleva a la necesidad de mejorar el estado de una vía, por lo que se debe realizar estudios utilizando métodos que nos permitan determinar la condición del pavimento, que serán necesarios para determinar el tipo de intervención. Independientemente del proceso de deterioro natural en toda estructura de pavimento, se debe iniciar las labores de mantenimiento y rehabilitación desde el inicio de su período de diseño, por lo que nos lleva a realizar planes a largo y corto plazo.

En algunos casos, los gobiernos locales no invierten en un plan de gestión de pavimento adecuado, la toma de decisiones para el mantenimiento y/o rehabilitación está basada en los reclamos y presión política; por lo que se evidencia la mala condición de las vías.

La presente tesis tiene como finalidad elaborar un Plan de Gestión de Pavimentos, para la Urbanización Ingeniería Larapa Grande del Distrito de San Jerónimo, para lo cual se utilizó la metodología enmarcada dentro de una evaluación superficial, cuyo indicador se cuantifica a través del índice de condición del pavimento (PCI), usando como herramienta principal un vehículo aéreo no tripulado (UAV), que nos brindará fotografías en alta resolución que luego serán procesadas, para finalmente obtener ortofotos de cada una de las vías de estudio, ayudando así a determinar y cuantificar los tipos de fallas, así también nos permitirá obtener características geométricas de dichas vías. El PCI obtenido nos ayudará a determinar el tipo de intervención que será necesario realizar para mejorar el estado de las vías de la zona de estudio.

Con la elaboración del Plan de Gestión de Pavimentos se introduce un nuevo sistema de planificación de obras de mantenimiento vial en la Región del Cusco. Estamos también proponiendo otro método de recolección de datos, que a comparación del método tradicional permitirá optimizar tiempos, recursos y precisión; utilizando un quipo UAV.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

RESUMEN..... iv

INTRODUCCIÓN viii

1. INDICE DE TABLAS xii

2. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

 2.1. Identificación del Problema..... 1

 2.1.1. Descripción del Problema 1

 2.1.2. Formulación Interrogativa del Problema 2

 2.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema general 2

 2.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas específicos 2

 2.2. Justificación e Importancia de la Investigación..... 3

 2.2.1. Justificación Técnica 3

 2.2.2. Justificación Social..... 3

 2.2.3. Justificación por Viabilidad..... 3

 2.2.4. Justificación por Relevancia..... 3

 2.3. Limitaciones de la Investigación 4

 2.4. Objetivo de la Investigación 5

 2.4.1. Objetivo General 5

 2.4.2. Objetivos Específicos 5

3. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 6

 2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual 6

 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional 6

 2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional..... 8

 2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes 10

 2.1.1. Gestión De Pavimentos 10

 2.1.2. Plan de Gestión de Pavimentos 11

 2.1.5. El Pavimento como Elemento de Análisis para la Gestión 16

 2.1.6. Pavimentos 17

 2.1.7. Estructura Del Pavimento..... 17

 2.1.8. Tipos De Pavimentos..... 18

 2.1.9. Pavimento Rígido 19

 2.1.10. Pavimento Flexible..... 21

 2.1.11. Tipo De Fallas En Pavimento Rígido..... 22



- 2.1.12. Tipo De Fallas En Pavimento Flexible..... 43
- 2.1.13. Evaluación De Pavimentos..... 63
- 2.1.14. Índice De Condición De Pavimento – PCI..... 64
- 2.1.15. Procedimiento y Cálculo Del PCI 65
- 2.1.16. Intervención y Conservación Vial 80
- 2.1.18. Fotogrametría 85
- 2.1.18.1. Fotogrametría Aérea..... 85
- 2.1.18.2. Vehículo Aéreo No Tripulado – UAV 86
- 2.2. Hipótesis 88
- 2.2.1. Hipótesis General 88
- 2.2.2. Sub Hipótesis..... 88
- 2.3. Definición de Variables 89
- 2.3.1. Variables Independientes 89
- 2.3.2. Variables Dependientes 89
- 2.3.3. Cuadro de Operacionalización de Variables 89
- 3. CAPITULO III: METODOLOGIA 90
- 3.1. Metodología de la Investigación..... 90
- 3.1.1. Enfoque de la Investigación 90
- 3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación..... 90
- 3.1.3. Método de Investigación 90
- 3.2. Diseño de la Investigación..... 91
- 3.2.1. Diseño Metodológico 91
- 3.2.2. Diseño de Ingeniería..... 92
- 3.3. Población y Muestra 93
- 3.3.1. Población 93
- 3.3.1.1. Descripción de la Población 93
- 3.3.1.2. Cuantificación de la Población..... 93
- 3.3.2. Muestra..... 93
- 3.3.2.1. Descripción de la Muestra 93
- 3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra..... 94
- 3.3.2.3. Método de Muestreo..... 94
- 3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra 94
- 3.3.3. Criterios de Inclusión 95
- 3.4. Instrumentos 96
- 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos 96



3.4.1.1.	Instrumento de Recolección de Datos Para Inventario de Calles y Avenidas	96
3.4.1.2.	Instrumento de Recolección de Datos Para Tipo de Falla.....	97
3.4.1.3.	Instrumento de Recolección de Datos Para PCI.....	98
3.4.1.4.	Instrumento de Recolección de Datos Para Tipo de Intervención	99
3.4.1.5.	Instrumento de Recolección de Datos Para Costo.....	99
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería.....	99
3.5.	Procedimiento de Recolección de Datos	100
3.5.1.	Inventario de Calles y Avenidas	100
3.5.2.	Tipos de Fallas	117
3.5.3.	Índice de Condición de Pavimento - PCI.....	146
3.5.4.	Tipo de Intervención	233
3.5.5.	Costo	234
3.6.	Procedimiento de Análisis de Datos	241
3.6.1.	Inventario de Calles y Avenidas	241
3.6.2.	Tipos de Fallas	243
3.6.3.	Índice de Condición de Pavimento - PCI.....	255
3.6.4.	Tipo de Intervención	437
3.6.5.	Costo	440
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS.....	443
5.	CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	455
6.	GLOSARIO	458
7.	CONCLUSIONES	460
8.	RECOMENDACIONES	463
9.	REFERENCIAS	464
10.	ANEXOS	457
10.1.	MATRIZ DE CONSISTENCIA	458
10.2.	PLANOS	459
10.3.	COSTOS Y PRESUPUESTOS	460



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ejemplo Hipotético de Cuantificación y	14
Tabla 2: Tipo de Pavimentos	18
Tabla 3: Esquema de Fallas de Pavimento Rígido	23
Tabla 4: Catálogo de Falla de Blowup / Buckling	24
Tabla 5: Catálogo de Falla de Grieta de Esquina	25
Tabla 6: Catálogo de Falla de Losa Dividida	26
Tabla 7: Catálogo de Falla de Grieta de Durabilidad “D”	27
Tabla 8: Catálogo de Falla de Escala	28
Tabla 9: Catálogo de Falla de Daño del Sello de Junta	29
Tabla 10: Catálogo de Falla de Desnivel Carril Berma	30
Tabla 11: Catálogo de Falla de Fisuras Lineales	31
Tabla 12: Catálogo de Falla de Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos	32
Tabla 13: Catálogo de Falla de Parches Pequeños	33
Tabla 14: Catálogo de Falla de Pulimiento de Agregados	34
Tabla 15: Catálogo de Falla de Popouts	35
Tabla 16: Catálogo de Falla de Bombeo	36
Tabla 17: Catálogo de Falla de Punzonamiento	37
Tabla 18: Catálogo de Falla de Cruce de Vía Férrea y Rompemuelle	38
Tabla 19: Catálogo de Falla de Resquebrajamiento, Mapa de Fisuras y Craquelado	39
Tabla 20: Catálogo de Falla de Grietas de Retracción	40
Tabla 21: Catálogo de Falla de Descascaramiento de Esquina	41
Tabla 22: Catálogo de Falla de Descascaramiento de Junta	42
Tabla 23: Esquema de Fallas de Pavimento Flexible	43
Tabla 24: Catálogo de Falla Piel de Cocodrilo	44
Tabla 25: Catálogo de Falla de Exudación	45
Tabla 26: Catálogo de Agrietamiento en Bloque	46
Tabla 27: Catálogo de Falla de Abultamientos y Hundimientos	47
Tabla 28: Catálogo de Falla de Corrugación	48
Tabla 29: Catálogo de Falla de Depresión	49
Tabla 30: Catálogo de Falla de Grieta de Borde	50
Tabla 31: Catálogo de Falla de Grieta de Junta de Reflexión	51
Tabla 32: Catálogo de Falla de Desnivel Carril / Berma	52
Tabla 33: Catálogo de Falla de Grietas Longitudinales y Transversales	53
Tabla 34: Catálogo de Falla de Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	54
Tabla 35: Catálogo de Falla de Pulimiento de Agregados	55
Tabla 36: Catálogo de Falla de Huecos	56
Tabla 37: Catálogo de Falla de Cruce de Vía Férrea y Rompemuelle	57
Tabla 38: Catálogo de Falla de Ahuellamiento	58
Tabla 39: Catálogo de Falla de Desplazamiento	59
Tabla 40: Catálogo de Falla de Parabólicas	60
Tabla 41: Catálogo de Falla de Hinchamiento	61
Tabla 42: Catálogo de Falla de Meteorización / Desprendimiento de Agregados	62
Tabla 43: Esquema de Tipos de Evaluación en el Pavimento	63
Tabla 44: Esquema del Procedimiento y Cálculo del PCI	66
Tabla 45: Ejemplo de formato de evaluación para el PCI	67
Tabla 46: Opción de Reparación para pavimento flexible por tipo de mantenimiento periódico	81
Tabla 47: Opción de Reparación para pavimento flexible por tipo de mantenimiento rutinario	82
Tabla 48: Opción de Reparación para pavimento rígido por tipo de mantenimiento periódico	83
Tabla 49: Opción de Reparación para pavimento rígido por tipo de mantenimiento rutinario	83
Tabla 50: Categoría de acción según PCI	84
Tabla 51: Especificaciones Técnicas de la Cámara del UAV Inspire 2	87
Tabla 52: Cuadro de Operacionalización de Variables	89
Tabla 53: Clasificación de Vías según Tipo de Pavimento	94



Tabla 54: Tamaño de Rango de Secciones Según Tipo de Pavimento 95

Tabla 55. Instrumento de Recolección de Datos del Inventario de Calles y Avenidas 96

Tabla 56: Instrumento de Recolección de Datos del Tipo de Falla de Pavimento Rígido 97

Tabla 57: Instrumento de Recolección de Datos del Tipo de Falla de Pavimento Flexible 97

Tabla 58. Instrumento de Recolección de Datos del Pavimento Rígido 98

Tabla 59: Instrumento de Recolección de Datos del Pavimento Flexible 98

Tabla 60: Instrumento de Recolección de Datos para Tipo de Intervención..... 99

Tabla 61: Instrumento de Recolección de Datos para Tipo de Intervención..... 99

Tabla 62: Equipos de Ingeniería..... 100

Tabla 63: Puntos de Control Obtenidos..... 103

Tabla 64: Programación de vuelo..... 104

Tabla 65: Equipos de Ingeniería..... 117

Tabla 66: Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas 117

Tabla 67: Longitud de Secciones para Pavimento Flexible 118

Tabla 68: Longitud de Secciones para Pavimento Rígido..... 118

Tabla 69: Equipos de Ingeniería..... 146

Tabla 70: Equipos de Ingeniería..... 233

Tabla 71: Cuadro de datos para la dereminación del Tipo de Intervención 234

Tabla 72: Equipos de Ingeniería..... 234

Tabla 73: Datos de Costos de la Av. 01 (Los Sauces)..... 235

Tabla 74: Datos de Costos de la Av. 03 (Las Retamas) 236

Tabla 75: Datos de Costos de la Av. 05 (Los Chachacomos) 236

Tabla 76: Datos de Costos del Frontis UAC (Las Gardenias)..... 237

Tabla 77: Datos de Costos de la Av.2 (Los Álamos) 237

Tabla 78: Datos de Costos de la Av.4 (Circ. Norte)..... 238

Tabla 79: Datos de Costos de la Calle los Capulies 238

Tabla 80: Datos de Costos de la Calle los Geranios..... 238

Tabla 81: Datos de Costos de la Av.6 Quishuares 239

Tabla 82: Datos de Costos de la Av8 (San Agustín-Huarangos) 239

Tabla 83: Datos de Costos de la Av10 (Las Intimpas) 239

Tabla 84: Datos de Costos de la Av22 (Los Ñucchos)..... 240

Tabla 85: Datos de Costos de la Calle las Orquideas 240

Tabla 86: Datos de Costos de la Calle las Begonias 240

Tabla 87: Datos de Costos de la Calle Los Jazmines 241

Tabla 88: Inventario de Calles y Avenidas..... 242

Tabla 89: Tipos de Falla en la Av. 01 Los Sauces 244

Tabla 90: Tipos de Falla en la Av. 03 Las Retamas 244

Tabla 91: Tipos de Falla en la Av. 05 Los Chachacomos 245

Tabla 92: Tipos de Falla en el Frontis de la UAC del Pavimento Rígido 245

Tabla 93: Tipos de Falla en el Frontis de la UAC del Pavimento Flexible 246

Tabla 94: Tipos de Falla en la Av. 02 Los Álamos del Pavimento Flexible 246

Tabla 95: Tipos de Falla en la Av. 02 Los Álamos del Pavimento Flexible 247

Tabla 96: Tipos de Falla en la Av. 04 Circunvalación Norte 247

Tabla 97: Tipos de Falla en la Av. 04 Circunvalación Norte 248

Tabla 98: Tipos de Falla en la Calle Los Geranios 248

Tabla 99: Tipos de Falla en la Av. 06 Los Quishuares 249

Tabla 100: Tipos de Falla en la Av. 08 San Agustín..... 249

Tabla 101: Tipos de Falla en la Av. 10 Las Intimpas..... 250

Tabla 102: Tipos de Falla en la Av. 10 Las Intimpas..... 250

Tabla 103: Tipos de Falla en la Calle Las Orquideas..... 251

Tabla 104: Tipos de Falla en la Calle Las Begonias 251

Tabla 105: Tipos de Falla en la Calle Los Jazminez 252

Tabla 106: Listado de Fallas Encontradas en la Av. 01 Los Sauces 252

Tabla 107: Listado de Fallas Encontradas en la Av. 03 253

Tabla 108: Listado de Fallas Encontradas en la Av. 05 253



Tabla 109: Listado de Fallas Encontradas en el Frontis de la UAC..... 254

Tabla 110: Listado de Fallas Encontradas en la Av. 02 254

Tabla 111: Rangos del Índice de Condición del Pavimento..... 256

Tabla 112: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-01..... 257

Tabla 113: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-02..... 258

Tabla 114: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-03..... 259

Tabla 115: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-04..... 260

Tabla 116: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-05..... 261

Tabla 117: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-06..... 262

Tabla 118: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-07..... 263

Tabla 119: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-08..... 264

Tabla 120: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-09..... 265

Tabla 121: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-10..... 266

Tabla 122: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-11..... 267

Tabla 123: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-12..... 268

Tabla 124: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-13..... 269

Tabla 125: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-14..... 270

Tabla 126: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-15..... 271

Tabla 127: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-16..... 272

Tabla 128: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-17..... 273

Tabla 129: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-18..... 274

Tabla 130: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-19..... 275

Tabla 131: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-20..... 276

Tabla 132: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-21..... 277

Tabla 133: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-22..... 278

Tabla 134: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-23..... 279

Tabla 135: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-24..... 280

Tabla 136: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-25..... 281

Tabla 137: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-26..... 282

Tabla 138: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV1-27..... 283

Tabla 139: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-01..... 284

Tabla 140: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-02..... 285

Tabla 141: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-03..... 286

Tabla 142: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-04..... 287

Tabla 143: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-05..... 288

Tabla 144: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-06..... 289

Tabla 145: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-07..... 290

Tabla 146: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-08..... 291

Tabla 147: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-09..... 292

Tabla 148: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-10..... 293

Tabla 149: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-11..... 294

Tabla 150: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-12..... 295

Tabla 151: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-13..... 296

Tabla 152: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-14..... 297

Tabla 153: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-15..... 298

Tabla 154: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-16..... 299

Tabla 155: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-17..... 300

Tabla 156: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-18..... 301

Tabla 157: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-19..... 302

Tabla 158: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-20..... 303

Tabla 159: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-21..... 304

Tabla 160: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-22..... 305

Tabla 161: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV3-23..... 306

Tabla 162: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido AV5-01..... 307

Tabla 163: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido AV5-02..... 308



Tabla 219: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV4-04..... 364
Tabla 220: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV4-05..... 365
Tabla 221: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV4-06..... 366
Tabla 222: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV4-07..... 367
Tabla 223: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV4-08..... 368
Tabla 224: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-01..... 369
Tabla 225: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-02..... 370
Tabla 226: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-03..... 371
Tabla 227: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-04..... 372
Tabla 228: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-05..... 373
Tabla 229: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-06..... 374
Tabla 230: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-07..... 375
Tabla 231: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-08..... 376
Tabla 232: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-09..... 377
Tabla 233: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CAP-10..... 378
Tabla 234: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CG-01 379
Tabla 235: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CG-02 380
Tabla 236: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CG-03 381
Tabla 237: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CG-04 382
Tabla 238: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CG-05 383
Tabla 239: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-01..... 384
Tabla 240: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-02..... 385
Tabla 241: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-03..... 386
Tabla 242: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-04..... 387
Tabla 243: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-05..... 388
Tabla 244: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-06..... 389
Tabla 245: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-07..... 390
Tabla 246: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV6-08..... 391
Tabla 247: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-01..... 392
Tabla 248: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-02..... 393
Tabla 249: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-03..... 394
Tabla 250: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-04..... 395
Tabla 251: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-05..... 396
Tabla 252: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-06..... 397
Tabla 253: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-07..... 398
Tabla 254: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV8-08..... 399
Tabla 255: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-01..... 400
Tabla 256: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-02..... 401
Tabla 257: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-03..... 402
Tabla 258: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-04..... 403
Tabla 259: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-05..... 404
Tabla 260: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-06..... 405
Tabla 261: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-07..... 406
Tabla 262: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-08..... 407
Tabla 263: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV10-09..... 408
Tabla 264: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-01..... 409
Tabla 265: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-02..... 410
Tabla 266: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-03..... 411
Tabla 267: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-04..... 412
Tabla 268: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-05..... 413
Tabla 269: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-06..... 414
Tabla 270: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-07..... 415
Tabla 271: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Flexible AV22-08..... 416
Tabla 272: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CO-01 417
Tabla 273: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CO-02 418



Tabla 274: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CO-03 419

Tabla 275: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CO-04 420

Tabla 276: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CBEG-01 421

Tabla 277: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CBEG-02 422

Tabla 278: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CBEG-03 423

Tabla 279: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido CBEG-04 424

Tabla 280: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido JAZ-01 425

Tabla 281: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido JAZ-02 426

Tabla 282: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido JAZ-03 427

Tabla 283: Evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido JAZ-04 428

Tabla 284: Rango de PCI de la AV1- Los Sauces 429

Tabla 285: Rango de PCI de la AV3- Las Retamas 430

Tabla 286: Rango de PCI de la AV5- Los Chachacomos 431

Tabla 287: Rango de PCI de la AV5- Los Chachacomos de la Sección 31-34 431

Tabla 288: Rango de PCI del Frontis de la UAC Las Gardenias Pavimento Rígido 432

Tabla 289: Rango de PCI del Frontis de la UAC Las Gardenias Pavimento Flexible 432

Tabla 290: Rango de PCI del Frontis de la UAC Las Gardenias Pavimento Rígido Sección 12 432

Tabla 291: Rango de PCI de la Av. 02 Los Álamos del Pavimento Flexible 433

Tabla 292: Rango de PCI de la Av. 02 Los Álamos del Pavimento Rígido 433

Tabla 293: Rango de PCI de la Av. 04 Circunvalación Norte 433

Tabla 294: Rango de PCI de la Calle Los Capulíes 434

Tabla 295: Rango de PCI de la Calle Los Geranios 434

Tabla 296: Rango de PCI de la Av. 06 Los Quishuares 434

Tabla 297: Rango de PCI de la Av. 08 San Agustín 435

Tabla 298: Rango de PCI de la Av. 10 Las Intimpas 435

Tabla 299: Rango de PCI de la Av. 22 Los Ñucchos 435

Tabla 300: Rango de PCI de la Calle Las Orquídeas 436

Tabla 301: Rango de PCI de la Calle Las Begonias 436

Tabla 302: Rango de PCI del Jirón Los Jazmines 436

Tabla 303: Tipo de Intervención 438

Tabla 304: Costo de Mantenimiento de la Av. 01 440

Tabla 305: Costo de Mantenimiento de la Av. 01 (Las Retamas) 441

Tabla 306: Costo de Mantenimiento de la Av. 5 (Los Chachacomos) 441

Tabla 307: Costo de Mantenimiento del Frontis UAC (Las Gardenias) 441

Tabla 308: Costo de Mantenimiento de la Av.2 (Los Álamos) 441

Tabla 309: Inventario de Calles y Avenidas 444

Tabla 310: PCI Promedio de las Vías de Estudio 450

Tabla 311: Tipo de Intervención de las Vías de Estudio 451

Tabla 312: Costo Estimado de las Vías Intervenidas 452

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Deterioro de un pavimento en el tiempo 10

Figura 2: Evolución del PCI en el Tiempo frente a los Gastos de Intervención 15

Figura 3: Sección de un Pavimento Rígido 19

Figura 4: Distribución de Cargas del Pavimento Rígido 20

Figura 5: Distribución de la presión de un neumático a través de la estructura del pavimento rígido 20

Figura 6: Sección de un Pavimento flexible 21

Figura 7: Distribución de Cargas del Pavimento Flexible 21

Figura 8: Distribución de la presión de un neumático a través de la estructura del pavimento flexible 22

Figura 9: Escala de PCI sugerida por ASTM D 6433-12 65

Figura 10: Valores deducidos para pavimento flexible 68

Figura 11: Valores deducidos para pavimento rígido 73

Figura 12: Ábaco para hallar los Valores Deducidos Corregidos CVD de los pavimentos Rígidos 78

Figura 13: Ábaco para hallar los Valores Deducidos Corregidos CVD de los pavimentos Flexibles 79

Figura 14: Fotogrametría Aérea 85

Figura 15: Proyección del punto “p” sobre la fotografía 86



Figura 16: UAV Inspire 2 86

Figura 17: Solape Longitudinal y Transversal 87

Figura 18: Flujograma de la investigación 92

Figura 19: Monumentación de Puntos de Control 101

Figura 20: Punto de control vista en planta 101

Figura 21: Ubicación de Base del GNSS Trimble R8 102

Figura 22: Medición de los puntos de control con el Movil-Rover 102

Figura 23: Planificación del vuelo en DJI Litchi de la Av. 01 Los Sauces 103

Figura 24: Armado y desarmado del UAV DJI Inspire 2 105

Figura 25: Ubicación de lugares de despegue en la Urb. Ingeniería Larapa Grande 105

Figura 26: Lugar de despegue n°01 106

Figura 27: Lugar de despegue n°02 106

Figura 28: Lugar de despegue n°03 107

Figura 29: Lugar de despegue n°04 107

Figura 30: Procesamiento de Fotografías en Agisoft PhotoScan – Av. 03 108

Figura 31: Ortofoto – FUAC.tif 108

Figura 32: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV1 (Los Sauces) 109

Figura 33: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV3 (Las Retamas) 110

Figura 34: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D– AV5 (Los Chachacomos) 110



Figura 35: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D– Frontis UAC (Las Gardenias)..... 111

Figura 36: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV2 (Los Álamos)..... 111

Figura 37: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV4 (Circunvalación Norte) 112

Figura 38: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – Calle Los Capulíes 112

Figura 39: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – Calle Los Geranios..... 113

Figura 40: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV6 (Quishuares)..... 113

Figura 41: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV8 (San Agustín – Huarangos)..... 114

Figura 42: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV10 (Las Intimpas) 114

Figura 43: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV22 (Los Ñucchos)..... 115

Figura 44: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV10 (Las Orquideas)..... 115

Figura 45: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – AV22 (Las Begonias) 116

Figura 46: Ortofoto en AutoCAD Civil 3D – Los Jazmines..... 116

Figura 47: Área de sección AV1-2..... 119

Figura 48: Área de sección AV1-1..... 119

Figura 49: Área de sección AV1-3..... 119

Figura 50: Área de sección AV1-4..... 119

Figura 51: Área de sección AV1-5..... 119

Figura 52: Área de sección AV1-6..... 119

Figura 53: Área de sección AV1-7..... 120

Figura 54: Área de sección AV1-8..... 120

Figura 55: Área de sección AV1-10..... 120

Figura 56: Área de sección AV1-9..... 120

Figura 57: Área de sección AV1-11..... 120

Figura 58: Área de sección AV1-12..... 120

Figura 59: Área de sección AV1-13..... 121

Figura 60: Área de sección AV1-14..... 121

Figura 61: Área de sección AV1-15..... 121

Figura 62: Área de sección AV1-16..... 121

Figura 63: Área de sección AV1-17..... 121

Figura 64: Área de sección AV1-18..... 121

Figura 65: Área de sección AV1-19..... 122

Figura 66: Área de sección AV1-20..... 122

Figura 67: Área de sección AV1-21..... 122

Figura 68: Área de sección AV1-22..... 122

Figura 69: Área de sección AV1-23..... 122

Figura 70: Área de sección AV1-24..... 122

Figura 71: Área de sección AV1-25..... 123

Figura 72: Área de sección AV1-26..... 123

Figura 73: Área de sección AV1-27..... 123

Figura 74: Área de sección AV3-1..... 123

Figura 75: Área de sección AV3-2..... 123

Figura 76: Área de sección AV3-4..... 124

Figura 77: Área de sección AV3-3..... 124

Figura 78: Área de sección AV3-5..... 124

Figura 79: Área de sección AV3-6..... 124

Figura 80: Área de sección AV3-7..... 124

Figura 81: Área de sección AV3-8..... 124

Figura 82: Área de sección AV3-9..... 124

Figura 83: Área de sección AV3-10..... 124

Figura 84: Área de sección AV3-11..... 125



Figura 85: Área de sección AV3-12.....	125
Figura 86: Área de sección AV3-13.....	125
Figura 87: Área de sección AV3-14.....	125
Figura 88: Área de sección AV3-15.....	125
Figura 89: Área de sección AV3-16.....	125
Figura 90: Área de sección AV3-17.....	125
Figura 91: Área de sección AV3-18.....	125
Figura 92: Área de sección AV3-19.....	126
Figura 93: Área de sección AV3-20.....	126
Figura 94: Área de sección AV3-21.....	126
Figura 95: Área de sección AV3-22.....	126
Figura 96: Área de sección AV3-23.....	126
Figura 97: Área de sección AV5-1.....	127
Figura 98: Área de sección AV5-2.....	127
Figura 99: Área de sección AV5-3.....	127
Figura 100: Área de sección AV5-4.....	127
Figura 101: Área de sección AV5-5.....	127
Figura 102: Área de sección AV5-6.....	127
Figura 103: Área de sección AV5-7.....	127
Figura 104: Área de sección AV5-8.....	127
Figura 105: Área de sección AV5-10.....	128
Figura 106: Área de sección AV5-9.....	128
Figura 107: Área de sección AV5-11.....	128
Figura 108: Área de sección AV5-12.....	128
Figura 109: Área de sección AV5-13.....	128
Figura 110: Área de sección AV5-14.....	128
Figura 111: Área de sección AV5-16.....	128
Figura 112: Área de sección AV5-15.....	128
Figura 113: Área de sección AV5-18.....	129
Figura 114: Área de sección AV5-17.....	129
Figura 115: Área de sección AV5-20.....	129
Figura 116: Área de sección AV5-19.....	129
Figura 117: Área de sección AV5-21.....	129
Figura 118: Área de sección AV5-22.....	129
Figura 119: Área de sección AV5-24.....	129
Figura 120: Área de sección AV5-23.....	129
Figura 121: Área de sección AV5-25.....	130
Figura 122: Área de sección AV5-26.....	130
Figura 123: Área de sección AV5-27.....	130
Figura 124: Área de sección AV5-28.....	130
Figura 125: Área de sección AV5-29.....	130
Figura 126: Área de sección AV5-30.....	130
Figura 127: Área de sección AV5-31.....	130
Figura 128: Área de sección AV5-32.....	130
Figura 129: Área de sección AV5-33.....	131
Figura 130: Área de sección AV5-34.....	131
Figura 131: Área de sección FUAC-2.....	131
Figura 132: Área de sección FUAC-1.....	131
Figura 133: Área de sección FUAC-3.....	131
Figura 134: Área de sección FUAC-4.....	131



Figura 135: Área de sección FUAC-5.....	132
Figura 136: Área de sección FUAC-6.....	132
Figura 137: Área de sección FUAC-7.....	132
Figura 138: Área de sección FUAC-8.....	132
Figura 139: Área de sección FUAC-10.....	132
Figura 140: Área de sección FUAC-9.....	132
Figura 141: Área de sección FUAC-11.....	133
Figura 142: Área de sección FUAC-12.....	133
Figura 143: Área de sección AV2-01.....	133
Figura 144: Área de sección AV2-02.....	133
Figura 145: Área de sección AV2-03.....	133
Figura 146: Área de sección AV2-04.....	133
Figura 147: Área de sección AV2-05.....	134
Figura 148: Área de sección AV2-06.....	134
Figura 149: Área de sección AV2-07.....	134
Figura 150: Área de sección AV2-08.....	134
Figura 151: Área de sección AV4-1.....	134
Figura 152: Área de sección AV4-2.....	134
Figura 153: Área de sección AV4-3.....	135
Figura 154: Área de sección AV4-4.....	135
Figura 155: Área de sección AV4-5.....	135
Figura 156: Área de sección AV4-6.....	135
Figura 157: Área de sección AV4-7.....	135
Figura 158: Área de sección AV4-8.....	135
Figura 159: Área de sección CAP-01.....	136
Figura 160: Área de sección CAP-02.....	136
Figura 161: Área de sección CAP-03.....	136
Figura 162: Área de sección CAP-04.....	136
Figura 163: Área de sección CAP-05.....	136
Figura 164: Área de sección CAP-06.....	136
Figura 165: Área de sección CAP-07.....	137
Figura 166: Área de sección CAP-08.....	137
Figura 167: Área de sección CAP-10.....	137
Figura 168: Área de sección CAP-09.....	137
Figura 169: Área de sección CB-1.....	137
Figura 170: Área de sección CB-2.....	137
Figura 171: Área de sección CB-3.....	138
Figura 172: Área de sección CB-4.....	138
Figura 173: Área de sección CB-5.....	138
Figura 174: Área de sección AVQ-01.....	138
Figura 175: Área de sección AVQ-02.....	138
Figura 176: Área de sección AVQ-03.....	139
Figura 177: Área de sección AVQ-04.....	139
Figura 178: Área de sección AVQ-05.....	139
Figura 179: Área de sección AVQ-06.....	139
Figura 180: Área de sección AVQ-07.....	139
Figura 181: Área de sección AVQ-08.....	139
Figura 182: Área de sección AV8-1.....	140
Figura 183: Área de sección AV8-2.....	140
Figura 184: Área de sección AV8-3.....	140



Figura 185: Área de sección AV8-4..... 140

Figura 186: Área de sección AV8-5..... 140

Figura 187: Área de sección AV8-6..... 140

Figura 188: Área de sección AV8-7..... 141

Figura 189: Área de sección AV8-8..... 141

Figura 190: Área de sección AV10-02..... 141

Figura 191: Área de sección AV10-01..... 141

Figura 192: Área de sección AV10-04..... 141

Figura 193: Área de sección AV10-03..... 141

Figura 194: Área de sección AV10-05..... 142

Figura 195: Área de sección AV10-06..... 142

Figura 196: Área de sección AV10-08..... 142

Figura 197: Área de sección AV10-07..... 142

Figura 198: Área de sección AV10-07..... 142

Figura 199: Área de sección AV22-1..... 143

Figura 200: Área de sección AV22-2..... 143

Figura 201: Área de sección AV22-3..... 143

Figura 202: Área de sección AV22-4..... 143

Figura 203: Área de sección AV22-5..... 143

Figura 204: Área de sección AV22-6..... 143

Figura 205: Área de sección AV22-7..... 144

Figura 206: Área de sección AV22-8..... 144

Figura 207: Área de sección CO-2..... 144

Figura 208: Área de sección CO-1..... 144

Figura 209: Área de sección CO-3..... 144

Figura 210: Área de sección CO-4..... 144

Figura 211: Área de sección CBEG-1..... 145

Figura 212: Área de sección CBEG-2..... 145

Figura 213: Área de sección CBEG-3..... 145

Figura 214: Área de sección CBEG-4..... 145

Figura 215: Área de sección JAZ-1..... 145

Figura 216: Área de sección JAZ-2..... 145

Figura 217: Área de sección JAZ-3..... 146

Figura 218: Área de sección JAZ-4..... 146

Figura 219: Toma de datos de la sección AV1-01..... 147

Figura 220: Cantidades parciales de la sección AV1-02..... 147

Figura 221: Cantidades parciales de la sección AV1-03..... 148

Figura 222: Cantidades parciales de la sección AV1-04..... 148

Figura 223: Cantidades parciales de la sección AV1-05..... 149

Figura 224: Cantidades parciales de la sección AV1-06..... 149

Figura 225: Cantidades parciales de la sección AV1-07..... 150

Figura 226: Cantidades parciales de la sección AV1-08..... 150

Figura 227: Cantidades parciales de la sección AV1-09..... 151

Figura 228: Cantidades parciales de la sección AV1-10..... 151

Figura 229: Cantidades parciales de la sección AV1-11..... 152

Figura 230: Cantidades parciales de la sección AV1-12..... 152

Figura 231: Cantidades parciales de la sección AV1-13..... 153

Figura 232: Cantidades parciales de la sección AV1-14..... 153

Figura 233: Cantidades parciales de la sección AV1-15..... 154

Figura 234: Cantidades parciales de la sección AV1-16..... 154



Figura 235: Cantidades parciales de la sección AV1-17.....	155
Figura 236: Cantidades parciales de la sección AV1-18.....	155
Figura 237: Cantidades parciales de la sección AV1-19.....	156
Figura 238: Cantidades parciales de la sección AV1-20.....	156
Figura 239: Cantidades parciales de la sección AV1-21.....	157
Figura 240: Cantidades parciales de la sección AV1-22.....	157
Figura 241: Cantidades parciales de la sección AV1-23.....	158
Figura 242: Cantidades parciales de la sección AV1-24.....	158
Figura 243: Cantidades parciales de la sección AV1-25.....	159
Figura 244: Cantidades parciales de la sección AV1-26.....	159
Figura 245: Cantidades parciales de la sección AV1-27.....	160
Figura 246: Cantidades parciales de la sección AV3-01.....	160
Figura 247: Cantidades parciales de la sección AV3-02.....	161
Figura 248: Cantidades parciales de la sección AV3-03.....	161
Figura 249: Cantidades parciales de la sección AV3-04.....	162
Figura 250: Cantidades parciales de la sección AV3-05.....	162
Figura 251: Cantidades parciales de la sección AV3-06.....	163
Figura 252: Cantidades parciales de la sección AV3-07.....	163
Figura 253: Cantidades parciales de la sección AV3-08.....	164
Figura 254: Cantidades parciales de la sección AV3-09.....	164
Figura 255: Cantidades parciales de la sección AV3-10.....	165
Figura 256: Cantidades parciales de la sección AV3-11.....	165
Figura 257: Cantidades parciales de la sección AV3-12.....	166
Figura 258: Cantidades parciales de la sección AV3-13.....	166
Figura 259: Cantidades parciales de la sección AV3-14.....	167
Figura 260: Cantidades parciales de la sección AV3-15.....	167
Figura 261: Cantidades parciales de la sección AV3-16.....	168
Figura 262: Cantidades parciales de la sección AV3-17.....	168
Figura 263: Cantidades parciales de la sección AV3-18.....	169
Figura 264: Cantidades parciales de la sección AV3-19.....	169
Figura 265: Cantidades parciales de la sección AV3-20.....	170
Figura 266: Cantidades parciales de la sección AV3-21.....	170
Figura 267: Cantidades parciales de la sección AV3-22.....	171
Figura 268: Cantidades parciales de la sección AV3-23.....	171
Figura 269: Cantidades parciales de la sección AV5-01.....	172
Figura 270: Cantidades parciales de la sección AV5-02.....	172
Figura 271: Cantidades parciales de la sección AV5-03.....	173
Figura 272: Cantidades parciales de la sección AV5-04.....	173
Figura 273: Cantidades parciales de la sección AV5-05.....	174
Figura 274: Cantidades parciales de la sección AV5-06.....	174
Figura 275: Cantidades parciales de la sección AV5-07.....	175
Figura 276: Cantidades parciales de la sección AV5-08.....	175
Figura 277: Cantidades parciales de la sección AV5-09.....	176
Figura 278: Cantidades parciales de la sección AV5-10.....	176
Figura 279: Cantidades parciales de la sección AV5-11.....	177
Figura 280: Cantidades parciales de la sección AV5-12.....	177
Figura 281: Cantidades parciales de la sección AV5-13.....	178
Figura 282: Cantidades parciales de la sección AV5-14.....	178
Figura 283: Cantidades parciales de la sección AV5-15.....	179
Figura 284: Cantidades parciales de la sección AV5-16.....	179



Figura 285: Cantidades parciales de la sección AV5-17.....	180
Figura 286: Cantidades parciales de la sección AV5-18.....	180
Figura 287: Cantidades parciales de la sección AV5-19.....	181
Figura 288: Cantidades parciales de la sección AV5-20.....	181
Figura 289: Cantidades parciales de la sección AV5-21.....	182
Figura 290: Cantidades parciales de la sección AV5-22.....	182
Figura 291: Cantidades parciales de la sección AV5-23.....	183
Figura 292: Cantidades parciales de la sección AV5-24.....	183
Figura 293: Cantidades parciales de la sección AV5-25.....	184
Figura 294: Cantidades parciales de la sección AV5-26.....	184
Figura 295: Cantidades parciales de la sección AV5-27.....	185
Figura 296: Cantidades parciales de la sección AV5-28.....	185
Figura 297: Cantidades parciales de la sección AV5-29.....	186
Figura 298: Cantidades parciales de la sección AV5-30.....	186
Figura 299: Cantidades parciales de la sección AV5-31.....	187
Figura 300: Cantidades parciales de la sección AV5-32.....	187
Figura 301: Cantidades parciales de la sección AV5-33.....	188
Figura 302: Cantidades parciales de la sección AV5-34.....	188
Figura 303: Cantidades parciales de la sección FUAC-01.....	189
Figura 304: Cantidades parciales de la sección FUAC-02.....	189
Figura 305: Cantidades parciales de la sección FUAC-03.....	190
Figura 306: Cantidades parciales de la sección FUAC-04.....	190
Figura 307: Cantidades parciales de la sección FUAC-05.....	191
Figura 308: Cantidades parciales de la sección FUAC-06.....	191
Figura 309: Cantidades parciales de la sección FUAC-07.....	192
Figura 310: Cantidades parciales de la sección FUAC-08.....	192
Figura 311: Cantidades parciales de la sección FUAC-09.....	193
Figura 312: Cantidades parciales de la sección FUAC-10.....	193
Figura 313: Cantidades parciales de la sección FUAC-11.....	194
Figura 314: Cantidades parciales de la sección FUAC-12.....	194
Figura 315: Cantidades parciales de la sección AV2-01.....	195
Figura 316: Cantidades parciales de la sección AV2-02.....	195
Figura 317: Cantidades parciales de la sección AV2-03.....	196
Figura 318: Cantidades parciales de la sección AV2-04.....	196
Figura 319: Cantidades parciales de la sección AV2-05.....	197
Figura 320: Cantidades parciales de la sección AV2-06.....	197
Figura 321: Cantidades parciales de la sección AV2-07.....	198
Figura 322: Cantidades parciales de la sección AV2-08.....	198
Figura 323: Cantidades parciales de la sección AV4-01.....	199
Figura 324: Cantidades parciales de la sección AV4-02.....	199
Figura 325: Cantidades parciales de la sección AV4-03.....	200
Figura 326: Cantidades parciales de la sección AV4-04.....	200
Figura 327: Cantidades parciales de la sección AV4-05.....	201
Figura 328: Cantidades parciales de la sección AV4-06.....	201
Figura 329: Cantidades parciales de la sección AV4-07.....	202
Figura 330: Cantidades parciales de la sección AV4-08.....	202
Figura 331: Cantidades parciales de la sección CAP-01.....	203
Figura 332: Cantidades parciales de la sección CAP-02.....	203
Figura 333: Cantidades parciales de la sección CAP-03.....	204
Figura 334: Cantidades parciales de la sección CAP-04.....	204



Figura 335: Cantidades parciales de la sección CAP-05.....	205
Figura 336: Cantidades parciales de la sección CAP-06.....	205
Figura 337: Cantidades parciales de la sección CAP-07.....	206
Figura 338: Cantidades parciales de la sección CAP-08.....	206
Figura 339: Cantidades parciales de la sección CAP-09.....	207
Figura 340: Cantidades parciales de la sección CAP-10.....	207
Figura 341: Cantidades parciales de la sección CG-01.....	208
Figura 342: Cantidades parciales de la sección CG-02.....	208
Figura 343: Cantidades parciales de la sección CG-03.....	209
Figura 344: Cantidades parciales de la sección CG-04.....	209
Figura 345: Cantidades parciales de la sección CG-05.....	210
Figura 346: Cantidades parciales de la sección AV6-01.....	210
Figura 347: Cantidades parciales de la sección AV6-02.....	211
Figura 348: Cantidades parciales de la sección AV6-03.....	211
Figura 349: Cantidades parciales de la sección AV6-04.....	212
Figura 350: Cantidades parciales de la sección AV6-05.....	212
Figura 351: Cantidades parciales de la sección AV6-06.....	213
Figura 352: Cantidades parciales de la sección AV6-07.....	213
Figura 353: Cantidades parciales de la sección AV6-08.....	214
Figura 354: Cantidades parciales de la sección AV8-01.....	214
Figura 355: Cantidades parciales de la sección AV8-02.....	215
Figura 356: Cantidades parciales de la sección AV8-03.....	215
Figura 357: Cantidades parciales de la sección AV8-04.....	216
Figura 358: Cantidades parciales de la sección AV8-05.....	216
Figura 359: Cantidades parciales de la sección AV8-06.....	217
Figura 360: Cantidades parciales de la sección AV8-07.....	217
Figura 361: Cantidades parciales de la sección AV8-08.....	218
Figura 362: Cantidades parciales de la sección AV10-01.....	218
Figura 363: Cantidades parciales de la sección AV10-02.....	219
Figura 364: Cantidades parciales de la sección AV10-03.....	219
Figura 365: Cantidades parciales de la sección AV10-04.....	220
Figura 366: Cantidades parciales de la sección AV10-05.....	220
Figura 367: Cantidades parciales de la sección AV10-06.....	221
Figura 368: Cantidades parciales de la sección AV10-07.....	221
Figura 369: Cantidades parciales de la sección AV10-08.....	222
Figura 370: Cantidades parciales de la sección AV10-09.....	222
Figura 371: Cantidades parciales de la sección AV22-01.....	223
Figura 372: Cantidades parciales de la sección AV22-02.....	223
Figura 373: Cantidades parciales de la sección AV22-03.....	224
Figura 374: Cantidades parciales de la sección AV22-04.....	224
Figura 375: Cantidades parciales de la sección AV22-05.....	225
Figura 376: Cantidades parciales de la sección AV22-06.....	225
Figura 377: Cantidades parciales de la sección AV22-07.....	226
Figura 378: Cantidades parciales de la sección AV22-08.....	226
Figura 379: Cantidades parciales de la sección CO-01.....	227
Figura 380: Cantidades parciales de la sección CO-02.....	227
Figura 381: Cantidades parciales de la sección CO-03.....	228
Figura 382: Cantidades parciales de la sección CO-04.....	228
Figura 383: Cantidades parciales de la sección CBEG-01.....	229
Figura 384: Cantidades parciales de la sección CBEG-02.....	229



Figura 385: Cantidades parciales de la sección CBEG-03.....	230
Figura 386: Cantidades parciales de la sección CBEG-04.....	230
Figura 387: Cantidades parciales de la sección JAZ-01	231
Figura 388: Cantidades parciales de la sección JAZ-02	231
Figura 389: Cantidades parciales de la sección JAZ-03	232
Figura 390: Cantidades parciales de la sección JAZ-04	232
Figura 391: Curva de Mantenimiento de Pavimento	233
Figura 392: Porcentaje de tipo de falla de las Vías con Pavimento Flexible	445
Figura 393: Porcentaje de tipo de falla de las Vías con Pavimento Mixto	446
Figura 394: Porcentaje de tipo de falla de las Vías con Pavimento Rígido	447
Figura 395: PCI para vías de Pavimento Flexible.....	448
Figura 396: PCI para vías de Pavimento Rígido	449
Figura 397: PCI para vías de Pavimento Mixto	449
Figura 398: Porcentaje del Tipo de Intervención	451
Figura 399: Costo de Intervención Estimado	452



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del Problema

2.1.1. Descripción del Problema

En nuestra región actualmente los gobiernos locales no cuentan con un plan de gestión de pavimento, la toma de decisiones para el mantenimiento y/o rehabilitación está basada en los reclamos y presión política; por lo que se evidencia la mala condición de las vías.

En relación a su estado físico actual, las vías de la Urbanización Ingeniería Larapa Grande, presentan en la carpeta de rodadura, agrietamientos superficiales longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, fisuras en bloque, huecos y hundimientos que son perceptibles visualmente, donde se observa que en la Av.3 Las Retamas este tipo de fallas son más evidentes; esto en cuanto al pavimento flexible. En cuanto al pavimento rígido se encontró fisuras, losas divididas, parcheos, escalonamientos, daños en sello de juntas, resquebrajamientos, agregado pulido, punzonamiento y desniveles, donde se observa con mayor severidad en la Av.5 Los Chachacomos. En conclusión, se evidencia una falta de mantenimiento, en relación al estado de conservación de la carpeta de rodadura, donde se observa fallas superficiales severas y que puedan dar paso a que la vida del pavimento entre a su fase de fatiga.

La Urbanización Ingeniería Larapa Grande está ubicada a 13°31'58.25" latitud sur, 71°55'19.16" Longitud Oeste, perteneciendo al distrito de San Jerónimo en la provincia y departamento del Cusco, como se encuentra dentro de la ciudad del Cusco las vías que pertenecen a dicha Urbanización, es considerada de tipo urbana ya que está constituida de calles y avenidas.

La Norma CE.010 de Pavimentos Urbanos del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2010), indica que las vías urbanas se clasifican en Vías Expresas, Vías Arteriales, Vías Colectoras y Vías Locales, además según el Reglamento del Plan de Desarrollo Urbano 2013-2023 de la Municipalidad provincial del Cusco, la urbanización Ingeniería Larapa Grande consta de dos tipos de vías: Colectoras y locales, que en su mayoría son vías locales, teniendo solo dos vías colectoras (Av.01, Av.03, Av.05, Av.08).



Las vías de la Urbanización Ingeniería Larapa Grande, tiene en su totalidad 6.33 km, las cuales 3.61km son de pavimento flexible, 1.91km de pavimento rígido y 0.81km son vías sin pavimentar.

2.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

2.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema general

¿Cuál es el aporte del plan de gestión de pavimentos con el método del PCI mediante el uso del UAV en la Urbanización de Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco?

2.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas específicos

Problema Específico N°01:

¿Cuál es la contribución al inventario de calles y avenidas el uso del UAV en la Urbanización Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco?

Problema Específico N°02:

¿Cuáles son los tipos de fallas del Pavimento Rígido y Flexible presentes en la Urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco?

Problema Específico N°03:

¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido y flexible de la urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco?

Problema Específico N°04:

¿Cuál será el tipo de intervención de las vías, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande - San Jerónimo - Cusco?

Problema Específico N°05:

¿Como es el costo de intervención de las vías, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande - San Jerónimo – Cusco?



2.2. Justificación e Importancia de la Investigación

2.2.1. Justificación Técnica

El presente trabajo de investigación propone el uso de nuevas tecnologías (UAV, GPS Diferencial) para optimizar precisión, tiempos y recursos a diferencia de los métodos tradicionales (inspección visual) para la obtención del Índice del Condición del Pavimento (PCI).

Con la elaboración del plan de gestión de pavimento se introduce un nuevo sistema de planificación de obras de mantenimiento vial en la Región del Cusco.

2.2.2. Justificación Social

La elaboración del plan de gestión beneficiara directamente a la Municipalidad Distrital de San Jerónimo en la mejora de la toma de decisiones, según a la prioridad de mantenimiento y recursos económicos. Así como el acceso a la información acerca de las vías existentes en la Urbanización Ingeniería Larapa Grande. Como otros beneficiarios tenemos a los residentes y a los usuarios que transitan en las vías de la Urbanización Ingeniería Larapa Grande.

También se puede mencionar que este plan puede servir de modelo para otras Instituciones.

2.2.3. Justificación por Viabilidad

Se tiene disponible el uso de los equipos como son el UAV (DJI Inspire 2), GPS diferencial (GNSS Trimble R8s) y Computadora de alta gama para el procesamiento de las fotos, que la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco cuenta para trabajos de investigación.

Así mismo tenemos disponibles recursos humanos, acceso a la información y al lugar de estudio.

2.2.4. Justificación por Relevancia

En la región del Cusco actualmente, no se tiene una buena práctica sobre Gestión de Pavimentos, es por ello que los Órganos Gubernamentales no cuentan con una buena toma de decisiones para la conservación de las vías.



Esta investigación tiene como finalidad brindar un Plan de Gestión para que la Municipalidad Distrital de San Jerónimo pueda tomar este plan como modelo; así como otras instituciones públicas o privadas.

Estamos proponiendo otro método de recolección de datos, que a comparación del método tradicional permitirá optimizar tiempos, recursos y precisión; utilizando un quipo UAV.

2.3. Limitaciones de la Investigación

Nuestro objeto de estudio es el Pavimento Rígido y Flexible de la Urbanización Ingeniería Larapa Grande, ubicada en el Distrito de San Jerónimo Provincia del Cusco; que comprende las Avenidas: Los Sauces (Av.01), Las Retamas (Av.03), Los Chachacomos (Av.05), Los Alamos (Av.02), Los Saucos (Av.04), Quishuares (Av.06), Huarangos (Av.08), Las Intinpas (Av.10) y Los Ñucchos (Av.22); así como las Calles: Frontis UAC, Los Capulies, Los Geranios, Los Jazmines, Las Begonias y Las Orquídeas.

De las calles y avenidas antes mencionadas se realizará un inventario de sus características geométricas, registro de tipo de fallas superficiales del pavimento usando como equipo de trabajo el UAV, obteniendo con este el Índice de Condición de Pavimento (PCI) para determinar el Tipo de Intervención.



2.4. Objetivo de la Investigación

2.4.1. Objetivo General

Elaborar un plan de gestión de pavimentos con el método del PCI mediante el uso del UAV en la Urbanización de Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

2.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico N°01:

Elaborar el inventario de calles y avenidas mediante el uso del UAV en la Urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Objetivo Específico N°02:

Determinar los tipos de fallas del Pavimento Rígido y Flexible presentes en la Urbanización de Ingenieros Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Objetivo Específico N°03:

Determinar el índice de condición del pavimento rígido y flexible en la urbanización Ingeniería Larapa Grande – San Jerónimo – Cusco.

Objetivo Específico N°04:

Proponer el tipo de intervención de las vías, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande - San Jerónimo - Cusco.

Objetivo Específico N°05:

Determinar el costo de intervención de las vías que necesitan intervención, en la urbanización Ingeniería Larapa Grande - San Jerónimo – Cusco.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Título:

“Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca.”

Autor: Bachiller Jorge Eduardo Montoya Goicochea

Fecha y lugar: Lima - Perú, 2007

Institución: Universidad Ricardo Palma

Objetivo:

Implementar el Sistema de Gestión de Pavimentos a Nivel de Proyecto Específico, a fin de justificar las actividades a ejecutarse en posteriores mantenimientos, lo cual es solicitado por la Entidad Concesionaria.

Conclusiones:

Para la Implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos no hace falta un software desarrollado para preparar y gestionar los datos a evaluar; en la presente tesis se elaboró hojas Excel para la recolección, preparación y procesamiento de datos para la alimentación de la Base de Datos del HDM-4, la cual colaboró con el análisis de la evolución del deterioro.

Se concluye que este tema de investigación aporta a nuestra tesis para la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos.

Título:

“Evaluación superficial de vías urbanas utilizando drone para la gerencia de inversión de gobiernos municipales.”

Autor: Bachiller Jorge O. Cruz Toribio

Fecha y lugar: Lima - Perú, 2018

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería

**Objetivo:**

Realizar la evaluación superficial del Pavimento Flexible en la Av. Separadora Industrial, utilizando el método de condición del pavimento (PCI) para contar con un sistema adecuado de gestión de pavimentos que le permita planificar, priorizar y presupuestar el mantenimiento y rehabilitación de sus vías, optimizando sus escasos recursos de forma eficiente.

Conclusiones:

El uso del vehículo aéreo no tripulado permite el levantamiento de información en corto tiempo, sin interrumpir el tráfico ni poner en riesgo la vida de los inspectores.

La metodología VANT logra reducir el personal de inspección de campo y mayores costos de mano de obra.

Generando la ortofoto evalúa todo el tramo sin necesidad de determinar una unidad mínima de muestra ni unidades adicionales.

Esta metodología puede ser empleada en pavimentos flexibles y rígidos, pavimentos adoquinados, vías no pavimentadas.

La evaluación superficial de pavimentos empleando imágenes georreferenciadas es conveniente para gestionar actividades de mantenimiento y/o rehabilitación de las vías urbanas optimizando los recursos de los gobiernos municipales.

Título:

“Propuesta de un plan de gestión anual basado en la metodología del ministerio de transportes y comunicaciones, para la superficie del pavimento en las avenidas: Jorge Chávez y Costanera –Wanchaq – Cusco.”

Autor: Bachiller Yanarico Del Carpio, Yaimara Anghela

Bachiller Kalinowski Figueroa, Milagros

Fecha y lugar: Cusco, marzo 2018

Institución: Universidad Andina Del Cusco

Objetivo:

Proponer un Plan de Gestión anual de la superficie del pavimento en las Avenidas: Jorge Chávez y Costanera – Wanchaq – Cusco.

**Conclusiones:**

El plan de gestión de pavimentos adaptada a vías urbanas optimiza el servicio al usuario, mantiene la infraestructura en buen estado y así cumple una mayor vida útil, si es implementada de manera oportuna.

Para la Avenida Jorge Chávez resulto un PCI igual a 14 por ciento en el rango de POBRE A MUY POBRE y para el caso de la Avenida Costanera resulto un PCI igual a 36 por ciento que se encuentra en una condición de REGULAR A POBRE. Para la Avenida Jorge Chávez se estableció el mantenimiento de tipo Rehabilitación – Reconstrucción y para la Avenida Costanera un mantenimiento de tipo Rehabilitación – Refuerzo Estructural con sus respectivas actividades de intervención para cada propuesta. En cuanto a los recursos humanos, equipos e insumos abarcaron un costo de 2,385,937.82 soles para el caso de la Av. Jorge Chávez y 137,138.88 soles para la Av. Costanera.

Se concluye que este tema de investigación aporta a nuestra tesis en el procedimiento de la metodología del PCI, guía para la elaboración de nuestras bases teóricas, obtención del tipo de intervención, así como el modelo de plan de gestión.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional**Título:**

“Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos para el municipio de Santa Tecla”

Autor: Ricardo Ernesto Flores Escoto

Fecha y lugar: Santa Tecla – El Salvador, 2008

Institución: Universidad De El Salvador

Objetivo:

Desarrollar un sistema para realizar una adecuada Gestión de la infraestructura de Pavimentos del municipio de Santa Tecla y realizar una evaluación económica de las actividades de mantenimiento y rehabilitación, con el propósito de establecer la mejor alternativa, para la planeación estratégica de la inversión.

**Conclusiones:**

El Sistema de Gestión de Pavimentos “SGP-ST” es una herramienta que permite:

- Optimizar recursos disponibles, ejecutando en primer lugar las obras cuya postergación demandaría una inversión sustancialmente mayor.
- Proveer información confiable del estado de la infraestructura.
- Proveer herramientas para evaluar diferentes escenarios de presupuesto.

Basados en los resultados obtenidos por medio del Índice de Condición de Pavimentos (PCI), de las calles y avenidas que componen el centro histórico de la ciudad de Santa Tecla, en su mayoría se encuentran en un estado aceptable (entre excelente y bueno), salvo algunos sectores de la red vial que presentan una condición entre regular y mala, las cuales deberán ser sometidas a mantenimientos correctivos o a rehabilitaciones; las demás solo requieren un mantenimiento preventivo y rutinario.

Nos guio con un Sistema de Gestión de pavimentos, planes de conservación y niveles de mantenimiento.

Título: “Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja”

Autor: Christian Rolando Armijos Salinas

Fecha y lugar: Loja – Ecuador, 2009

Institución: Universidad Técnica Particular de Loja.

Objetivo:

Establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y hormigón simple o reforzado. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro.

Conclusiones:

En las calles de la ciudad de Loja se debe cuantificar el valor del PCI para de esta manera, conseguir que se efectúen políticas de conservación y por consiguiente detener el deterioro de las calles.

Conociendo el estado en que se encuentra las calles de la ciudad de Loja se podrá tomar decisiones acertadas en cada caso y se podrá definir un cronograma de rehabilitación e inclusive una estrategia de inversión.

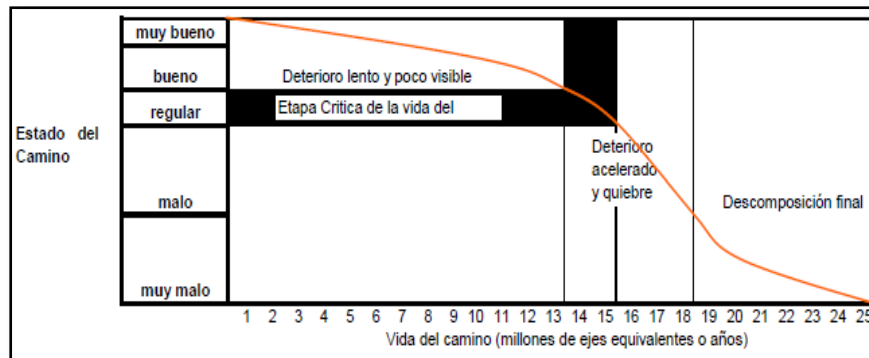
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.1.1. Gestión De Pavimentos

Son aquellas acciones de conservación que mantienen un nivel de servicio adecuado aplicadas en el tiempo.

El siguiente gráfico representa la forma general en que se deterioran los pavimentos, en él se puede observar que los primeros años el deterioro es lento; sin embargo, existe un límite en el cual el deterioro se comienza a acelerar, llegando al término de su vida útil rápidamente.

Figura 1: Esquema de Deterioro de un pavimento en el tiempo



Fuente: (Schiessler & Bull, 1992)

Se considera como Gestión de Pavimentos al conjunto de operaciones que tienen como objetivo la conservación de las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural por un período de tiempo, que den ser adecuadas para la circulación, soportando el entorno de la zona en que se ubica la vía y sus condiciones climáticas, con la finalidad de minimizar los costos monetarios, social y ecológico.

El estado de la vía se mide a través de parámetros específicos, las posibilidades técnicas de reparación y conservación son múltiples, y el tema ecológico en la actualidad es de suma importancia.

El objetivo fundamental es desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptima, con el uso de información segura y consistente.

Además, la gestión de pavimentos es un proceso global que incluye todas aquellas actividades involucradas en una vía, entre las que se consideran:



- Adquisición de información inicial.
- Planificación y programación de mantenimiento.
- Rehabilitación y nueva construcción.
- Diseño de detalles de proyectos individuales.
- Seguimiento periódico de pavimentos existentes.

2.1.2. Plan de Gestión de Pavimentos

Es un programa de acciones que consiste en coordinar y controlar las actividades que tengan como objetivo la conservación de pavimentos, asegurando el mejor uso de los recursos disponibles.

La planificación de la gestión de pavimentos otorga beneficios, tales como:

- Recopila un conjunto de información, la cual puede ser compartida dentro de la organización, entre instituciones o el público en general.
- Logra los mejores beneficios con el dinero disponible.
- Puede dar a conocer las consecuencias de una u otra medida de conservación en base a experiencias similares anteriores.

Es un proceso Global que incluye las actividades de Elaboración de inventario, Inspección, Determinación del tipo de mantenimiento, Estimación de recursos, Identificación de prioridades, Programa de trabajo.

2.1.3. Mantenimiento de pavimentos según MTC

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2010) en la Norma CE. 010 tiene por objeto regular los aspectos técnicos relacionados con el mantenimiento de los pavimentos, con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, manteniendo el orden, la circulación y el tránsito; así como uniformizar los criterios de mantenimiento y rehabilitación.

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2010), Corresponde a las Municipalidades la Gestión del Mantenimiento y comprende principalmente cinco responsabilidades:

- a) Planeamiento del programa anual, incluyendo la previsión de los recursos y el presupuesto necesarios.



- b) Disponer que los fondos sean asignados adecuadamente en toda la Red Vial y decidir las prioridades.
- c) Programar y autorizar los trabajos.
- d) Responsabilizarse de que las cuadrillas involucradas en el mantenimiento lo hagan de manera adecuada y efectiva.
- e) Monitorear la calidad y efectividad de las actividades de mantenimiento

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2010), refiere la siguiente secuencia de trabajos necesarios para las Actividades de Mantenimiento:

- i. Inventario:** Es el registro de las características básicas de cada sección de la Red Vial.
- ii. Inspección:** Consiste en la auscultación del pavimento y la medición de su Condición.
- iii. Determinación del tipo de mantenimiento:** Es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
- iv. Estimación de recursos:** Es el costeo del programa de mantenimiento para definir el presupuesto.
- v. Identificación de prioridades:** Etapa en la que se decide el orden de prelación cuando los recursos son limitados.
- vi. Programa de trabajo y medición del comportamiento:** Es la etapa en la que se controla el, trabajo que está siendo ejecutado.
- vii. Monitoreo.** Verificación de la calidad y efectividad del trabajo.

2.1.4. Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales

En el Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) para el Perú basado en la metodología del cálculo del PCI según norma ASTM, sirve para clasificar los pavimentos. (Sotil Chávez A. , 2014)

El SGP propuesto tiene su base teórica en los conceptos presentados en la referencia 10, y desarrolla el Capítulo 6, Sección 6.4 de la NTE de Pavimentos Urbanos de la referencia 7. Así, la secuencia de trabajos necesarios para el SGP propuesto aquí se explica en las siguientes subsecciones.

**i. Inventario:**

El primer paso de este SGP es el registro de las características básicas de cada sección de los caminos en la jurisdicción respectiva.

Así, se tiene que determinar:

- Longitud de los caminos en la jurisdicción.
- Tipos de superficie de rodadura (flexible, rígidos, compuestos, afirmados, estabilizados, u otro tipo similar).
- Importancia de la vía en la jurisdicción (vía expresa, arterial, colectora, local u otra).

Esto servirá para priorizar los trabajos de inspección y las decisiones a futuro.

ii. Inspección:

El SGP propone que esta primera inspección se haga de forma escalonada, según las condiciones disponibles en la localidad, teniendo como herramienta básica el relevamiento de fallas y la clasificación de condiciones utilizando el PCI o Pavement Condition Index (Índice de Condición de Pavimentos) explicada y reglamentada en la Norma ASTM D6433. La ventaja del PCI es que consiste en una herramienta visual de bajo costo y que provee de una clasificación numérica que servirá para análisis comparativos necesarios para los siguientes pasos del SGP.

iii. Clasificación del Sistema Vial:

Este paso incluye la cuantificación de secciones en la jurisdicción respectiva según el PCI y la clasificación del inventario levantado. Así, la siguiente tabla muestra un ejemplo de resultados de cuantificación de secciones de cualquier jurisdicción en el Perú.

Tabla 1: Ejemplo Hipotético de Cuantificación y Clasificación de Secciones

Condición	Vías Expresas	Vías Arteriales	Vías Colectoras	Vías Locales	TODO
% Jurisdicción	5 %	15 %	35 %	45 %	100 %
Excelente	30 %	10 %	5 %	5 %	7.00 %
Muy Bueno	40 %	20 %	10 %	5 %	10.75 %
Bueno	20 %	15 %	15 %	10 %	13.00 %
Regular	10 %	20 %	20 %	10 %	15.00 %
Pobre	--	10 %	15 %	15 %	13.50 %
Muy Pobre	--	20 %	25 %	35 %	27.50 %
Colapsado	--	5 %	10 %	20 %	13.25 %

Fuente: (Sotil Chávez A. , 2014)

Esta tabla puede ser elaborada para todo tipo de pavimento, se procede a tomar decisiones sobre cuáles avenidas y calles mantener, y cuáles secciones reparar y reconstruir, así como también cuáles vías no pavimentadas requerirían pavimentación. Para esto se requiere determinar el tipo de mantenimiento y la estimación de recursos.

iv. **Determinación del Tipo de Mantenimiento:**

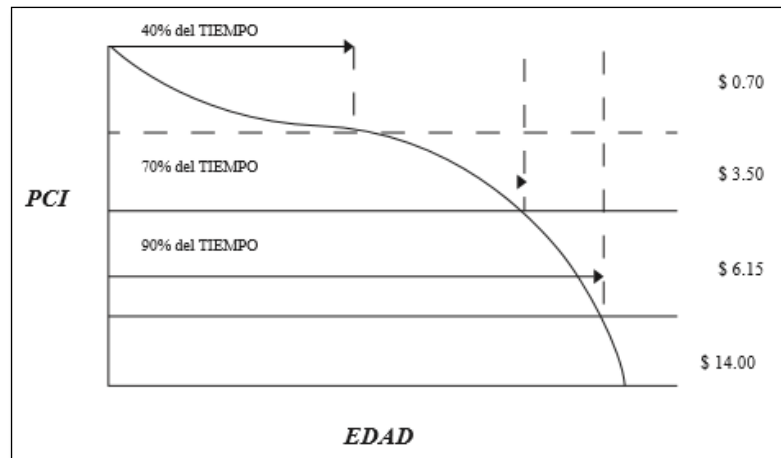
El SGP propone el uso de la Tabla 38: Categorización del PCI vs Tipos de Mantenimiento, basado en experiencias norteamericanas para el tratamiento de pavimentos según la clasificación PCI y la denominación usada en el Perú (rutinario, correctivo, etc.).

v. **Estimación de Recursos:**

Cada jurisdicción deberá determinar los costos de reparación, mantenimiento y construcción, según los recursos locales, y por lo tanto es claro que las decisiones variarán por región y locación. Estos costos deberán llevarse a costo unitario por m²

de pavimento para que puedan tomarse las decisiones respectivas. En la siguiente figura muestra un ejemplo de cómo podría realizarse:

Figura 2: Evolución del PCI en el Tiempo frente a los Gastos de Intervención



Fuente: (Sotil Chávez A. , 2014)

vi. Planificación del Mantenimiento del Sistema de Pavimentos:

En esta etapa se requiere proyectar el futuro comportamiento de los pavimentos. Existen diversas metodologías en la literatura, siendo la más utilizada en el Perú el método del HDMIII y HDM4 del Banco Mundial. Sin embargo, el SGP propone la creación de modelos propios por jurisdicción partiendo de cuatro condiciones:

- Un punto de partida con condiciones de deterioro desconocidos para la localidad
- Un momento en el mediano plazo donde se pueden aplicar métodos empíricos de predicción de modelos de deterioro
- Un momento en el largo plazo donde, con información de campo y de laboratorio, se puedan aplicar métodos mecánicos-empíricos, calibrados para las condiciones regionales y locales del país
- Una condición a futuro donde puedan aplicarse condiciones puramente mecánicas.

**vii. Programa de Trabajo y Medición del Comportamiento**

Se definen los porcentajes de sectores a ser tratados ya sea con mantenimientos rutinarios, periódicos, rehabilitaciones o reconstrucciones, se proceden a definirlos a nivel de expediente técnico en las calles y sectores específicos.

Una vez que se realizan los trabajos, se procede entonces a realizar una nueva medición, fecharla y actualizar la base de datos de la entidad, indicando la obra realizada, la fecha de apertura al tráfico y el nuevo PCI de la sección afectada.

viii. Monitoreo

Se tiene que determinar el plan de monitoreo de las secciones y esto se puede realizar según las necesidades de las vías y/o condiciones económicas de la entidad.

2.1.5. El Pavimento como Elemento de Análisis para la Gestión

Con el pasar del tiempo, los países desarrollados se han dado cuenta de que una buena gestión de infraestructura es indispensable para el desarrollo tanto económico como social de las regiones, debido a esto su preocupación por dicha operación ha tomado gran importancia, se han desarrollado un sinnúmero de sistemas que tienen como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función al 100%. Los sistemas mencionados anteriormente requieren del desarrollo continuo de tecnología para estudiar, analizar y comprender el comportamiento de todos los elementos de la infraestructura. Sin perjuicio de lo anterior, el elemento básico dentro de la infraestructura vial son los pavimentos, en torno a ellos se generan todos los elementos mencionados anteriormente. Esta importancia se debe a la funcionalidad que cumple el pavimento dentro de la operación de un camino, es este el que entrega la superficie requerida para el desplazamiento de los diferente medios de transporte; del pavimento dependen la mayoría de los costos de usuario, asimismo es el pavimento el que requiere la mayor cantidad de recursos económicos y financieros tanto para su construcción como para su mantenimiento y por esto el desarrollo de tecnologías en la infraestructura vial tiene como un objetivo primordial el comportamiento del pavimento.



2.1.6. Pavimentos

Son estructuras que están constituidas por un conjunto de capas compuestas por materiales apropiados y adecuadamente compactados, superpuestas de forma horizontal, que están diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales; así como también ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor en determinado periodo de tiempo. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

Las cargas dinámicas de los vehículos que transitan sobre estas estructuras producen en las interfaces de las capas esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

Según (Montejo Fonseca, 2012) para que un pavimento cumpla sus funciones debe reunir las siguientes características:

- El pavimento debe ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Resistir a los agentes de intemperismo.
- Presentar un color adecuado para evitar reflejos, y una textura superficial adaptada a la velocidad vehicular, para una seguridad vial eficiente. Así también debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar una regularidad superficial, transversal y longitudinal, para una adecuada comodidad, en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas de drenaje.
- El ruido de rodadura debe ser adecuadamente moderado.

2.1.7. Estructura Del Pavimento

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) Menciona en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, que los pavimentos están conformados por las siguientes capas:

Capa de rodadura: Tiene la función de sostener directamente el tránsito, es la capa superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines.

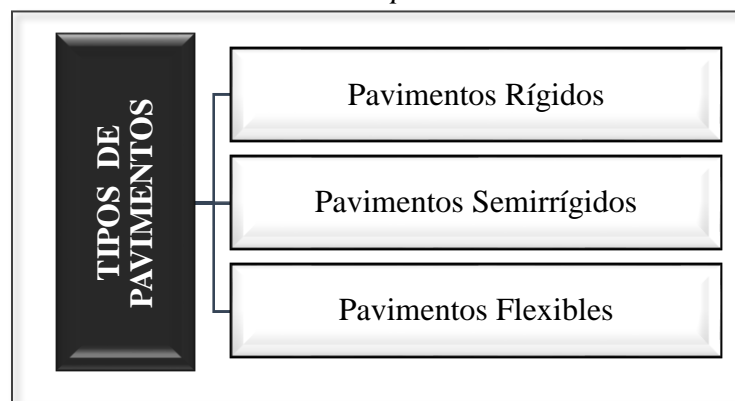
Base: Tiene como función principal sostener, distribuir y transmitir cargas ocasionadas por el tránsito, es la capa inferior a la capa de rodadura. Puede ser de material granular drenante ($CBR > 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

Subbase: Tiene como función soportar a la base y a la carpeta. Se utiliza como una capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua, es una capa de material especificado y con un espesor de diseño. Esta capa puede ser de material granular ($CBR > 40\%$) o tratado con cal, asfalto o cemento.

2.1.8. Tipos De Pavimentos

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) incluye en su manual los siguientes tipos de pavimentos:

Tabla 2: Tipo de Pavimentos



Fuente: Propia

El *pavimento flexible* es una estructura compuesta por una capa de rodadura constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, que esta sobre capas granulares (subbase y base).

El *pavimento semirrígido* es una estructura que puede presentarse de dos maneras, uno que está compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto; así también, aquella compuesta por una carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Incluidos también los pavimentos adoquinados.

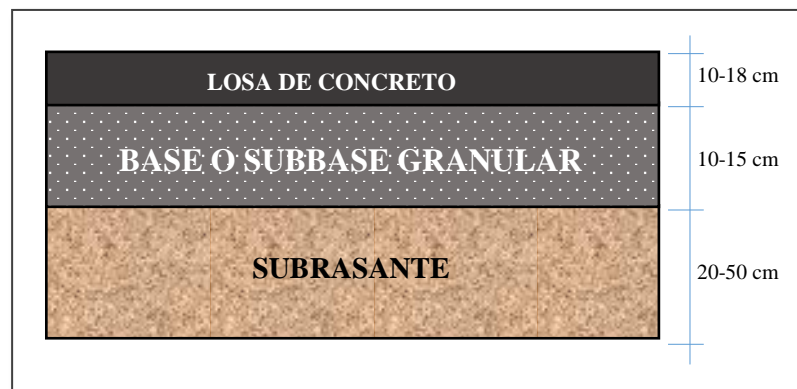
El **pavimento rígido** es una estructura de pavimento compuesta por una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo, y por una capa de subbase o base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

2.1.9. Pavimento Rígido

Según (Montejo Fonseca, 2012) Los pavimentos rígidos son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.

Figura 3: Sección de un Pavimento Rígido

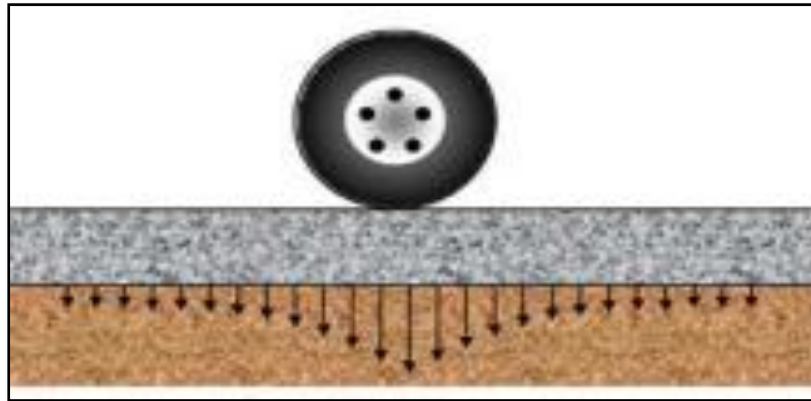


Fuente: Propia

Debido a la alta rigidez y elevado coeficiente de elasticidad del concreto hidráulico, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia, lo cual la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la carpeta de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, teniendo un área de distribución mayor por lo que la presión en la subrasante disminuye.

Figura 4: Distribución de Cargas del Pavimento Rígido



Fuente: (Giordani & Leone, 2015)

El comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante, debido a que el concreto es capaz de resistir esfuerzos a la tensión. Su capacidad estructural depende de la resistencia de las losas y, por ello el apoyo de las capas inferiores no ejerce influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Figura 5: Distribución de la presión de un neumático a través de la estructura del pavimento rígido



Fuente: (Leguía Loarte & Pacheco Risco, 2016)

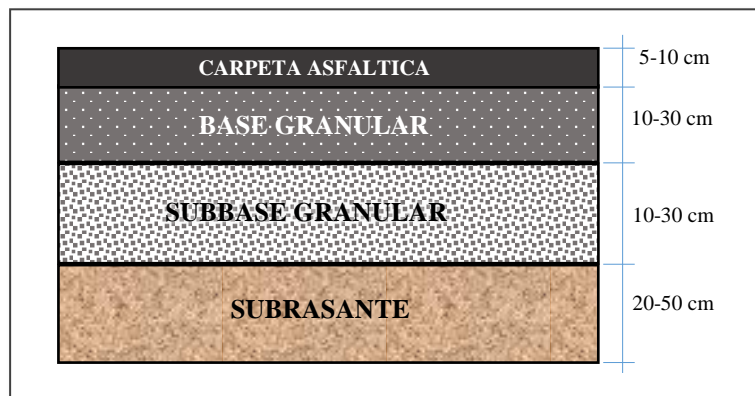
Tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015).

2.1.10. Pavimento Flexible

Este tipo de pavimentos está constituido por una capa de mezcla asfáltica, apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. La base tiene la función soportar las cargas aplicadas y distribuir las a la sub base, está compuesto generalmente por áridos que pueden ser tratados. La sub base se compone de material de menor calidad que la base, y transmiten las cargas al terreno, y pueden actuar como drenaje de las aguas del subsuelo.

En la siguiente figura se presenta un corte de la sección típica de un pavimento flexible.

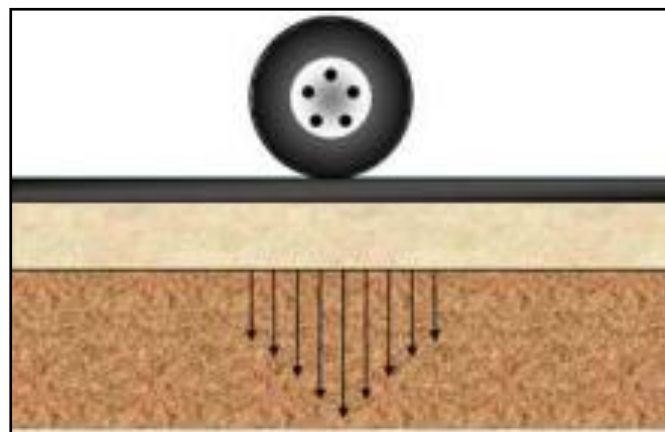
Figura 6: Sección de un Pavimento flexible



Fuente: Propia

Las cargas del tránsito son transmitidas al pavimento a través de una presión de contacto, transmitiendo a la superficie una presión vertical, y se distribuye el total de la carga en menor área de apoyo, por lo que se transmiten las cargas a las capas continuas de forma más concentrada.

Figura 7: Distribución de Cargas del Pavimento Flexible



Fuente: (Giordani & Leone, 2015)

El pavimento flexible normalmente requiere más capas y mayores espesores, debido a que la distribución de las cargas hacia las capas inferiores se presenta en una superficie mayor, por lo tanto, se reducirán los esfuerzos al llegar a la superficie de la subrasante, entonces dicha capa deberá ser capaz de resistir a dichos esfuerzos, sin generar deformaciones que permitan el deterioro funcional o estructural de la vía.

Figura 8: Distribución de la presión de un neumático a través de la estructura del pavimento flexible



Fuente: (Leguía Loarte & Pacheco Risco, 2016)

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015).

2.1.11. Tipo De Fallas En Pavimento Rígido

La Norma ASTM D 6433 (Asociación Americana de Ensayo de Materiales - ASTM, 2012), considera diecinueve tipos de fallas para pavimentos flexibles que están divididos en cuatro categorías:

- Fisuras y Grietas
- Defectos en las Juntas
- Defectos de Superficie
- Otras Fallas




Tabla 3: Esquema de Fallas de Pavimento Rígido

FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS	
FISURAS Y GRIETAS	<ul style="list-style-type: none">• Blowup / Buckling• Grieta de Esquina• Losa Dividida• Grieta de durabilidad “D”• Grietas Longitudinales, Transversales y Diagonales• Punzonamiento• Grietas de Retracción
DEFECTOS EN LAS JUNTAS	<ul style="list-style-type: none">• Escala• Daño del Sello de la Junta• Descascaramiento de Juntas
DEFECTOS DE SUPERFICIE	<ul style="list-style-type: none">• Pulimiento de Agregados• Popouts• Desconchamiento, Mapa de Grietas, Craquelado
OTRAS FALLAS	<ul style="list-style-type: none">• Desnivel Carril Berma• Parche Grande o Acometidas de servicios Públicos• Parche Pequeño• Bombeo• Cruce de Vía Férrea• Descascaramiento de Esquina

Fuente: Propia




Según (Asociación Americana de Ensayo de Materiales - ASTM, 2012), en la designación D 6433-12, se desarrolló el catálogo de fallas, donde se describe cada una de ellas destacando la forma de medición, nivel de severidad, etc.; que se mostrara a continuación:

Tabla 4: Catálogo de Falla de Blowup / Buckling

TIPO DE FALLA	R01. BLOWUP / BUCKLING		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. • También puede ocurrir en los sumideros o en bordes de las zanjas 		
CAUSAS	Se presenta cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta.		
FOMA DE MEDICION	(1) Unidad de losa: cuando afecta a una losa (2) Dos unidades de losa: Ocurre en una junta que afecta a dos losas		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Causa una calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Causa una calidad de tránsito de severidad media.	
	ALTA (H)	Causa una calidad de tránsito de alta severidad.	




Fuente: Propia

Tabla 5: Catálogo de Falla de Grieta de Esquina

TIPO DE FALLA	R02. GRIETA DE ESQUINA		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Grieta que intercepta las juntas a una distancia \leq a la mitad de la longitud de la losa, desde la esquina de la losa. Se diferencia de un descascaramiento de esquina es que este intercepta a la junta a un cierto ángulo mientras que la fisura se extiende verticalmente a través del espesor de la losa. 		
CAUSAS	La repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo causan las fisuras de esquina.		
FOMA DE MEDICION	(1) Unidad de losa: <ul style="list-style-type: none"> Solo tiene una grieta de esquina Contiene más de una grieta de una severidad Contiene dos o más grietas de severidad diferentes 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Ancho menor a 13 mm y el área entre la fractura y las juntas no está fisurada o puede estar ligeramente fisurada	
	MEDIA (M)	Fisura con o sin relleno entre 13mm 50mm de ancho; sin relleno de ancho $<$ a 50 mm y deterioro menor a 10 mm; o con relleno con deterioro menor a 10 mm.	
	ALTA (H)	Fisura sin relleno de ancho mayor a 50 mm, o fisura con o sin relleno con deterioro mayor a 10 mm.	

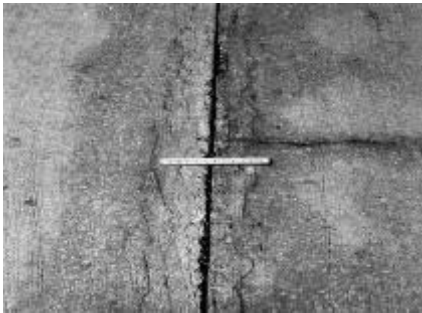
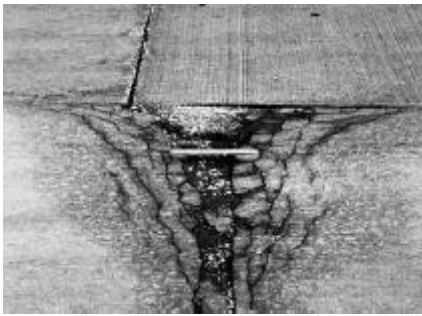
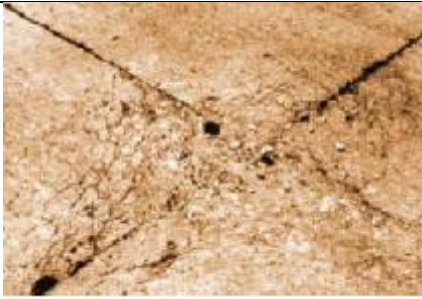
Fuente: Propia

Tabla 6: Catálogo de Falla de Losa Dividida

TIPO DE FALLA	R03. LOSA DIVIDIDA																				
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Está dividida por fisuras en cuatro o más piezas. Si todas las piezas o fisuras están contenidas dentro de una fisura de esquina, el daño debe ser catalogado como una fisura de esquina de alta severidad. 																				
CAUSAS	Son causadas por los efectos de sobrecargas y/o a un soporte inadecuado.																				
FOMA DE MEDICION	(1) Unidad de Losa Si la losa dividida es de mediana o alta severidad, ningún otro daño debe ser registrado en la losa.																				
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)																				
	MEDIA (M)																				
	ALTA (H)																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS</th> <th colspan="3">NUMERO DE PIEZAS</th> </tr> <tr> <th>2 a 3</th> <th>4 a 5</th> <th>Mayor que 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BAJA (L)</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>MEDIA (M)</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>ALTA (H)</td> <td>M</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table> <p>Si la losa solo tiene 2 o 3 piezas como sugiere en esta tabla, se puede considerar como losa dividida, o como fisuras lineales como se verá en la siguiente sección</p>			SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS	NUMERO DE PIEZAS			2 a 3	4 a 5	Mayor que 5	BAJA (L)	L	L	M	MEDIA (M)	L	M	H	ALTA (H)	M	H
SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS	NUMERO DE PIEZAS																				
	2 a 3	4 a 5	Mayor que 5																		
BAJA (L)	L	L	M																		
MEDIA (M)	L	M	H																		
ALTA (H)	M	H	H																		




Fuente: Propia

Tabla 7: Catálogo de Falla de Grieta de Durabilidad “D”

TIPO DE FALLA	R04. GRIETA DE DURABILIDAD “D”		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrolla en paralelo y cerca de la junta o de una fisura lineal, debido a que el concreto se satura cerca de las juntas y fisuras. • Es común encontrar un depósito de color oscuro alrededor de las finas fisuras “D”; que eventualmente puede causar la desintegración de toda la losa. 		
CAUSAS	Las fisuras “D” son causadas por la expansión que el ciclo congelamiento-deshielo produce en el agregado grueso, el cual, con el tiempo, fractura el concreto en forma gradual.		
FOMA DE MEDICION	(1) Unidad de Losa: Si existe más de un nivel de severidad se cuenta el nivel de daño más alto		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	<p>“D” < 15% del área, la mayoría de grietas están cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas</p>	
	MEDIA (M)	<p>“D” < 15% del área La mayoría de sus piezas están flojas o y/o desprendidas.</p> <p>“D” > 15% del área La mayoría de las fisuras son cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas.</p>	
	ALTA (H)	<p>“D” > 15% del área y la mayoría de sus piezas se han desprendido o podrían ser removidas fácilmente.</p>	


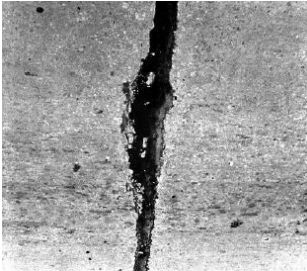

Fuente: Propia

Tabla 8: Catálogo de Falla de Escala

TIPO DE FALLA	R05. ESCALA		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Diferencia de niveles a través de la junta. 		
CAUSAS	<p>Las causas comunes del escalonamiento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Asentamiento causado por una cimentación suave. Bombeo o erosión de material proveniente de debajo de la losa Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura y humedad. 		
FOMA DE MEDICION	<p>(1) Unidad de Losa</p> <ul style="list-style-type: none"> Se cuanta únicamente las losas afectadas Las escalas atreves de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Diferencia de nivel de 3 a 10mm.	
	MEDIA (M)	Diferencia de nivel de 10 a 19mm.	
	ALTA (H)	Diferencia de nivel mayor a 19mm	




Fuente: Propia

Tabla 9: Catálogo de Falla de Daño del Sello de Junta

TIPO DE FALLA	R06. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA		
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier condición que permita la acumulación de material del suelo, rocas o infiltración agua en las juntas; para prevenir el ablandamiento de la fundación de la losa. • Impide que las losas se dilaten y esto podría ocasionar fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Las causas típicas son: <ul style="list-style-type: none"> – Desprendimiento del sellante de junta. – Derrame o flujo del sellante. – Crecimiento de vegetación en la junta – Endurecimiento del material de relleno (oxidación). – Pérdida de adherencia a los bordes de la losa. – Carencia o ausencia de sellante en la junta. 		
FORMA DE MEDICIÓN	No son contados losas por losa, sino son calificadas en base a su condición en conjunto dentro del área total examinada		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	<p>Si los sellantes de algunas juntas muestran poca adherencia pero aún siguen en contacto con los bordes de las juntas.</p> <p>Su valor deducido: 2 puntos del valor total del PCI</p>	
	MEDIA (M)	<ul style="list-style-type: none"> • El sellante se encuentra en su lugar, pero el agua filtra a través de pequeñas aberturas visibles de ancho menor a 3 mm. • Se aprecia material bombeado desde la base de la losa en la junta • El sellante de junta está oxidado pero flexible. • Se aprecia vegetación en la junta pero esta no impide que sean visibles”. <p>Su valor deducido: 4 puntos del valor total del PCI</p>	
	ALTA (H)	<p>Sera de severidad alta si el 10% o más del sellante de la junta cumple con las condiciones anteriores, o si el 10% o más del sellante se ha desprendido.</p> <p>Su valor deducido: 4 puntos del valor total del PCI</p>	

Fuente: Propia

Tabla 10: Catálogo de Falla de Desnivel Carril Berma

TIPO DE FALLA	R07. DESNIVEL CARRIL BERMA		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Es la diferencia de niveles entre el asentamiento o la erosión de la berma y el borde del carril del pavimento. • Puede ser un peligro para la seguridad de la vía y también puede causar una infiltración de agua. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Esta falla es provocada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma. 		
FOMA DE MEDICION	Promediando los desniveles máximo y mínimo al lado de la losa.		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es >25 y ≤ 50 mm	
	MEDIA (M)	La diferencia en elevación es >50 y ≤ 100 mm	
	ALTA (H)	La diferencia en elevación es >100 mm	




Fuente: Propia

Tabla 11: Catálogo de Falla de Fisuras Lineales

TIPO DE FALLA	R08: GRIETAS LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES																			
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Estas grietas, que dividen a la losa en dos o tres partes El espesor deberá ser mayor a la de un cabello, y se debe extender a través de toda la losa. 																			
CAUSAS	Causadas por: <ul style="list-style-type: none"> Combinación de cargas de tráfico. Alabeo por el gradiente térmico. Cargas repetidas de humedad. 																			
FOMA DE MEDICIÓN	(1) Se registra como una losa (2) Si dos grietas de severidad media se presenta en una losa, se cuenta como una losa con grieta de alta severidad.																			
NIVEL DE SEVERIDAD																				
	BAJA (L)	MEDIA (M)	ALTA (H)																	
		SIN RELLENO	CON RELLENO																	
	SIN REFUERZO	<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>•Ancho $\leq 13\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Sin desnivel Material satisfactorio.</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>•Ancho > 13 y $\geq 50\text{mm}$ •Ancho $\leq 50\text{mm}$ Desnivel $< 10\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Desnivel $< 10\text{mm}$</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>•Ancho $> 50\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$</td> </tr> </table>	L	•Ancho $\leq 13\text{mm}$	•Cualquier ancho Sin desnivel Material satisfactorio.	M	•Ancho > 13 y $\geq 50\text{mm}$ •Ancho $\leq 50\text{mm}$ Desnivel $< 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $< 10\text{mm}$	H	•Ancho $> 50\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$	<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>•Ancho ≥ 3 y $< 25\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Material satisfactorio</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>•Ancho ≥ 25 y $< 75\text{mm}$ Sin desnivel •Ancho $\leq 75\text{mm}$ Desnivel $\leq 10\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>•Ancho $> 75\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$</td> <td>•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$</td> </tr> </table>	L	•Ancho ≥ 3 y $< 25\text{mm}$	•Cualquier ancho Material satisfactorio	M	•Ancho ≥ 25 y $< 75\text{mm}$ Sin desnivel •Ancho $\leq 75\text{mm}$ Desnivel $\leq 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$	H	•Ancho $> 75\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$
L	•Ancho $\leq 13\text{mm}$	•Cualquier ancho Sin desnivel Material satisfactorio.																		
M	•Ancho > 13 y $\geq 50\text{mm}$ •Ancho $\leq 50\text{mm}$ Desnivel $< 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $< 10\text{mm}$																		
H	•Ancho $> 50\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$																		
L	•Ancho ≥ 3 y $< 25\text{mm}$	•Cualquier ancho Material satisfactorio																		
M	•Ancho ≥ 25 y $< 75\text{mm}$ Sin desnivel •Ancho $\leq 75\text{mm}$ Desnivel $\leq 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$																		
H	•Ancho $> 75\text{mm}$ •Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$	•Cualquier ancho Desnivel $> 10\text{mm}$																		
CON REFUERZO	Tendrá que cumplir las condiciones expuestas en la anterior tabla.																			




Fuente: Propia

Tabla 12: Catálogo de Falla de Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos

TIPO DE FALLA	R09. PARCHES GRANDES O ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Este parche es mayor a 0.45 m2. • Área en la que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por nuevo material de relleno. • El parche de corte utilitario. 		
CAUSAS	Es un parche efectuado para permitir la instalación o mantenimiento de algún servicio público con instalaciones subterráneas.		
FORMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Si en una losa existe dos parches con el mismo nivel severidad, se considera como tal.</p> <p>(2) Si en una losa existen parches de diferentes niveles de severidad, se considera el mayor nivel de severidad.</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	<p>BAJA (L)</p>	<p>Cuando el parche funciona bien con poco o ningún deterioro.</p>	
	<p>MEDIA (M)</p>	<p>Está moderadamente deteriorado o se aprecia desquebrajamiento moderado alrededor de los bordes, o ambos.</p>	
	<p>ALTA (H)</p>	<p>Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo</p>	

Fuente: Propia

Tabla 13: Catálogo de Falla de Parches Pequeños

TIPO DE FALLA	R10. PARCHE PEQUEÑO	
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • El parche será considerado pequeño cuando este sea menor a 0.45 m². • Tanto en este daño, como en el anterior de tamaño grande, no se considera si el parche es hecho de asfalto (flexible) o concreto (rígido). • Las condiciones de severidad leve, moderada y severa son similares en ambos tipos de daño. 	
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es un parche efectuado para permitir la instalación o mantenimiento de algún servicio público con instalaciones subterráneas, o tapar alguna falla. 	
FOMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Si en una losa existe dos parches con el mismo nivel severidad, se considera como tal.</p> <p>(2) Si en una losa existen parches de diferentes niveles de severidad, se considera el mayor nivel de severidad.</p>	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	
	MEDIA (M)	
	ALTA (H)	



Fuente: Propia

Tabla 14: Catálogo de Falla de Pulimiento de Agregados

TIPO DE FALLA	R11. PULIMIENTO DE AGREGADOS	
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> El agregado pulido se determina cuando un estudio exhaustivo del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre la superficie es muy pequeña, o no existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al deslizamiento. 	
CAUSAS	Causada por repetidas cargas de tráfico.	
FOMA DE MEDICION	Se registra como una losa.	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	
	MEDIA (M)	
	ALTA (H)	 <p>No existen niveles de severidad.</p>



Fuente: Propia

Tabla 15: Catálogo de Falla de Popouts

TIPO DE FALLA	R12. POPOUTS	
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Es un pequeño pedazo de pavimento que se rompe y se desprende de la superficie • Usualmente se presentan en diámetros de 25 a 102mm y con profundidad de 13 a 51 mm. 	
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Causada por la acción sucesiva del congelamiento y deshielo combinados con la presencia de agregados expansivos. 	
FOMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Se mide la densidad del daño.</p> <p>(2) Debe tener un promedio mayor de tres popouts por metro cuadrado.</p>	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	
	MEDIA (M)	
	ALTA (H)	<p>No hay grados de severidad definidos para los desconchamientos; sin embargo, deben ser extensivos antes de que sean considerados como daño. La densidad promedio de los desconchamientos debe ser aproximadamente mayor a 3 desconchamientos/m² sobre el área de una losa completa.</p>




Fuente: Propia

Tabla 16: Catálogo de Falla de Bombeo

TIPO DE FALLA	R13. BOMBEO
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Expulsión del material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. • Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera, y luego hacia atrás bajo la losa trasera. • Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas del suelo, lo cual genera una pérdida progresiva del soporte del pavimento. • Se puede identificar por manchas en la superficie y la evidencia de material de base y subrasante en el pavimento cerca en las juntas o grietas. • El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de las juntas e indica la pérdida de soporte.
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas de tránsito.
FORMA DE MEDICION	<p>(1) El bombeo de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas.</p>
NIVEL DE SEVERIDAD	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>No hay grados de severidad definidos.</p>




Fuente: Propia

Tabla 17: Catálogo de Falla de Punzonamiento

TIPO DE FALLA	R14. PUNZONAMIENTO																					
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Área localizada de la losa que se encuentra fracturada en piezas. • Está definido por una junta y una fisura. 																					
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es causado por: <ul style="list-style-type: none"> ○ Repetición de cargas pesadas. ○ Espesor inadecuado de la losa. ○ Pérdida de soporte en la fundación. ○ Deficiencia en la colocación del concreto (cangrejeras). 																					
FOMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.</p>																					
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)																					
	MEDIA (M)																					
	ALTA (H)																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS</th> <th colspan="3">NUMERO DE PIEZAS</th> </tr> <tr> <th>2 a 3</th> <th>4 a 5</th> <th>>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>M</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>			SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS	NUMERO DE PIEZAS			2 a 3	4 a 5	>5	L	L	L	M	M	L	M	H	H	M	H
SEVERIDAD DE LA MAYORIA DE LAS GRIETAS	NUMERO DE PIEZAS																					
	2 a 3	4 a 5	>5																			
L	L	L	M																			
M	L	M	H																			
H	M	H	H																			


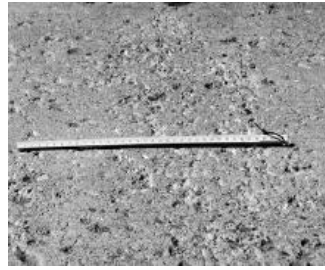

Fuente: Propia

Tabla 18: Catálogo de Falla de Cruce de Vía Férrea y Rompemuelle

TIPO DE FALLA	R15. CRUCE DE VÍA FÉRREA Y ROMPEMUELLE		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Son abultamientos o depresiones ocasionados por los cruces de vía férrea y los rompemuelleres, estos defectos que se encuentran alrededor de ambos. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Por la existencia de vía férrea o rompemuelleres. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa. (1) Se registra el número de losas atravesadas por la vía férrea o rompemuelleres.</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	<p>Cuando el cruce de vía férrea o el rompemuelleres genera una calidad de tránsito de baja severidad.</p>	
	MEDIA (M)	<p>Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad.</p>	
	ALTA (H)	<p>Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad.</p>	



Fuente: Propia

Tabla 19: Catálogo de Falla de Resquebrajamiento, Mapa de Fisuras y Craquelado

TIPO DE FALLA	R16. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS Y CRAQUELADO		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a una red de fisuras superficiales, finas o del espesor de un cabello que se extienden sólo sobre la parte superficial del concreto. • El tipo de desconchamiento. • que se define aquí, no es causado por fisuras “D”. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es causado por exceso de manipulación en el acabado, y puede ocasionar desconchamiento que es la fractura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6 a 13 mm. • Puede ser causado también por: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sales descongeladas. ○ Falencias en el procedimiento constructivo. ○ Ciclos de congelamiento y derretimiento. ○ Presencia de agregados pobres. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Una losa descascarada.</p> <p>(2) El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Cuando el mapa de fisuras o craquelado existe sobre la mayoría de la losa, con resquebrajamientos menores.	
	MEDIA (M)	Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área menor al 15% del total	
	ALTA (H)	Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área mayor al 15% del total.	


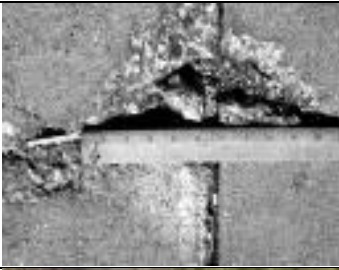

Fuente: Propia

Tabla 20: Catálogo de Falla de Grietas de Retracción

TIPO DE FALLA	R17. GRIETAS DE RETRACCIÓN	
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Las fisuras de contracción son grietas de: <ul style="list-style-type: none"> ○ Espesor de un cabello. ○ Longitud menor a 2 metros. ○ No llegan a atravesar toda la losa. 	
CAUSAS	Se originan durante la colocación y fraguado del concreto	
FOMA DE MEDICION	Se registra como una losa. (1) Si una o más grietas de retracción existen en una losa en particular.	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	
	MEDIA (M)	
	ALTA (H)	<p>No existen niveles de severidad.</p>




Fuente: Propia

Tabla 21: Catálogo de Falla de Descascaramiento de Esquina

TIPO DE FALLA	R18. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA																
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Fractura que se produce en la losa a 0.60 metros aprox. de la esquina. • Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina, en que el primero usualmente busca hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. • Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse. 																
CAUSAS	<p>Los motivos para causar tal resquebrajamiento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Esfuerzos excesivos en la junta (tráfico, infiltración de materiales) ○ Concreto débil en la junta. ○ Acumulación de agua en la junta (congelamiento, derretimiento) 																
FORMA DE MEDICIÓN	<p>Se registra como una losa.</p> <p>(1) Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad.</p> <p>(2) Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta con el mayor nivel de severidad.</p>																
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)																
	MEDIA (M)																
	ALTA (H)																
	<table border="1" data-bbox="512 1715 1361 1980"> <thead> <tr> <th data-bbox="512 1715 906 1805" rowspan="2">PROFUNDIDAD DE D/R DE ESQUINA</th> <th colspan="2" data-bbox="906 1715 1361 1783">DIMENSIÓN DE LOS LADOS DEL D/R DE ESQUINA</th> </tr> <tr> <th data-bbox="906 1783 1134 1850">130x130mm a 300x300mm</th> <th data-bbox="1134 1783 1361 1850">>300x300mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="512 1850 906 1895"><25mm</td> <td data-bbox="906 1850 1134 1895">L</td> <td data-bbox="1134 1850 1361 1895">L</td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 1895 906 1939">>25 a 50mm</td> <td data-bbox="906 1895 1134 1939">L</td> <td data-bbox="1134 1895 1361 1939">M</td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 1939 906 1984">>50mm</td> <td data-bbox="906 1939 1134 1984">M</td> <td data-bbox="1134 1939 1361 1984">H</td> </tr> </tbody> </table>	PROFUNDIDAD DE D/R DE ESQUINA	DIMENSIÓN DE LOS LADOS DEL D/R DE ESQUINA		130x130mm a 300x300mm	>300x300mm	<25mm	L	L	>25 a 50mm	L	M	>50mm	M	H		
PROFUNDIDAD DE D/R DE ESQUINA	DIMENSIÓN DE LOS LADOS DEL D/R DE ESQUINA																
	130x130mm a 300x300mm	>300x300mm															
<25mm	L	L															
>25 a 50mm	L	M															
>50mm	M	H															

Fuente: Propia

Tabla 22: Catálogo de Falla de Descascaramiento de Junta

TIPO DE FALLA	R19. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA																												
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. 																												
CAUSAS	<p>Los motivos para causar tal resquebrajamiento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación. 																												
FOMA DE MEDICIÓN	<p>Se registra como una losa.</p> <ol style="list-style-type: none"> Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa. Si está sobre más de un borde de la misma losa, se considera el borde que tenga la mayor severidad. Si ocurre a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes, en este caso se contabiliza ambas losas. 																												
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)																												
	MEDIA (M)																												
	ALTA (H)																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PIEZAS DEL D/R DE JUNTA</th> <th rowspan="2">ANCHO DEL D/R</th> <th colspan="2">LONGITUD DEL D/R</th> </tr> <tr> <th><0.5m</th> <th>>0.5m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Apretadas: No pueden ser removidas fácilmente (algunas piezas perdidas)</td> <td><100mm</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>>100mm</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Seltas: Pueden ser removidas y algunas piezas se han salido; si la mayoría de las piezas se salieron es descascaramiento superficial <25mm</td> <td><100mm</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>>100mm</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Perdidas: La mayoría de las piezas han sido removidas.</td> <td><100mm</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>>100mm</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	PIEZAS DEL D/R DE JUNTA	ANCHO DEL D/R	LONGITUD DEL D/R		<0.5m	>0.5m	Apretadas: No pueden ser removidas fácilmente (algunas piezas perdidas)	<100mm	L	L	>100mm	L	L	Seltas: Pueden ser removidas y algunas piezas se han salido; si la mayoría de las piezas se salieron es descascaramiento superficial <25mm	<100mm	L	M	>100mm	M	M	Perdidas: La mayoría de las piezas han sido removidas.	<100mm	L	M	>100mm	M	H
PIEZAS DEL D/R DE JUNTA	ANCHO DEL D/R	LONGITUD DEL D/R																											
		<0.5m	>0.5m																										
Apretadas: No pueden ser removidas fácilmente (algunas piezas perdidas)	<100mm	L	L																										
	>100mm	L	L																										
Seltas: Pueden ser removidas y algunas piezas se han salido; si la mayoría de las piezas se salieron es descascaramiento superficial <25mm	<100mm	L	M																										
	>100mm	M	M																										
Perdidas: La mayoría de las piezas han sido removidas.	<100mm	L	M																										
	>100mm	M	H																										

Fuente: Propia

2.1.12. Tipo De Fallas En Pavimento Flexible

La (Asociación Americana de Ensayo de Materiales - ASTM, 2012), considera dieciocho tipos de fallas para pavimentos flexibles que están divididos en cuatro categorías:

- Fisuras y grietas.
- Parches y Huecos.
- Deformaciones superficiales.
- Defectos de superficie.
- Otras fallas

Tabla 23: Esquema de Fallas de Pavimento Flexible




FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	
FISURAS Y GRIETAS	<ul style="list-style-type: none">• Piel de Cocodrilo• Agrietamiento en Bloque• Grieta de Borde• Grietas Longitudinales y Transversales• Grieta de Junta de Reflexión• Grietas Parabólicas o por Deslizamiento
PARCHES Y HUECOS	<ul style="list-style-type: none">• Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos• Huecos
DEFORMACIONES SUPERFICIALES	<ul style="list-style-type: none">• Abultamientos y Hundimientos• Corrugación• Ahuellamiento• Hinchamiento• Depresión• Desplazamiento
DEFECTOS DE SUPERFICIE	<ul style="list-style-type: none">• Exudación• Pulimientos de Agregados• Meteorización / Desprendimiento de Agregados
OTRAS FALLAS	<ul style="list-style-type: none">• Desnivel Carril/Berma• Cruce de Vía Férrea y Rompe Muelle

Fuente: Propia

Según (Asociación Americana de Ensayo de Materiales - ASTM, 2012) en la designación D 6433-12, se desarrolló el catálogo de fallas, donde se describe cada una


de ellas destacando la forma de medición, nivel de severidad, etc.; que se mostrara a continuación:

Tabla 24: Catálogo de Falla Piel de Cocodrilo

TIPO DE FALLA	F01. PIEL DE COCODRILO O AGRIETAMIENTO POR FATIGA		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Serie de grietas interconectadas. • Las fisuras se conectan formando varios fragmentos, cuyos bordes exteriores forman ángulos agudos en su interior, desarrollando así un patrón semejante al alambrado de un gallinero o a la piel de un cocodrilo. • A menudo ocurre en las huellas de un carril. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Causadas por acción de la fatiga de la superficie, sometida a repeticiones de carga de tráfico. • Se origina en la base de la superficie de concreto asfáltico o base estabilizada, donde los esfuerzos de tensiones y deformaciones unitarias son más altos bajo la carga. 		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Finas fisuras longitudinales no descascaradas con recorrido paralelo entre ellos y con alguna y ninguna fisura de interconexión	
	MEDIA (M)	Fisuras finas que podrían estar ligeramente descascaradas.	
	ALTA (H)	El patrón de fisuras está bien definidas y descascaradas en los bordes.	

Fuente: Propia

Tabla 25: Catálogo de Falla de Exudación

TIPO DE FALLA	F02. EXUDACIÓN		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta sobre la superficie del pavimento, como una película de material bituminoso que crea una superficie brillante, cristalina y reflexiva y generalmente se vuelve pegajosa. • El proceso de exudación no es reversible. 		
CAUSAS	<p>Es causada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por cantidades excesivas de cemento asfáltico o alquitranes en la mezcla. • La aplicación excesiva de un sello bituminoso. • Bajo contenido de vacíos. • Combinación de estas causas. • Ocurre cuando existe altas temperaturas, y el asfalto llena los vacíos en la mezcla. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros cuadrados (m2)</p> <p>Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimiento de agregados.</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Es percibida sólo durante algunos días al año, y el asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.	
	MEDIA (M)	Desde que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.	
	ALTA (H)	Desde que una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.	




Fuente: Propia

Tabla 26: Catálogo de Agrietamiento en Bloque

TIPO DE FALLA	F03. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas rectangulares. • Los bloques varían de 0.3 x 0.3 m hasta 3 x 3 m. • Indica que el asfalto se ha endurecido significativamente. • A diferencia del tipo piel de cocodrilo, este no presenta mayor cantidad de fragmentos pequeños ni ángulos interiores agudos. 		
CAUSAS	Causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura, no está asociado con la carga de tráfico, por lo que ocurrirá sólo en áreas largas donde no hay tráfico.		
FOMA DE MEDICION	Metro cuadrado (m2) Generalmente se presenta con un solo nivel de severidad en una sección, si se encuentra con diferentes niveles se mide separadamente		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Los bloques están definidos por grietas de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad.	
	ALTA (H)	Los bloques están definidos por grietas de alta severidad.	



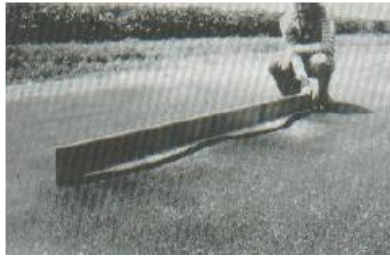
Fuente: Propia

Tabla 27: Catálogo de Falla de Abultamientos y Hundimientos

TIPO DE FALLA	F04. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS)		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Abultamientos: Son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. • Hundimientos: Son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos localizados en la superficie del pavimento. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico. • Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo). • Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”). 		
FOMA DE MEDICION	<ul style="list-style-type: none"> • Metros Lineales (ml) • Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, registrar ambas. • Si esta con un patrón perpendicular a flujo de tránsito, y esta espaciadas a menos de tres metros el daño se llama corrugación. 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.	
	ALTA (H)	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.	




Fuente: Propia

Tabla 28: Catálogo de Falla de Corrugación

TIPO DE FALLA	F05. CORRUGACION		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Es una serie de cimas y depresiones que ocurren a intervalos regulares, a menos de 3m usualmente. • Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de daño normalmente ocurre por la acción del tránsito combinada con una carpeta asfáltica inestable. 		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Cuando la corrugación genera una calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Cuando la corrugación genera una calidad de tránsito de mediana severidad.	
	ALTA (H)	Cuando la corrugación genera una calidad de tránsito de alta severidad.	


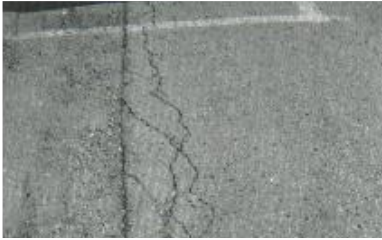

Fuente: Propia

Tabla 29: Catálogo de Falla de Depresión

TIPO DE FALLA	F06. DEPRESIÓN		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. • En ocasiones son visibles después de la lluvia • Origina alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua puede causar hidroplaneo. • A comparación del hundimiento, el hundimiento son caídas bruscas de nivel. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta 		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	La máxima profundidad de depresión se encuentra entre 13 mm a 25mm.	
	MEDIA (M)	La máxima profundidad de depresión se encuentra entre 25mm a 51mm.	
	ALTA (H)	La máxima profundidad de depresión se encuentra entre más de 51mm.	

Fuente: Propia

Tabla 30: Catálogo de Falla de Grieta de Borde

TIPO DE FALLA	F07. GRIETA DE BORDE O FISURA DE BORDE		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Son paralelas al borde externo del pavimento y generalmente se encuentran a una distancia de 0.3 a 0.6 m del borde. Es clasificada como área de desprendimiento si esta se encuentra agrietada (a veces al punto en que los fragmentos son removidos). Solo se considera el área a los 0.6 m del borde de la vía. 		
CAUSAS	Este daño es acelerado por las cargas de tráfico y su origen se puede atribuir al debilitamiento de la base o la sub-rasante por congelamiento en zonas cercanas al borde del pavimento y/o a la falta de berma que apoya al soporte estructural de las cargas.		
FOMA DE MEDICION	Metros lineales (ml)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Agrietamiento sin fragmentación o desprendimiento	
	MEDIA (M)	Agrietamiento con alguna fragmentación o desprendimiento	
	ALTA (H)	Agrietamiento o desprendimiento considerable a lo largo del borde.	




Fuente: Propia

Tabla 31: Catálogo de Falla de Grieta de Junta de Reflexión

TIPO DE FALLA		F08. GRIETA DE JUNTA DE REFLEXIÓN (LOSAS DE CONCRETO PORTLAND)	
DESCRIPCION		<ul style="list-style-type: none"> Ocurre sólo en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre losas de concreto. No está relacionado a efectos de carga; pero las cargas de tráfico pueden causar el deterioro de la superficie del Concreto Asfáltico. 	
CAUSAS		Son causadas por el movimiento inducido por la humedad o temperatura de las losas de concreto que se encuentran bajo la superficie del concreto armado, causadas también por cargas de tráfico.	
FOMA DE MEDICION		<p>Metros lineales (ml)</p> <p>Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión esta también debe de registrarse.</p>	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Grieta sin relleno de ancho menor a 10 mm, grieta rellena de cualquier ancho.	
	MEDIA (M)	Grieta sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 76 mm.	
	ALTA (H)	Grieta con o sin relleno de ancho mayor a 76 mm, o fisuras de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm.	


Fuente: Propia

Tabla 32: Catálogo de Falla de Desnivel Carril / Berma

TIPO DE FALLA	F09. DESNIVEL CARRIL / BERMA		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. 		
CAUSAS	<p>Este daño es provocado por :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La erosión de la berma. • El asentamiento de la berma. • La colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma • Inexistencia de la berma. 		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25 mm y menor a 51 mm.	
	MEDIA (M)	El rango cambia a 51 mm y 102 mm.	
	ALTA (H)	Diferencias mayores a 102 mm.	




Fuente: Propia

Tabla 33: Catálogo de Falla de Grietas Longitudinales y Transversales

TIPO DE FALLA	F10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		
DESCRIP.	<ul style="list-style-type: none"> • Las grietas longitudinales, son paralelas al eje central del pavimento. • Las grietas transversales, se extienden a través del ancho del pavimento formando aproximadamente ángulos rectos con el eje central del pavimento. 		
CAUSAS	<p>Estas fisuras pueden ser causadas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una junta de carril del pavimento construido pobremente. • Contracción de la superficie del concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, endurecimiento del asfalto, y/o la variación diaria de temperaturas. • Una grieta de reflexión causada por un agrietamiento bajo la capa superficial. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros lineales (ml)</p> <p>Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud debe registrarse por separado.</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Grietas sin relleno se ancho < 10mm 2) Grietas rellena de cualquier ancho 	 <p>Longitudinal Transversal</p>
	MEDIA (M)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Grietas sin relleno de ancho entre 10 y 76mm. 2) Grietas sin relleno de cualquier ancho, hasta 76mm, con grietas aleatorias. 3) Grieta rellena de cualquier ancho con un ligero agrietamiento aleatorio. 	 <p>Longitudinal Transversal</p>
	ALTA (H)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas. 2) Grietas sin relleno de más de 76mm de ancho. 3) Grieta de cualquier ancho, con pavimento alrededor severamente fracturado. 	 <p>Longitudinal Transversal</p>

Fuente: Propia

Tabla 34: Catálogo de Falla de Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos

TIPO DE FALLA	F11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo, para su reparación. • Considerado un defecto, ya que no se comporta como la sección original. • Por lo general, alguna rugosidad está asociada con este daño. 		
CAUSAS	Es causada por reparación de vías.		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros cuadrados (m2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, se registra de forma separada • Si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el ara se califica únicamente como parche 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada de baja severidad o mejor.	
	MEDIA (M)	El parche está deteriorado en forma moderada. La calidad de tránsito es calificada de mediana severidad o ambos.	
	ALTA (H)	El parche está deteriorado en forma moderada. La calidad de tránsito es calificada de mediana severidad o ambos.	

Fuente: Propia

Tabla 35: Catálogo de Falla de Pulimiento de Agregados

TIPO DE FALLA	F12. PULIMIENTO DE AGREGADOS	
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando una porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña, o existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al deslizamiento. • No existe adherencia con las llantas de los vehículos y no contribuye a la reducción de la velocidad de los vehículos. • El agregado pulido debe ser registrado cuando las evaluaciones revelen que el agregado es insignificante, y es suave al tacto. 	
CAUSAS	Causada por repeticiones de carga de tráfico.	
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2) Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados.	
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	
	MEDIA (M)	
	ALTA (H)	No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra y la superficie de agregado debe ser suave al tacto





Fuente: Propia

Tabla 36: Catálogo de Falla de Huecos

TIPO DE FALLA	F13. HUECOS																				
DESCRIP.	<ul style="list-style-type: none"> Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. 																				
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. 																				
FOMA DE MEDICION	Unidad de Falla <ul style="list-style-type: none"> Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad debe registrarse como huecos 																				
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)																				
	MEDIA (M)																				
	ALTA (H)																				
	Los niveles de severidad para los huecos de diametro menor 762mm son: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL HUECO</th> <th colspan="3">DIÁMETRO MEDIO</th> </tr> <tr> <th>102mm a 203mm</th> <th>203mm a 457mm</th> <th>457mm a 762mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7mm a 25.4mm</td> <td style="background-color: #d9ead3;">L</td> <td style="background-color: #d9ead3;">L</td> <td style="background-color: #fff2cc;">M</td> </tr> <tr> <td>>25.4mm a 50.8mm</td> <td style="background-color: #d9ead3;">L</td> <td style="background-color: #fff2cc;">M</td> <td style="background-color: #f4cccc;">H</td> </tr> <tr> <td>>50.8mm</td> <td style="background-color: #fff2cc;">M</td> <td style="background-color: #fff2cc;">M</td> <td style="background-color: #f4cccc;">H</td> </tr> </tbody> </table> <p>Si el diametro del husco es mayoy que 762mm debe medirse el area en metros cuadrados y dividirlo entre 0.42 m2, para hallar el numero de huecos equivalentes. Se considera de severidad media si la profundidd es menor o igual a 25mm y severidad alta si es mayor a 25mm.</p>			PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL HUECO	DIÁMETRO MEDIO			102mm a 203mm	203mm a 457mm	457mm a 762mm	12.7mm a 25.4mm	L	L	M	>25.4mm a 50.8mm	L	M	H	>50.8mm	M	M
PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL HUECO	DIÁMETRO MEDIO																				
	102mm a 203mm	203mm a 457mm	457mm a 762mm																		
12.7mm a 25.4mm	L	L	M																		
>25.4mm a 50.8mm	L	M	H																		
>50.8mm	M	M	H																		




Fuente: Propia

Tabla 37: Catálogo de Falla de Cruce de Vía Férrea y Rompemuelle

TIPO DE FALLA	F14. CRUCE DE VÍA FÉRREA Y ROMPEMUELLE		
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> El cruce de vía férrea con abultamientos o depresiones que se encuentran alrededor, entre los rieles, o ambos. Los rompemuelleres son consideradas zonas levantadas para reducir la velocidad vehicular en alguna locación de la calle donde se requiere dicha reducción. 		
CAUSAS	Por la existencia de una vía férrea o reductores de velocidad.		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Cuando el cruce de vía férrea o el rompemuelle genera una calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad.	 
	ALTA (H)	Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad.	




Fuente: Propia

Tabla 38: Catálogo de Falla de Ahuellamiento

TIPO DE FALLA	F15. AHUELLAMIENTO		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> • Es una depresión superficial en las huellas de las ruedas. • El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo sus lados. • Se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> • Casi siempre es son causados por la consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros cuadrados (m2)</p> <p>Se toma medida a lo largo del ahuellamiento para calcular su profundidad media</p>		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Profundidad media de 6 a 13 mm.	
	MEDIA (M)	Profundidad media >13 a 25 mm.	
	ALTA (H)	Profundidad media > 25 mm.	

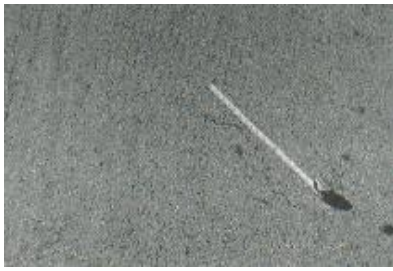


Fuente: Propia

Tabla 39: Catálogo de Falla de Desplazamiento

TIPO DE FALLA	F16. DESPLAZAMIENTO		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada, causado por acción de la carga de tráfico, que produce una onda corta y brusca en la superficie del pavimento. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> Este tipo de daño normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestable. En algunos casos ocurre cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos rígidos, estos al aumentar su longitud empujan al pavimento asfáltico; produciendo desplazamiento. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros cuadrados (m2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Los desplazamientos que ocurren en parches se considera una falla tipo parche. 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.	
	MEDIA (M)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.	
	ALTA (H)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.	


Fuente: Propia

Tabla 40: Catálogo de Falla de Parabólicas

TIPO DE FALLA	F17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE)		
DESCRIPCION	<ul style="list-style-type: none"> Son grietas en forma de media luna creciente. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de un ligante pobre entre la superficie y la capa siguiente. 		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	El ancho promedio de la grieta menor que 10mm.	
	MEDIA (M)	Existe una de las siguientes condiciones: 1) Ancho promedio de la grieta entre 10mm y 38mm 2) El área del rededor de la grieta esta fracturada a pequeños espacios ajustables.	
	ALTA (H)	Existe una de las siguientes condiciones: 1) Ancho promedio de la grieta mayor que 38mm. 2) El área del rededor de la grieta esta fracturada en pedasos fácilmente removibles.	




Fuente: Propia

Tabla 41: Catálogo de Falla de Hinchamiento

TIPO DE FALLA	F18. HINCHAMIENTO		
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3 m. • El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. 		
CAUSAS	Este daño es causado usualmente por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.		
FOMA DE MEDICION	Metros cuadrados (m2)		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	El hinchamiento no es fácil de ver, puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe, se producirá un movimiento hacia arriba.	
	MEDIA (M)	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	
	ALTA (H)	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	

Fuente: Propia

Tabla 42: Catálogo de Falla de Meteorización / Desprendimiento de Agregados

TIPO DE FALLA	F19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Los desprendimientos son el desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y partículas del agregado removidas. Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable ó que estamos en presencia de una mezcla de pobre calidad. 		
CAUSAS	<ul style="list-style-type: none"> Causado por la insuficiencia del ligante asfáltico, la mala calidad de la mezcla, la compactación insuficiente, la segregación o peladuras. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento. 		
FOMA DE MEDICION	<p>Metros cuadrados (m2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10mm y profundidades menores que 13mm, en cambio sí es de mayor área se consideran hueco. 		
NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA (L)	<p>La pérdida de agregado fino es notable y puede haber decoloración en el asfalto. Los bordes del agregado grueso empiezan a ser expuestos (menos de 1 mm) a pesar de que el pavimento es relativamente nuevo (6 meses de edad).</p>	
	MEDIA (M)	<p>Cuando la pérdida de agregado fino es notable y los bordes del agregado grueso están expuestos hasta ¼ sobre la superficie (del lado más largo)</p>	
	ALTA (H)	<p>Cuando los bordes del agregado grueso están expuestos más ¼ sobre la superficie (del lado más largo). Además, hay una pérdida considerable de agregado fino que conduce a alguna pérdida potencial de agregado grueso</p>	

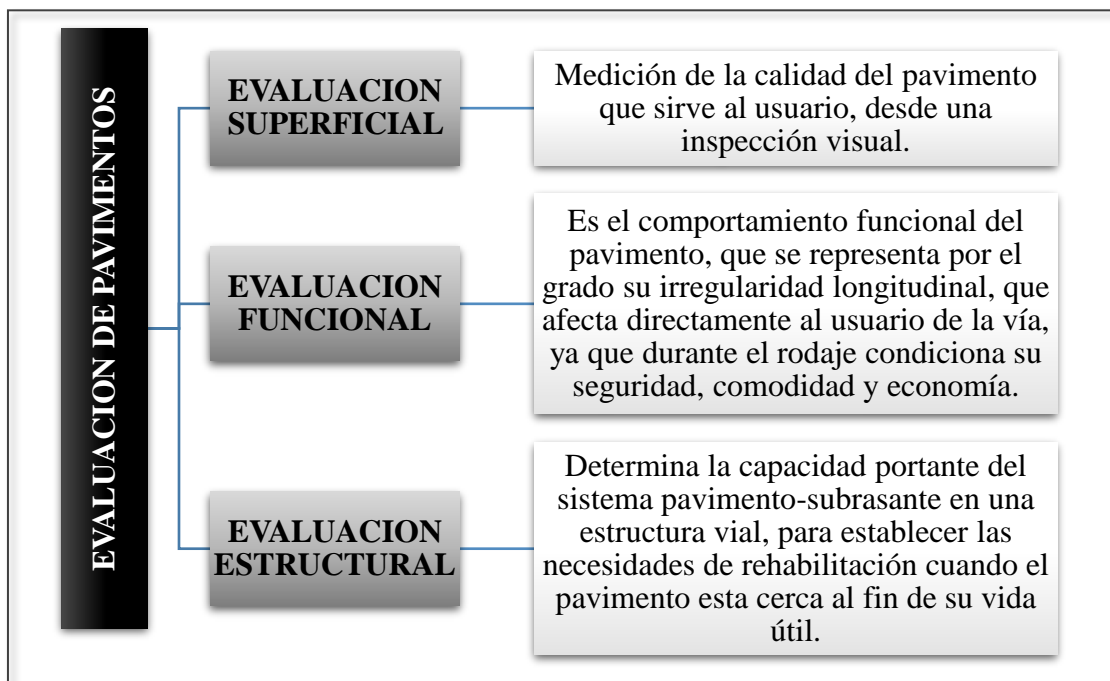
Fuente: Propia

2.1.13. Evaluación De Pavimentos

Es la determinación de la capacidad del pavimento que tiene para soportar cargas de tráfico actual y futuro, para que este no afecte la seguridad, comodidad y velocidad con la que deben circular los vehículos.

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio del estado actual en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para determinar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar su vida útil. Existen tres formas de evaluación del pavimento no destructivas, estas son:

Tabla 43: Esquema de Tipos de Evaluación en el Pavimento



Fuente: Propia

El (Instituto Mexicano del Transporte, 2004) indica que la evaluación de Pavimentos sí involucra la conservación periódica y la reconstrucción, proponiendo a nivel de sugerencias ciertas estrategias o acciones de mantenimiento.

Realizando la evaluación periódica del pavimento se podrá predecir la vida útil de una red vial, también permitirá optimizar los costos que implica la rehabilitación y/o mantenimiento, porque una intervención temprana se prolongará su vida útil.



2.1.13.1. Evaluación Superficial

Es la evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer su estado actual.

La evaluación superficial determina la calidad del pavimento identificando las fallas, que serán evaluadas según sus características como son la calidad, transitabilidad, y otras características predominantes del pavimento; con la finalidad de cuantificar el estado superficial de un pavimento.

Para determinar el estado actual de la superficie del pavimento, se utilizara un método de evaluación que es el Índice de Condición del Pavimento (PCI), para este método es necesario una inspección visual que será parte esencial de la investigación.

2.1.14. Índice De Condición De Pavimento – PCI

Según (Asociación Americana de Ensayo de Materiales - ASTM, 2012):

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento, que proporciona una medición de la condición actual del pavimento basada en las fallas observadas, identificando su tipo, severidad y densidad (área afectada).

El PCI indica también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad), no mide la capacidad estructural del pavimento, ni determina el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general.

Proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de reparación y mantenimiento.

Este índice representa la condición del pavimento en forma numérica, cuyo rango se encuentra entre 0 y 100. Se calificará con cero (0) a la peor condición posible, y cien (100) será la mejor condición posible.

Figura 9: Escala de PCI sugerida por ASTM
D 6433-12

Rango PCI	Clasificación
85-100	EXCELENTE
70-85	MUY BUENO
55-70	BUENO
40-55	REGULAR
25-40	POBRE
10-25	MUY POBRE
0-10	COLAPSADO

Fuente: Propia

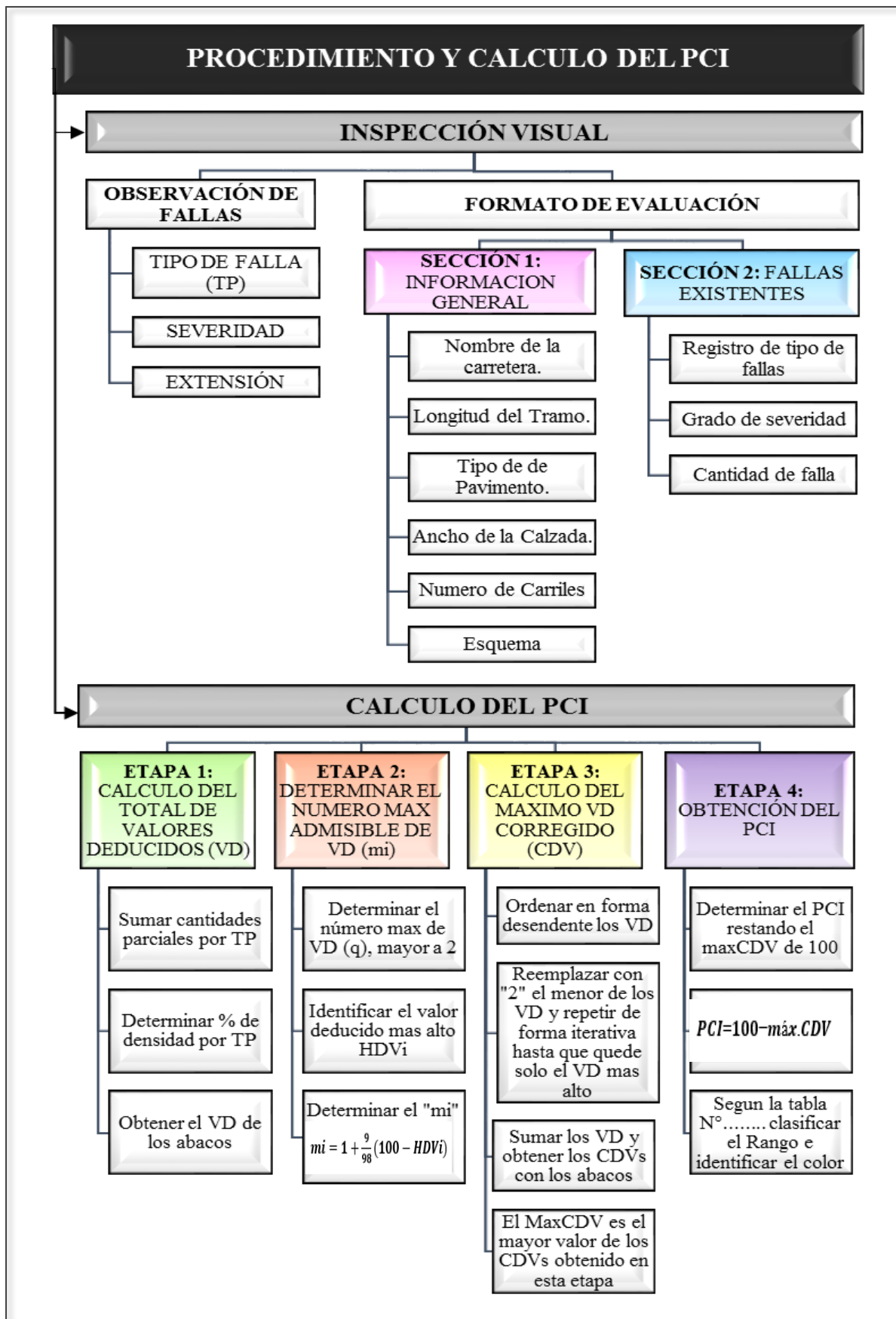
2.1.15. Procedimiento y Cálculo Del PCI

Para la obtención de Índice de Condición del Pavimento PCI, se sigue dos pasos fundamentales que son la INSPECCIÓN VISUAL y el CÁLCULO DEL PCI.

Como parte de la inspección visual; primero se identificará el estado del pavimento en el cual se establecen el tipo de falla, severidad y su extensión de cada daño observado; luego se registra las mediciones de las fallas en los formatos de evaluación, indicando su información general y las fallas existentes.

Dentro del cálculo del PCI se realizará cuatro etapas para la obtención del índice de condición del pavimento; en la Etapa 1 se calcula el total de valores deducidos VD , en la Etapa 2 determina el número máximo admisible de valores deducidos mi , en la Etapa 3 se calcula el máximo valor deducido corregido CDV y por último en la Etapa 4 se obtiene el PCI.

Tabla 44: Esquema del Procedimiento y Cálculo del PCI



Fuente: Propia

Tabla 45: Ejemplo de formato de evaluación para el PCI

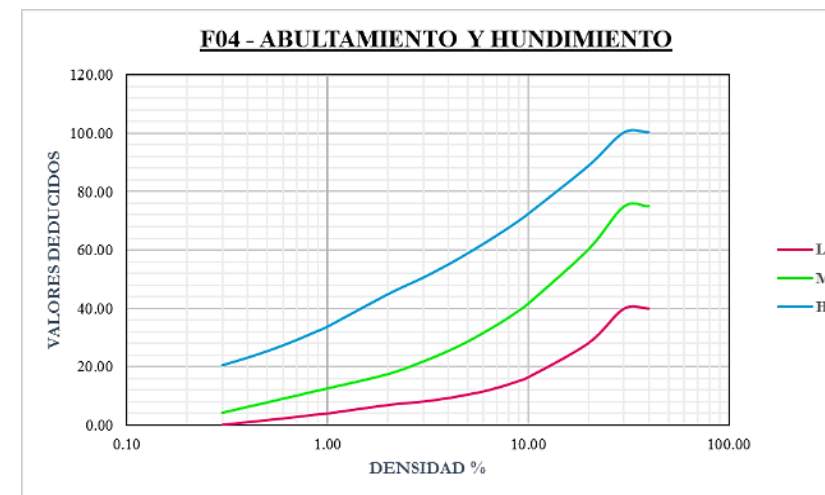
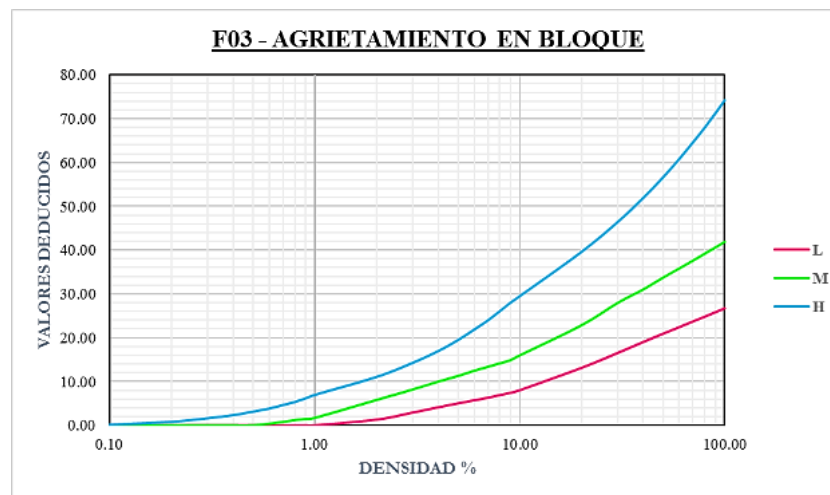
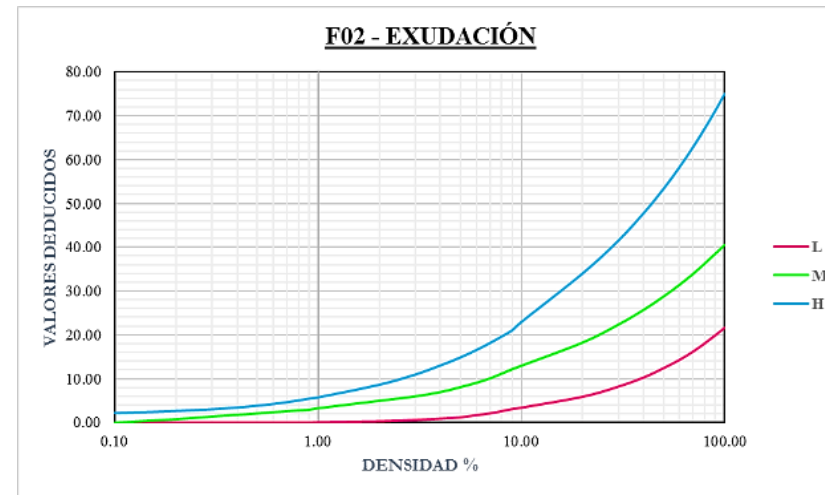
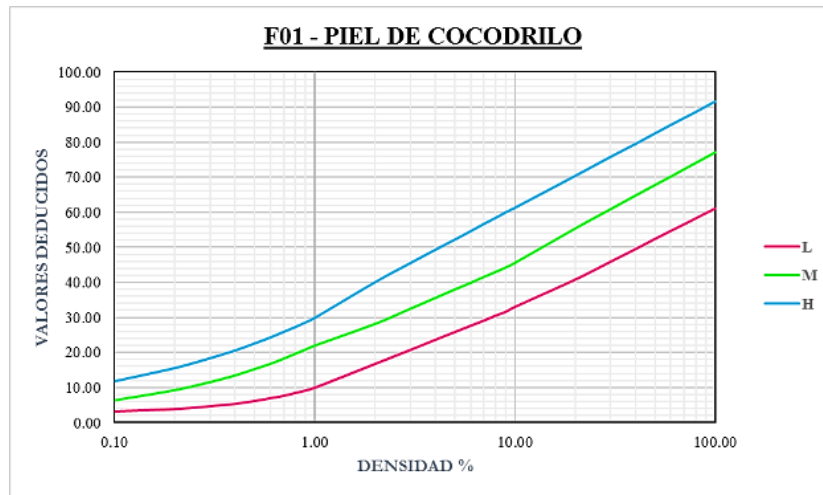
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																			
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO RIGIDO (PCI)																			
Nombre de la Vía: Evaluated por: Fecha: Abscisa inicial: Abscisa Final:										Tramo: Area de Muestra:					Esquema				
TIPOS DE FALLAS																			
1 Calidad de Manejo 2 Fisura de Esquina 3 Fisura de Durabilidad 4 Losa Dividida 5 Fisuras Long/ Trans / Diag 6 Fisuras de contraccion 7 Escalonamiento 8 Daño en el sello de junta 9 Descascaramiento / Resquebrajamiento 10 Agregado Pulido 11 Resquebrajamiento / Craqueado 12 Desconchamiento 13 Punzonamiento 14 Parches Grandes y Acometidas 15 Parches Pequeños 16 Cruces de Vías Ferreas																			
FALLAS EXISTENTES												CALCULOS							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES												TOTAL					
2	A	0.41	1.05	0.81	0.48	0.70	1.11	1.19	0.21	0.85	0.61	0.46	1.10		12.20	3	10		
3	M	1.01	1.65	1.41	1.08	1.30	1.71	1.79	0.81	1.70	1.46	1.13	1.06	1.70	20.60	5	13		
4	A	5.45	8.75	7.35	6.65	9.15	4.45	8.05	5.55	8.85	7.45	6.75	5.50	8.80	80.10	19	48		
8	B	0.11	1.35	2.15	2.65	1.54	3.35	0.16	1.40	2.20	2.70				40.15	9	10		
9	A	5.05	6.17	2.75	7.95	6.15	5.25	6.95	2.45	2.65	4.15	5.36	5.1	6.22	79.43	18	28		
												123.25	28.5	20					
Numero Maximo de Valores deducidos (mayores a 2) (q) =										5.00		TOTAL VD:		129					
Valor deducido mas alto (HDV) =										48.00									
Numero maximo admisible de Valores deducidos (m) =										5.78									
CALCULO DEL PCI																			
N°	VALORES DEDUCIDOS												TOTAL	q	CDV				
1	48.0	28.0	13.0	10.0	10.0										109.0	5.00	46		
2	48.0	28.0	13.0	10.0	2										101.0	4	51		
3	48.0	28.0	13.0	2	2										93.0	3	54		
4	48.0	28.0	2	2	2										82.0	2	55		
5	48.0	2	2	2	2										56.0	1	51		
PCI= 100- max CDV PCI = 100- 55 PCI = 45												max CDV		55					
Regular																			

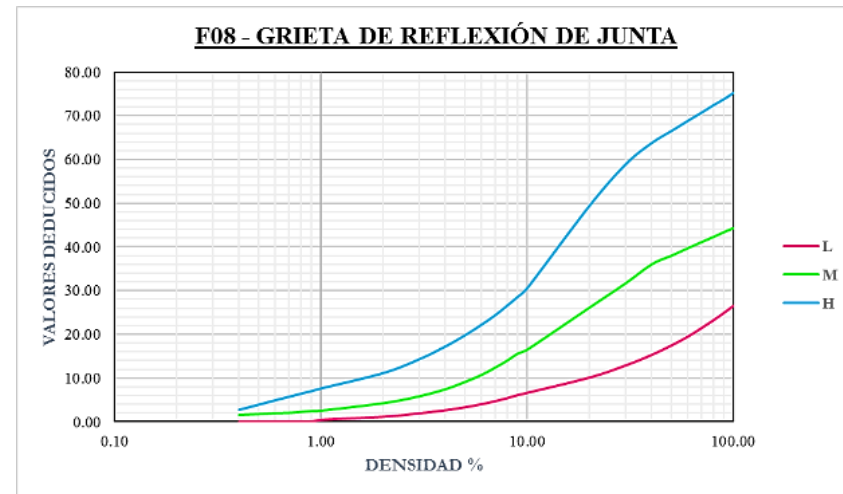
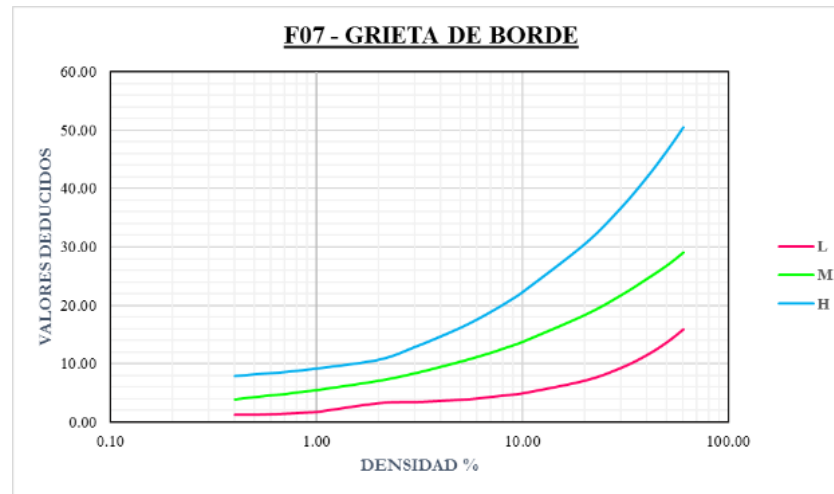
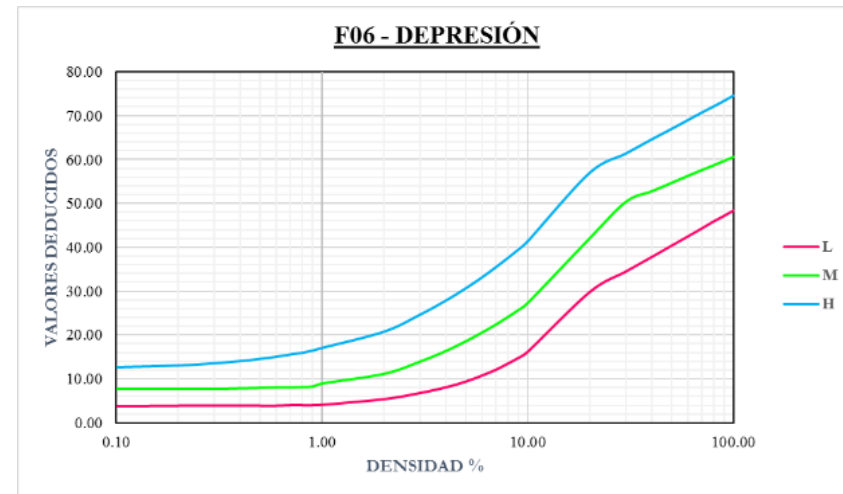
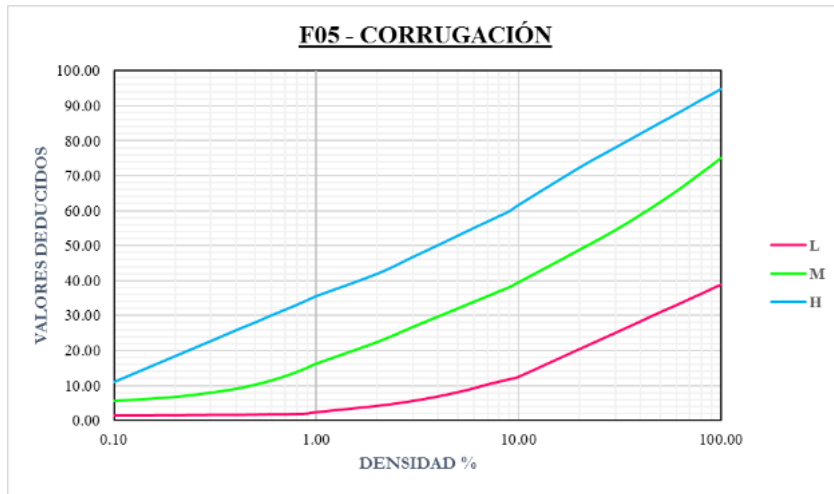
Fuente: Propia

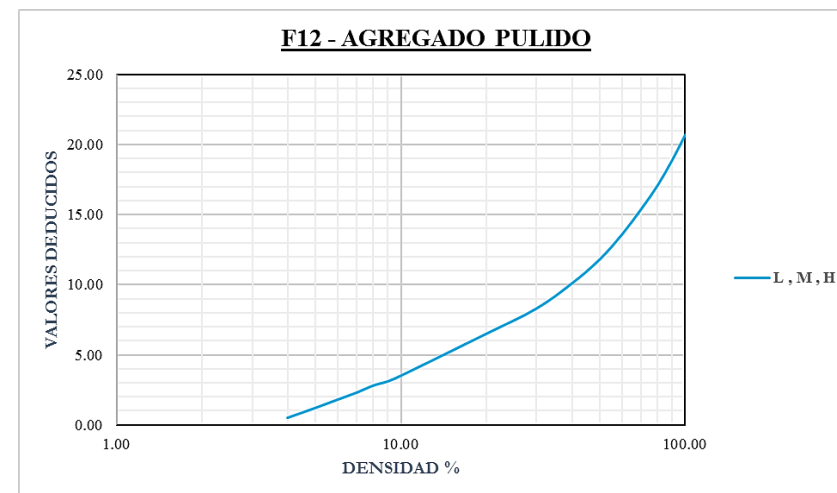
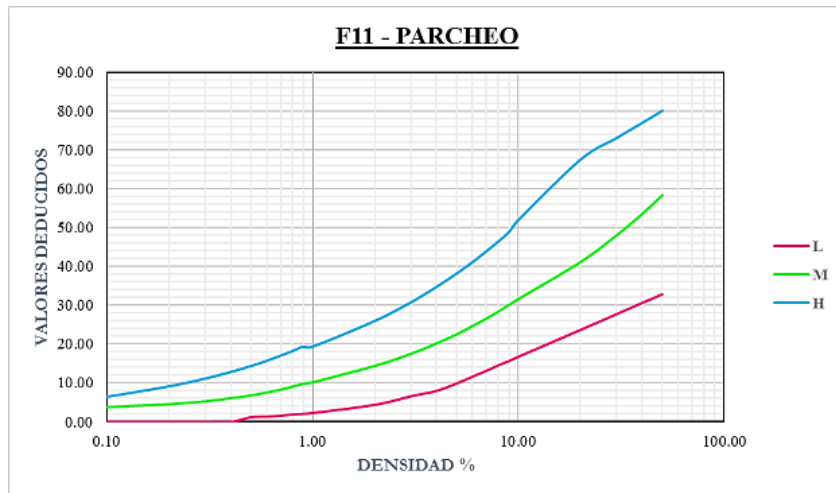
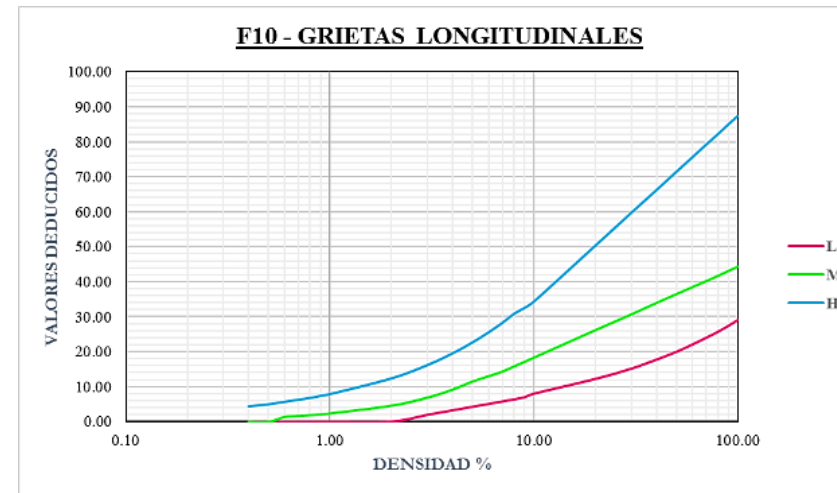
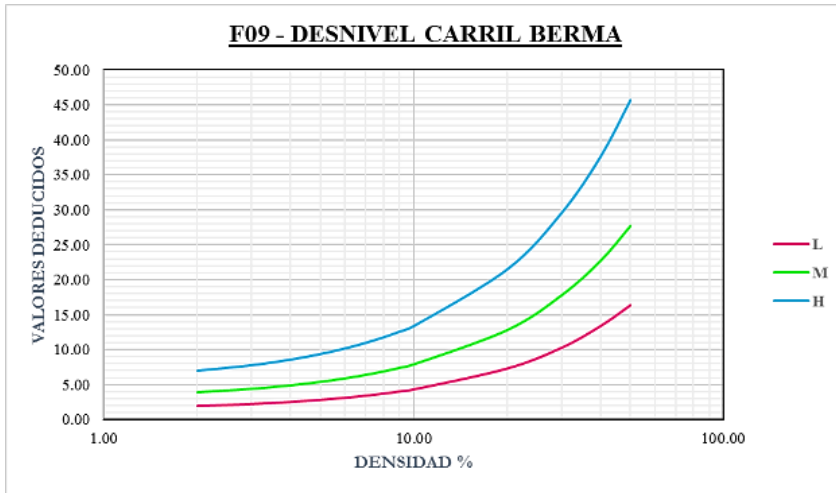
Para determinar el VALOR DEDUCIDO en la Etapa 1, se utilizará las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para cada tipo de daño y su nivel de severidad, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado, que se adjuntan seguidamente:

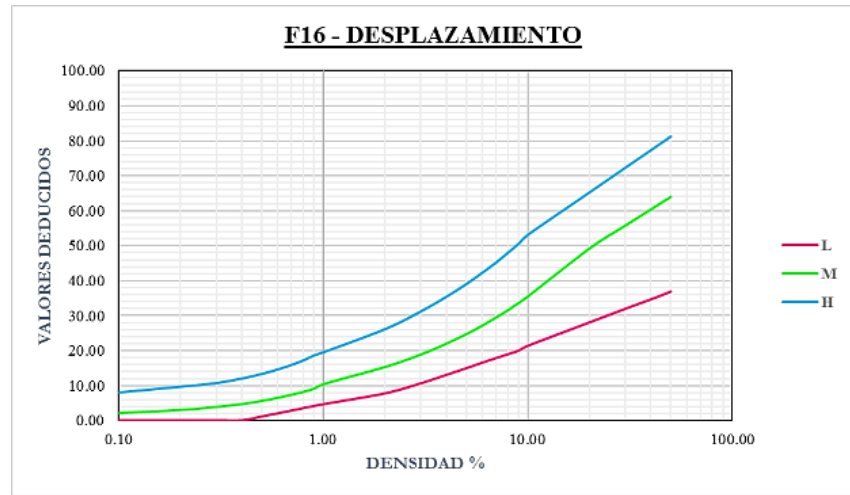
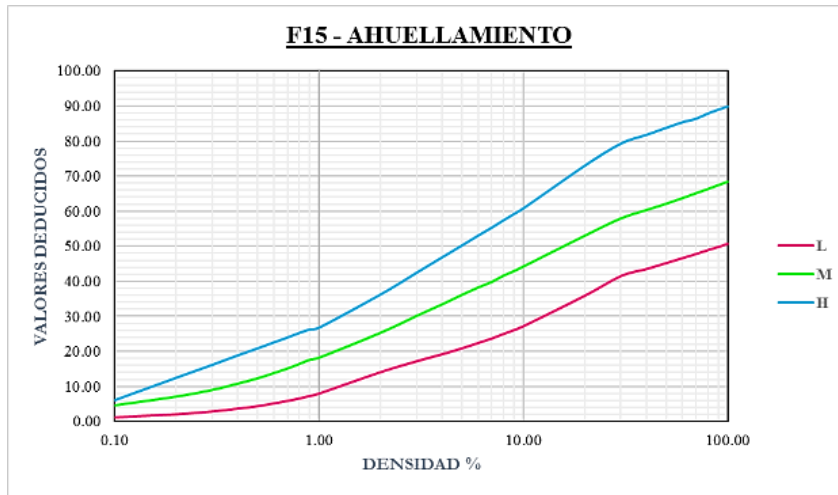
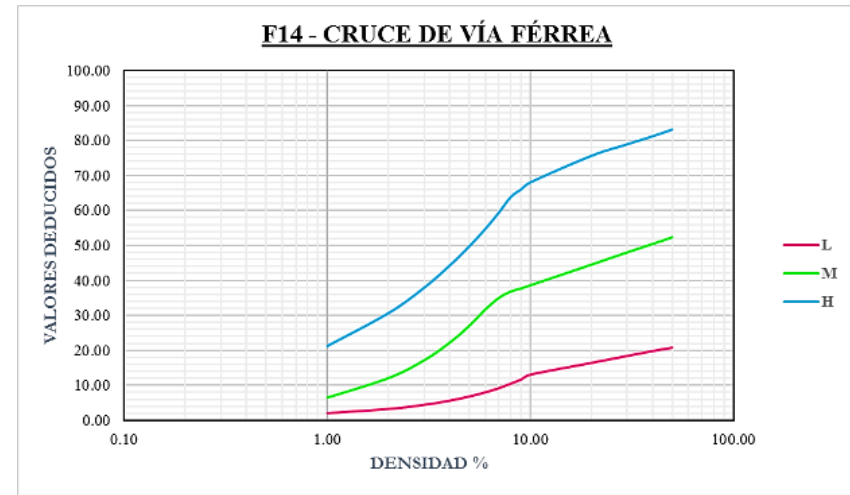
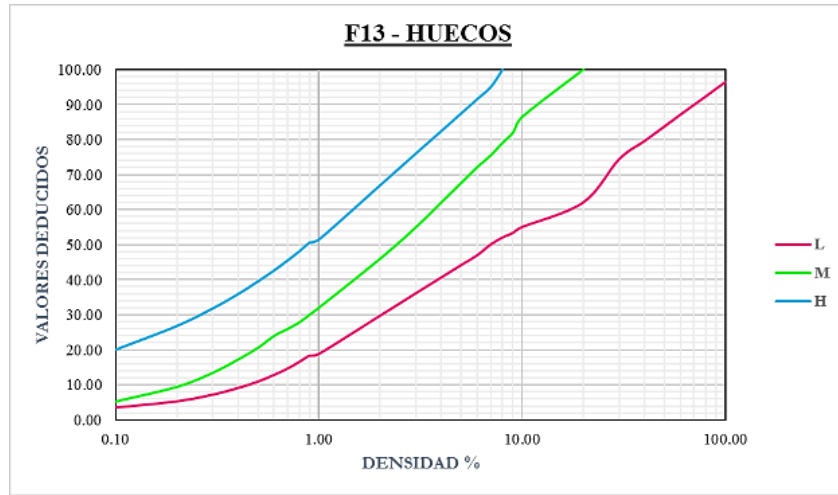


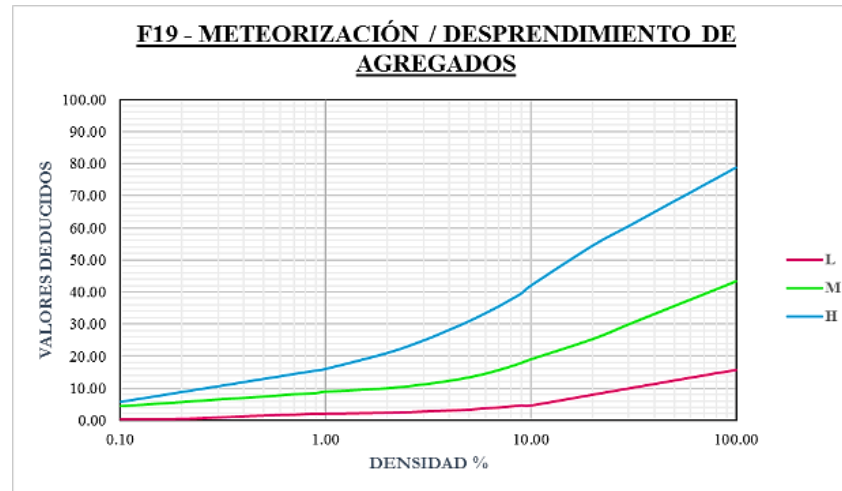
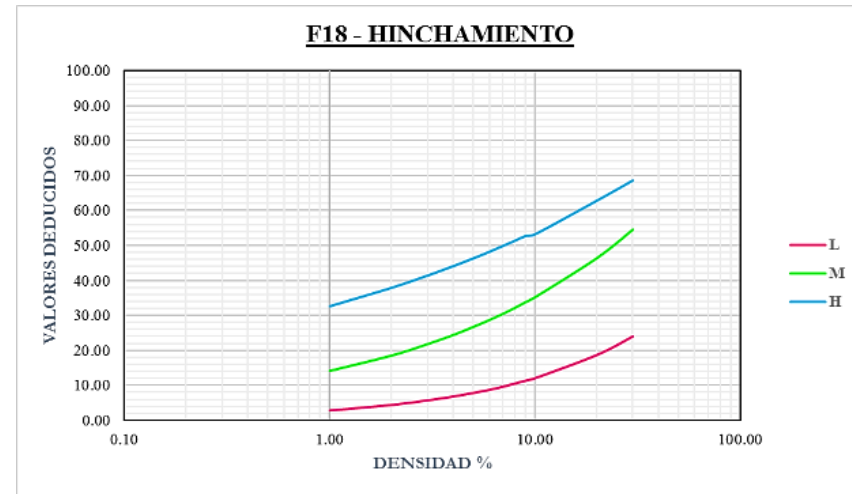
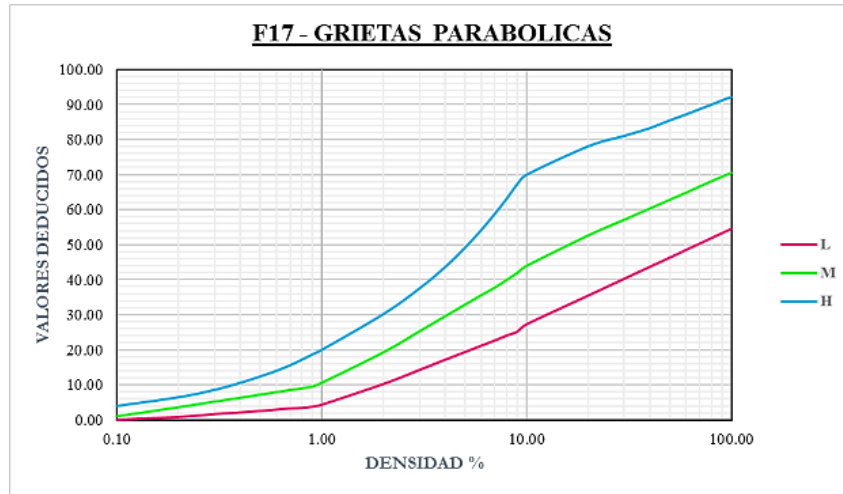
Figura 10: Valores deducidos para pavimento flexible







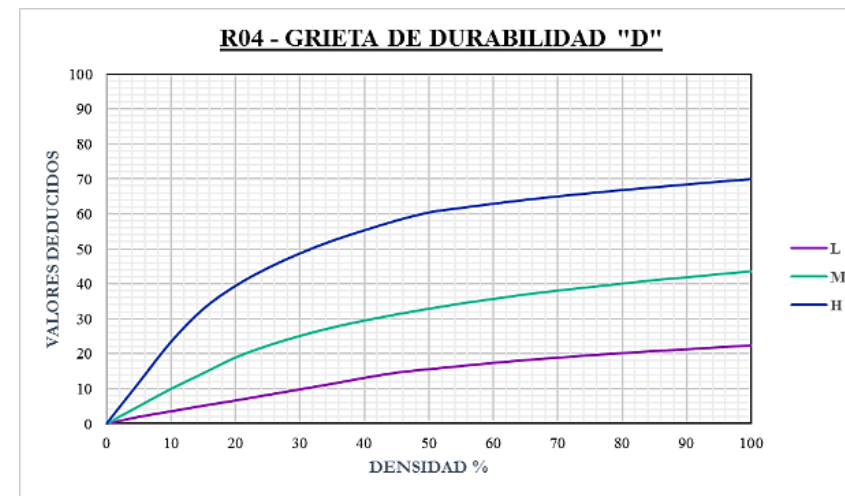
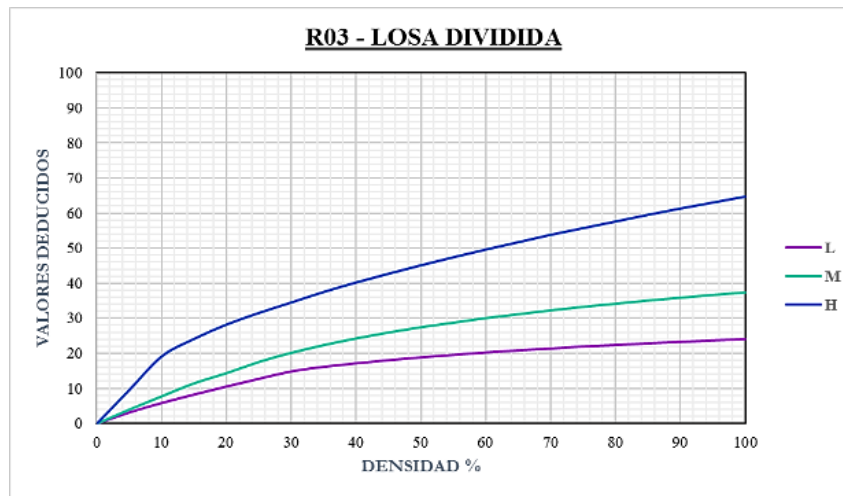
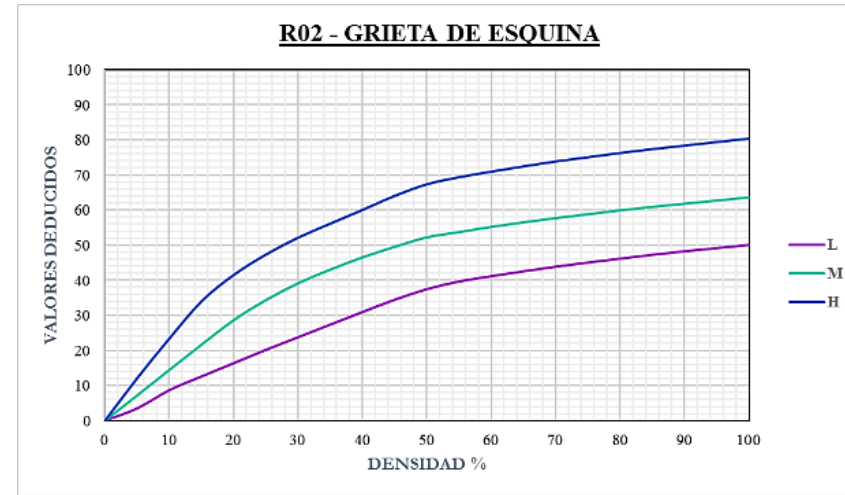
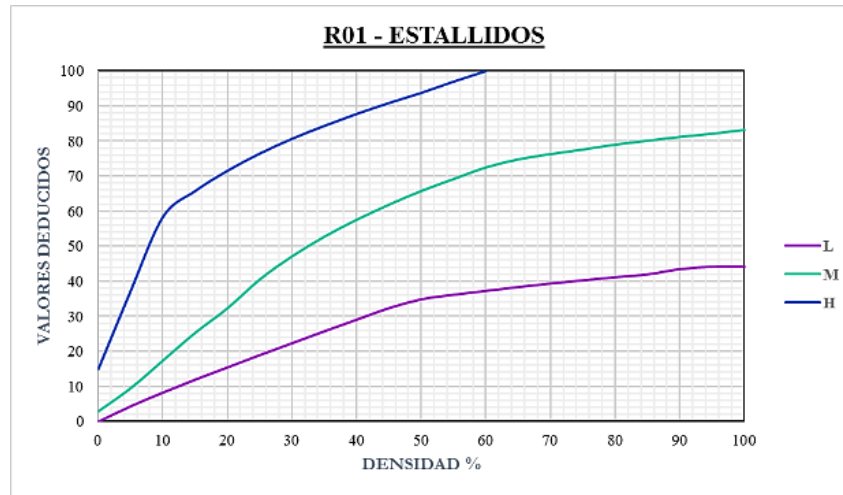




Fuente: Propia

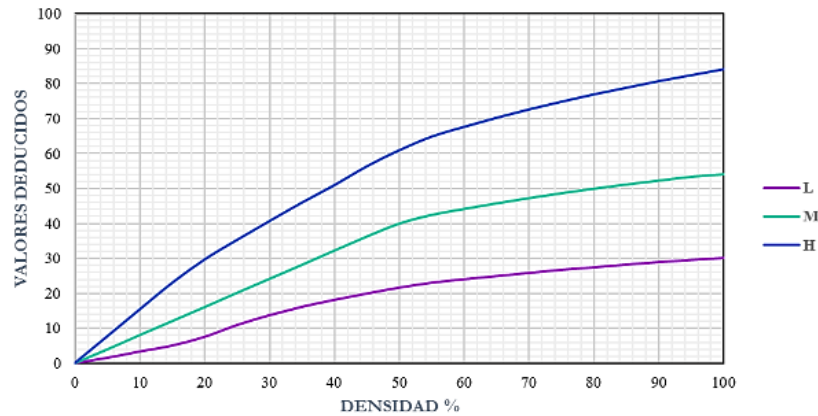


Figura 11: Valores deducidos para pavimento rígido





R05 - ESCALA

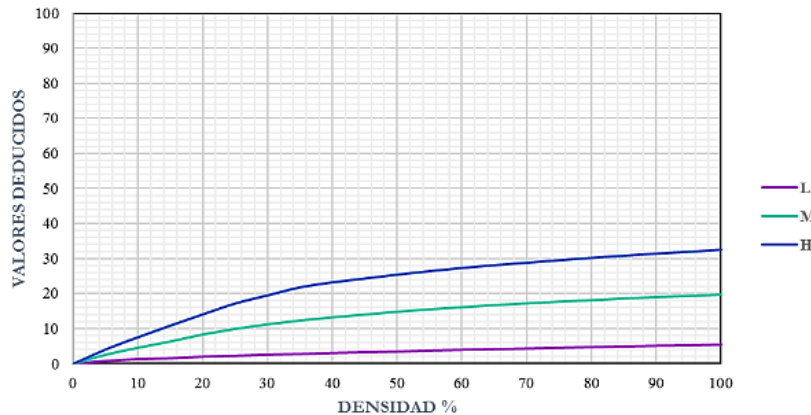


R06. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA

La severidad del daño es determinada la condición del sellador en general para una unidad de muestra en particular. Los valores deducidos para los tres niveles de severidad, son:



R07 - DESNIVEL CARRIL - BERMA



R08 - GRIETAS LONGITUDINALES

