



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN
DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JR. JIMENEZ
PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

FACUNDO VALENZUELA, José Aldair

CHAVEZ NAVARRO, Jeison Jesús

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres, ellos me dieron la base para poder llegar a ser quien soy ahora, gracias a ellos por siempre confiar en mí, creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por sus enseñanzas, por los mensajes de aliento y tu excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de esta vida; gracias a mi difunto padre por siempre desear lo mejor para mí y luchar para que lo tuviera, gracias por cada palmada en la espalda y por cada palabra que fueron mi guía en el transcurso de la carrera, y de mi vida.

José Aldair Facundo Valenzuela

A Dios en primer lugar, luego a mis padres por darme la vida, alimentación, salud, educación. Por estar siempre induciéndome, dándome ánimos para seguir siempre adelante y no claudicar en mi formación estudiantil y universitaria.

A los docentes que me enseñaron transmitiéndome sus conocimientos y experiencias en las aulas universitarias para ser un buen profesional.

Jeison Jesús Chávez Navarro

AGRADECIMIENTO

A mi madre Irene, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

A mi difunto padre Francisco, que Dios lo tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida y sé que se encuentra muy orgulloso de su hijo

A mis hermanos, por su apoyo incondicional.

A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en mi formación tanto personal como profesional.

José Aldair Facundo Valenzuela

A mis padres Wilson y Tereza por su apoyo, consejo incondicional, por su comprensión y paciencia de siempre y por los buenos valores que me inculcan durante mi vida estudiantil.

A mis abuelitos Luis y Lidia por su apoyo moral, incondicional y paciencia que me dieron siempre.

A mis docentes por mi formación profesional ya que dedicaron su valioso tiempo, experiencia y conocimiento para mi enseñanza académica.

Jeison Jesús Chávez Navarro

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JR. JIMENEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”

De los alumnos: **FACUNDO VALENZUELA JOSÉ ALDAIR Y CHAVEZ NAVARRO JEISON JESÚS**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **20% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 15 de Setiembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERIACIVIL_2021_TESIS_JOSEFACUNDO_JEISONCHAVEZ_V1.
 (D111883818)
Submitted: 8/31/2021 6:09:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 20 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_ERICKGRANDEZ_NELSONVALLEJOS_V1.pdf (D99484624)
 Evaluación de deterioros en el pavimento flexible de la calle Tungurahua Ciudad Jipijapa..docx
 (D15144660)
 TESIS DIEGO ARMANDO MACIAS NAVARRETE.docx (D30115385)
 1437163276_238__PONCE_REF2.pdf (D14968004)
 SRA BETTY TESIS.docx (D30115718)
http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7224/1/REP_SEGUNDO.VARGAS_CALCULO.DEL.INDICE.pdf
<https://www.slideshare.net/breCarbajal/valdez-md>
<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/1168/6/Vargas-Calle%20Limaco-Aguilar.pdf>
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3351/3/CIVIL%20-%20Fernando%20Paredes%20Vela%20%20%26%20Jorge%20Jersson%20Delgado%20Mego.pdf.txt>
<https://www.doccity.com/it/evaluacion-del-estado-funcional-y-estructural-del-piso-felxible-a-traves-de-la-metodologia-pci/4464904/>
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2671/CIV_T030_41301161_T%20%20%20CRISANTO%20MIRANDA%20C%3%89SAR%20AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3589/1/REP_ING.CIVIL_LUIS.CANTUARIAS_JORGE.WATANABE_APLICACI%3%93N.M%3%89TODO.PCI.EVALUACI%3%93N.SUPERFICIAL.PAVIMENTO.FLEXIBLE.AVENIDA.CAMINO.REAL.URBANIZACI%3%93N.LA.RINCONADA.DISTRITO.TRUJILLO.pdf
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10111/Monograf%3%ADa%20-%20J.%20Burgos%20-%20M.%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2435/3/T034_70496293_T.pdf.txt
<http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/49/SANCHEZ%20CHAVEZ%20ADOLFO%20EMILIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1041/MALLMA%20JIMENEZ%20JOS%3%89%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://www.slideshare.net/cesararruevinces/ici-180-41233639>
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10110/Monografia%20N.%20Puentes-D.%20Bermudez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 384-2021-UCP-FCEI del 01 de julio del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc. | Presidente |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 17:00 horas del día lunes 21 de marzo del 2022, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JR. JIMÉNEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”.**

Presentado por los sustentantes:

JOSE ALDAIR FACUNDO VALENZUELA y JEISON JESUS CHAVEZ NAVARRO

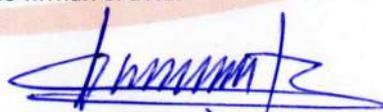
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE QUINCE (15).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

 _____ Miembro	 _____ Presidente	 _____ Miembro
---	---	--

APROBACIÓN

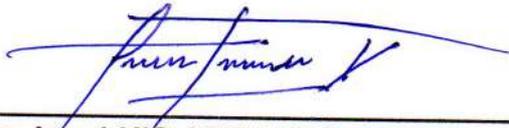
Tesis sustentada en acto público el día 21 de marzo del 2022 a las 05:00 p.m.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	16
Título:.....	16
Área y Línea de investigación:	16
2.1. Planteamiento del Problema	16
2.2. Problema general.....	18
2.3. Problemas específicos	18
2.4. Objetivo General	18
2.5. Objetivos específicos	18
2.6. Justificación	19
2.7. Hipótesis.....	19
2.8. Metodología	19
2.9. Ubicación.....	20
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	21
3.1 ANTECEDENTES	21
3.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:	21
3.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES:	23
3.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	25
3.2 BASES TEÓRICAS.....	26
3.2.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTO	26
3.2.2 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	29
CAPÍTULO IV: MÉTODO DE APLICACIÓN	75
4.1 METODO PCI.....	75
4.1.1 Introducción.....	75
4.1.2 Definición	76
4.1.3 Terminología.....	78
4.1.4 Aplicación del Método	79
4.1.5 Índice de Condición del Pavimento.....	80
4.1.6 Objetivos.....	81
4.1.7 Muestreo y Unidades de Muestra	82

4.1.8 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.	87
4.1.9 Procedimiento de Evaluación	87
4.1.10 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales	88
4.2 Cálculo del PCI	89
4.3 Determinación del PCI de la Sección	93
CAPÍTULO V: MÉTODOLOGIA Y FORMULACIÓN.....	95
5.1. Metodología del Estudio	95
5.1.1. Tipo de Estudio	95
5.1.2. Criterios de Inspección	95
5.1.3. Métodos	96
5.2. Formulación y Muestra	96
5.2.1. Problemas Generales	96
5.2.2. Problemas Específicos	97
5.3. Justificación del Estudio	97
5.4. Hipótesis:.....	98
5.4.1. Hipótesis General	98
5.4.2. Hipótesis Específico	98
5.5. Población.....	98
5.6. Método.....	98
5.6.1. Diseño de Investigación	98
5.6.2. Nivel de Investigación	99
5.6.3. Diseño de Investigación	99
5.7. Variables:	99
5.7.1. Variable Independiente.....	99
5.7.2. Variable Dependiente	99
CAPÍTULO VI: DIAGNÓSTICOS Y RESULTADOS	100
6.1. RESULTADOS:	100
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN	153
7.1. DISCUSIÓN	153
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
8.1. CONCLUSIONES	156
8.2. RECOMENDACIONES	157
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	158
ANEXOS:.....	159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Metodología del Trabajo	20
Ilustración 2: Ubicación del área de estudio	20
Ilustración 3: Capas Estructura de Pavimentos	29
Ilustración 4: Comportamiento de los tipos de pavimentos.....	30
Ilustración 5: Estructura de pavimento flexible.....	31
Ilustración 6: Estructura Típica de un pavimento flexible.....	32
Ilustración 7: Estructura de un pavimento flexible.....	33
Ilustración 8: Ahuellamiento por falla en sub rasante o capa intermedia.....	43
Ilustración 9: Ahuellamiento por falla en mezcla asfáltica.....	44
Ilustración 10: Grietas por Contracción.....	45
Ilustración 11: Grietas por Reflexión	45
Ilustración 12: Esfuerzos.....	46
Ilustración 13: Fallas en pavimento flexible	48
Ilustración 14: Piel de Cocodrilo en el pavimento flexible	49
Ilustración 15: Exudación en pavimento rígido	50
Ilustración 16: Fisuras en bloque	51
Ilustración 17: Abultamientos y Hundimientos en el pavimento flexible.....	52
Ilustración 18: Corrugación en pavimentos flexible.....	52
Ilustración 19: Depresión en pavimento Flexible	53
Ilustración 20: Fisuras de Borde	54
Ilustración 21: Fisura de reflexión de juntas en pavimento flexible.....	55
Ilustración 22: Desnivel carril – berma	55
Ilustración 23: Fisuras Longitudinales y Transversales	56
Ilustración 24: Parches y Parches de cortes utilitarios.....	57
Ilustración 25: Baches.....	58
Ilustración 26: Ahuellamiento.....	59
Ilustración 27: Desplazamientos de pavimento flexible	60
Ilustración 28: Fisura parabólica en pavimento flexible	60
Ilustración 29: Hinchamientos.....	61
Ilustración 30: Desprendimiento de agregados.....	62
Ilustración 31: Ciclo de vida de los pavimentos	63
Ilustración 32: Ciclo de Vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación ...	64
Ilustración 33: Procedimiento típico de sellado de fisuras de pavimento.....	66
Ilustración 34: Procedimiento Típico de sello de arena – asfalto.....	68

Ilustración 35: Procedimiento típico riego negro	68
Ilustración 36: Sobre carpeta de asfalto.....	69
Ilustración 37: Causas que determinan los deterioros	71
Ilustración 38: Estructura típica de un pavimento rígido	73
Ilustración 39: Comportamiento estructural de pavimentos	73
Ilustración 40: estructura de pavimento	74
Ilustración 41: Esquema de comportamiento de pavimentos	74
Ilustración 42: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 1	100
Ilustración 43: Testigo de defecto en el pavimento flexible – Cuadra 2.....	106
Ilustración 44: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 2 JR. JIMENEZ PIMENTEL	108
Ilustración 45: Testigo de efecto en el pavimento flexible – Cuadra 3.....	111
Ilustración 46: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 3 JIMENEZ PIMENTEL	113
Ilustración 47: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 4	116
Ilustración 48: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 04 JIMENEZ PIMENTEL	118
Ilustración 49: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 5	120
Ilustración 50: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 05 JIMENEZ PIMENTEL	122
Ilustración 51: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 6	125
Ilustración 52: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 06 JIMENEZ PIMENTEL	126
Ilustración 53: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 7	128
Ilustración 54: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 07 JIMENEZ PIMENTEL	130
Ilustración 55: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 08	133
Ilustración 56: RESULTADOS DE LA CUADRA 08 JR. JIMENEZ PIMENTEL	134
Ilustración 57: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 08 JIMENEZ PIMENTEL	134
Ilustración 58: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 9	136
Ilustración 59: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 9 JR. JIMENEZ PIMENTEL	137
Ilustración 60: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 10	139
Ilustración 61: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 10 JIMENEZ PIMENT .	140
Ilustración 62: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 11	143

Ilustración 63: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 11 JIMENEZ PIMENTEL	144
Ilustración 64: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 12	146
Ilustración 65: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 12 JR. JIMENEZ PIMENTEL	147
Ilustración 66: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 13	149
Ilustración 67: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 13 JR. JIMENEZ PIMENTEL	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimiento Granulométricos para sub base granular	37
Tabla 2: Requerimiento Granulométricos para Base Granular	39
Tabla 3: Requerimiento del Agregado Grueso para Base Granular	39
Tabla 4: Requerimiento de Agregado Fino para Base Granular	40
Tabla 5: Requerimiento de CBR para Base Granular	40
Tabla 6: Clasificación del pavimento según PCI	77
Tabla 7: Intervención del PCI	81
Tabla 8: Longitud de unidades de muestreo asfáltico	86
Tabla 9: Calculo del CDV	93
Tabla 10: RESULTADOS DE LA CUADRA 01 JIMENEZ PIMENTEL	103
Tabla 11: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 1 JIMENEZ PIMENTEL	103
Tabla 12: RESULTADOS DE LA CUADRA 2 JR. JIMENEZ PIMENTEL	108
Tabla 13: RESULTADOS DE LA CUADRA 3 JR. JIMENEZ PIMENTEL	113
Tabla 14: RESULTADOS DE LA CUADRA 04 JIMENEZ PIMENTEL	118
Tabla 15: RESULTADOS DE LA CUADRA 05 JR. JIMENEZ PIMENTEL	122
Tabla 16: RESULTADOS DE LA CUADRA 06 JR. JIMENEZ PIMENTEL	126
Tabla 17: RESULTADOS DE LA CUADRA 07 JR. JIMENEZ PIMENTEL	130
Tabla 18: RESULTADOS DE LA CUADRA 9 JR. JIMENEZ PIMENTEL	137
Tabla 19: RESULTADOS DE LA CUADRA 10 JR. JIMENEZ PIMENTEL	140
Tabla 20: RESULTADOS DE LA CUADRA 11 JR. JIMENEZ PIMENTEL	144
Tabla 21: RESULTADOS DE LA CUADRA 12 JR. JIMENEZ PIMENTEL	147
Tabla 22: RESULTADOS DE LA CUADRA 13 JR. JIMENEZ PIMENTEL	150
Tabla 23: PROMEDIO GENERAL DE LA VÍA POR METODO DE PCI	154

RESUMEN

En la tesis “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JR. JÍMENEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN” tiene como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. Jiménez Pimentel desde la cuadra 01 hasta la cuadra 14 aplicando el método (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente.

El trabajo de campo consistió en recorrer la vía e identificar las fallas, su grado de severidad y extensión, lo cual se registraba en el formato para recolección de datos. Concluida la inspección de la vía, se procedió al trabajo de gabinete para determinar el Índice de PCI de cada sección de pavimento.

Se determinó que el 100 por ciento de la avenida no ha sido evaluado; por lo tanto, con la aplicación de la metodología PCI, identificando los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento, finalmente se puede realizar la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de las vías arteriales en estudio.

Por último, el índice de PCI de la vía fue de 70.21, el cual se determinó promediando el PCI de todas las secciones del pavimento, con lo que se concluye que el pavimento de la vía se encuentra en un estado de conservación Bueno y Regular.

Palabras claves: Pavimento flexible, Fallas, Severidad, Densidad, Índice de PCI, Clasificación

ABSTRACT

In the thesis “APPLICATION OF THE PCI METHODOLOGY IN THE EVALUATION OF THE STATE OF THE FLEXIBLE PAVEMENT IN THE JR. JÍMENEZ PIMENTEL OF THE CITY OF TARAPOTO, PROVINCE AND DEPARTMENT OF SAN MARTÍN” has as main objective to carry out the superficial evaluation of the flexible pavement of Jr. Jiménez Pimentel from block 01 to block 14 applying the method (PCI), in order to know the condition of the existing flexible pavement.

The field work consisted of traveling the road and identifying the faults, their degree of severity and extent, which was recorded in the data collection format. Once the inspection of the road was concluded, the office work was carried out to determine the PCI Index of each section of pavement.

It was determined that 100 percent of the avenue has not been evaluated; Therefore, with the application of the PCI methodology, identifying the evaluation parameters, determining the condition index and obtaining the condition of the pavement, finally the surface evaluation of the pavement can be carried out to obtain the state of conservation of the arterial roads in study.

Finally, the PCI index of the road was 70.21, which was determined by averaging the PCI of all sections of the pavement, thus concluding that the road pavement is in a Good and Regular state of conservation.

Keywords: Flexible pavement, Failures, Severity, Density, PCI index, Classification.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En nuestro país los pavimentos tienen un tiempo determinado de vida útil por muchos factores como al ser diseñado, el volumen de tránsito y cargas. Obtener un buen diseño nos permitirá un mejor funcionamiento del pavimento durante el tiempo de vida estimado. Visto que encontramos una serie de razones por las que no se llega a cumplir con el tiempo de diseño, entre ellas están: Fallas en el proceso de la construcción y elaboración, un diseño deficiente, tráfico en volúmenes mayores al habitual, el drenaje no es el adecuado, irregularidad en el mantenimiento del pavimento. Esto conlleva a que el pavimento falle y se presenten varias fallas afectando directamente el estado de la vía. Por esta razón, es necesario emplear técnicas de un mantenimiento preventivo y a la vez ver la manera de una rehabilitación periódica; para poder elegir la aplicación adecuada de estos trabajos debemos de conocer el estado real de los pavimentos y las causas que lo producen, para esto se emplearan diferentes métodos. Para la evaluación del comportamiento del pavimento el “Método PCI” (Índice de condición de pavimento); mediante la cual se realizan un recorrido a la cual toma nombre como inspecciones visuales, con esta técnica podremos determinar el estado actual de la vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes.

El pavimento constituye una de las partes más importantes de la ingeniería tanto desde el punto de vista técnico, en el proyecto, construcción y conservación, como económico y también desde el punto de vista general de valoración de los usuarios que mayoritariamente califican a la carretera por el estado en el que se encuentra.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo aplicar del índice de condición del pavimento (PCI), para la evaluación superficial del Jr. Jiménez Pimentel desde la cuadra 01 hasta la cuadra 14, distrito de Tarapoto y así poder llegar a saber el estado actual del pavimento de dicho tramo en cuanto a funcionamiento y serviciabilidad a los usuarios del distrito, luego evaluando la vía mediante el

PCI, podremos brindar medidas de soluciones como mantenimiento y rehabilitaciones correspondientes.

Las infraestructuras viales son muy determinantes en el desarrollo social, económico y cultural de las diferentes regiones de nuestro país, por esta razón debemos de considerar a nuestros pavimentos como el principal activo económico que posee el país, actualmente el estado de conservación de nuestras vías primarias y secundarias se encuentran por debajo de los niveles requeridos por nuestro medio en cuanto a competitividad, para poder realizar la intervención en nuestras vías nacionales se podría percibir el beneficio en la disminución de los costos de operación.

Hoy en día, existen distintos métodos para analizar las fallas en los pavimentos flexibles; en el presente trabajo de tesis se empleará el Método PCI para la identificación de las fallas que presenta el pavimento en un tramo de vía, el cual, proporcionará información necesaria sobre la condición operacional del pavimento, que permitirá validar su estado y ayudará a incorporar mejoras en su mantenimiento o en su diseño, si así lo requiere.

El presente trabajo tiene como objetivo la aplicación del Método PCI Jr. Jiménez Pimentel desde la cuadra 01 hasta la cuadra 14, distrito de Tarapoto, lo cual, nos permitirá determinar la condición operacional del pavimento que se utilizará para establecer el tipo de mantenimiento que se puede aplicar en la vía, y a su vez, nos permitirá plantear alternativas de solución de las fallas que presenta el pavimento.

Sin embargo, la presencia de anomalías o fallas en los pavimentos antes de terminar su periodo de vida útil afectan a la población, por causas como volumen de tránsito, o tráfico vehicular, parámetros no tomados en cuenta en el diseño, factores climáticos etc. Es por tal razón que al realizar esta tesis planteamos un método de diagnóstico que se aplica al estado situacional del pavimento el método PCI que permite prever la clase de falla y como solucionarlo este método tiene un rango de calificación de 0 a 100 para las condiciones existentes

mediante inspección visual, lo plasma y cuantifica y evalúa su nivel de inflexiones en la estructura.

Actualmente, a causa circulación vehicular en el distrito de Tarapoto y en especial el Jr. Jiménez Pimentel los pavimentos de cada una de las cuadras se reducen en diferentes esfuerzos. De tal manera la importancia de que los pavimentos presenten factores mínimos de resistencia a las cargas vehiculares durante la vida útil del pavimento y proporcionen seguridad para los usuarios y aparte de la economía en lo que respecta al mantenimiento.

La referida metodología se fundamenta en los resultados de una evaluación visual de la condición de pavimento, en el cual se establecen el tipo, nivel de severidad y cantidad que presenta cada falla. Con la información obtenida de campo, se procede a determinar el índice PCI, el cual clasifica el estado en que se encuentra el pavimento, que puede ser desde excelente hasta fallado.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Título:

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JR. JIMENEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”

Área y Línea de investigación:

Área:

Transportes

Línea:

Pavimentos

2.1. Planteamiento del Problema

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios.

Actualmente no existe una adecuada evaluación de las condiciones en las que se encuentra la vía ni tampoco cuenta con un plan de mantenimiento el cuál permita tomar decisiones oportunas en relación a la conservación en condiciones aceptables de la vía, es por ello que no se pueden determinar los trabajos de mantenimiento y programación de actividades en función del índice de condición del pavimento en el área a ser evaluada, y por tratarse de una ciudad en donde su principal actividad económica es el turismo es fundamental contar con vías de acceso en excelente estado.

Los pavimentos, en general son estructuras que ayudan a mejorar la transitabilidad de vehículos y personas, además de eso cumplen una función de salubridad, ya que confinan el polvo y permiten mantener el material particulado debajo de su estructura.

Es así que, a nivel internacional, los pavimentos reciben un mantenimiento periódico y rutinario para preservar su estructura en condiciones óptimas, por lo que éstas se someten a evaluaciones permanentes con diversas metodologías, a fin de determinar el estado del pavimento y plantear las acciones a realizar para restituir a su estado original.

El pavimento es una de las pocas estructuras civiles que tiene un período de diseño finito, por lo que su falla está prevista al término de ésta. Esto significa que, durante el período de vida de una estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro tal que al final de su vida útil manifestará un conjunto de fallas que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementarán los costos de los usuarios y los costos de mantenimiento por parte de la Entidad responsable.

Independientemente del proceso de deterioro "natural" en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas pueden afectar a la estructura y de esta manera optimizar los recursos disponibles para una eventual rehabilitación, sin necesidad de ejecutar trabajos de reconstrucción de la estructura.

Cabe destacar, que en el proceso de deterioro de una estructura de pavimento, en especial del pavimento flexible, el tránsito o solicitaciones de carga representa una de las principales variables que inducen la fatiga de la estructura, y que producen diferentes fallas que afectan al pavimento flexible, con distinta magnitud y severidad, para siendo uno de los indicadores para la evaluación de fallas presentes en el pavimento, como es el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de uso reconocido a nivel internacional.

En nuestro país se están implementando también programas de mantenimiento, pero básicamente referidas a carreteras, más no así a vías urbanas, por lo que urge poner en la agenda este punto importante para la salud de las personas.

En nuestro estudio, vamos a determinar el estado del pavimento a través de la metodología PCI, ya que visualmente podemos indicar que tenemos algunos problemas que solucionar.

2.2. Problema general

¿Cómo influye en la determinación de la intervención del pavimento, la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI del Jr. Jiménez Pimentel cuadra 01 – 14?

2.3. Problemas específicos

- ¿Cómo influye el estado estructural en el estado funcional del pavimento flexible?
- ¿Cómo influyen las fallas superficiales en la determinación del estado funcional del pavimento flexible?
- ¿Cómo influye el valor del índice de condición del pavimento en la determinación del nivel de intervención?

2.4. Objetivo General

- Establecer el diagnóstico del pavimento flexible del Jr. Jiménez Pimentel Cuadra 01 – 14 distrito de Tarapoto, mediante la aplicación del método del PCI.
- Proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional del pavimento flexible existente en el Jr. Jiménez Pimentel cuadra 01 – 14 distrito de Tarapoto.

2.5. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto a las fallas existentes en el pavimento flexible de la zona en estudio.
- Aplicar el método PCI para determinar la condición operacional de todas las unidades de muestra que componen la sección en estudio.

- Analizar la incidencia de las fallas encontradas en función al tipo y severidad de estas presentes en la zona de estudio.
- Proponer alternativas de intervención en función a las fallas encontradas en la zona de estudio.
- Identificar los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible a través de inspecciones visuales.
- Determinar los niveles de severidad y cantidad de las fallas existentes.

2.6. Justificación

El estudio del estado situacional del Jr. Jiménez Pimentel cuadra 01 – 14 distrito de Tarapoto, por el método PCI indicara la acción a tomar con respecto a los resultados obtenidos de dicho estudio como son el nivel de daño del pavimento su severidad y cantidad. Asimismo, se determinará si la vía brinda condiciones adecuadas para el usuario y servirá como fuente de información para los interesados en el tema. Por último, quedara como un ejemplo aplicativo.

2.7. Hipótesis

La condición actual de la vía Jr. Jiménez Pimentel cuadra 01 – 14 distrito de Tarapoto, se encuentra deteriorada mostrando fallas en todo el tramo permitiendo buenas condiciones y sirviendo adecuadamente a los usuarios.

2.8. Metodología

La metodología está dividida en 6 puntos secuenciados, los cuales consisten en la toma de muestras. Se escoge un pavimento a evaluar, la cual estará divididas en unidades de muestreo, es decir por áreas. Luego se procede a realizar la recolección de datos, mediante el levantamiento de las fallas existente para proceder a un análisis de estos. Luego se evaluaron los resultados y se propondrá alternativas de solución con la propuesta de un presupuesto de rehabilitación. Se finalizará con las conclusiones

respondiendo a las interrogantes planteada en el problema de investigación y la hipótesis.

Ilustración 1: Metodología del Trabajo

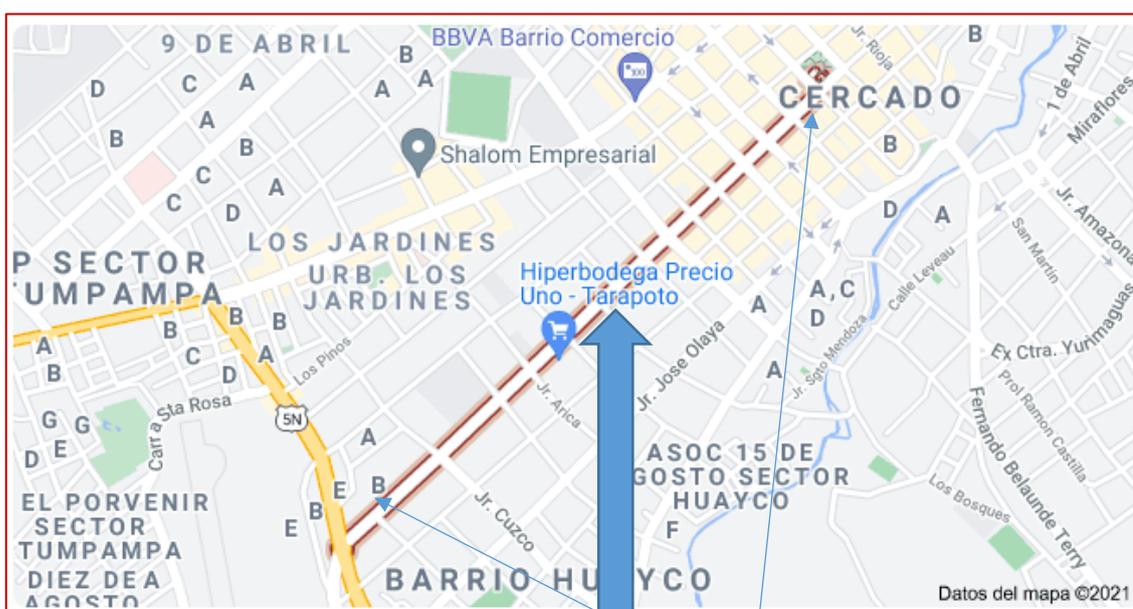


Fuente: Hernández 1998

Cabe mencionar se hará uso del método del PCI aplicado a un pavimento flexible del Jr. Jiménez Pimentel cuadra 01 – 14 distrito de Tarapoto. Este método tiene un procedimiento que involucra todos los puntos mencionados líneas arriba.

2.9. Ubicación

Ilustración 2: Ubicación del área de estudio



Jr. Jiménez Pimentel C01-C14

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

La infraestructura vial en el mundo y particularmente en nuestro país reviste una enorme importancia para el desarrollo económico y social. Las vías dentro del casco urbano reflejan el desarrollo plasmado en metas y cuantificar las necesidades que tienen cada una de ellas, para facilitar la interconexión de calles o los sectores de producción y consumo, dado estos alcances influyen mucho sobre los flujos de comercio, por esta razón la construcción y el mantenimiento de las calles son temas que requieren de especial atención por parte de la entidad de turno, para que cumplan el objetivo para las cuales fueron diseñadas y construidas.

Las diversas fallas evidenciadas en un pavimento flexible se generan por distintos factores como, el pésimo diseño de la estructura de condición excelente en materiales, un mal diseño en drenaje y/o en algunos casos la ausencia de esta, errores constructivos.

3.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

Rico R. A., Téllez G. R., Garnica A. P., "Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias", (México 1998) En este trabajo se considera la problemática general del comportamiento de los pavimentos flexibles, con estructura usual dentro de la práctica mexicana. En primer lugar, se discute el papel fundamental que juegan las características del comportamiento mecánico de los materiales térreos utilizados dentro del comportamiento general, considerando el efecto del tránsito y los que provienen del intemperismo y del efecto del agua.

Ing. Tabares G. R., Tesis Maestría: "Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en Fase I de la vía de acceso al barrio Ciudadela del Café-Vía la Badea", (Colombia 2005). Se realizó un inventario vial

mediante dos procedimientos el VIZIR y PCI para determinar la integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie de rodadura.

Ing. Cazorla Artilles M., Tesis Maestría: "**Metodología para la evaluación del pavimento flexible y Propuesta de Soluciones de Rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la Inspección Visual**". (Cuba 2012)

Mediante la Inspección visual se realiza en el tramo de vía seleccionado una recopilación y análisis de datos de acuerdo con las características de la estructura del pavimento y su estado, con estos datos se definen los tramos homogéneos del proyecto a partir de la inspección visual, después se estudiaron los métodos seleccionados para la Evaluación del pavimento, elaborándose un método unificado el cual fue comparado con el Método de Evaluación PCI, comprobándose su efectividad.

Becerril, Antonio (2016) investigación "**Procedimiento contractivo de pavimentos flexibles en la carretera barranca larga en el estado de Oaxaca**" investigación expuesta para adquirir el título profesional de ingeniero civil - universidad autónoma de México, plantea como objetivo principal "el uso de método de evaluación de pavimentos flexibles son importantes para determinar el estado del pavimento" concluye que " el uso de materiales adecuados en la ejecución, personal especializado al momento del diseño de mezcla , parámetros que se deben seguir , aseguran una estructura eficiente, con periodo de tiempo entre 15 a 20 de vida útil , la cual beneficiara al usuario y con ello los bajos costos de mantenimiento".

Miranda, Ricardo J. (2010 P.8 y 75) en su tesis "**Deteriorados en pavimento asfáltico e hidráulico**" investigación planteada para adquirir el título profesional de ingeniero civil, presenta por objetivo principal "hallar las deficiencias que generan los pavimentos asfálticos e hidráulicos otorgando resultados para su preservación de los mismos" , concluye que " es importante diagnosticar la causa que llevo al daño del pavimento, para realizar una rehabilitación y ofrecer un servicio adecuado a la población"

3.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES:

En el Perú el factor del PCI ha servido de herramienta para la elaboración de tesis y estudios para el mantenimiento y rehabilitación vías, carreteras, algunos ejemplos a continuación:

Bach. Rodríguez Velásquez. E., Tesis: "**Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de castilla**", **Piura 2009**, Un método de evaluación del comportamiento del pavimento es el "Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos" (ASTM D6433-03) o mejor conocido como "Método PCI" (Pavement Condition Index); que por medio de inspecciones visuales determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes

Consortio Montalvo, "**Estudio definitivo para el mantenimiento periódico de la carretera panamericana sur tramo puente Santa Rosa-puente Montalvo**" Este documento contiene el método PCI utilizado para la evaluación del deterioro del pavimento, y los resultados del mismo realizado al pavimento de la Carretera Panamericana Sur, entre los Km. 1041+600 (Puente Santa Rosa) y el Km. 1139+795 (Puente Montalvo), como parte de la contraprestación de los servicios para los Estudios de Mantenimiento Periódico del pavimento, a cargo del Consorcio Montalvo. Los trabajos se han realizado de acuerdo a los Términos de Referencia del estudio y forman parte del capítulo de Inspección y Evaluación de la Zona del Proyecto.

Tesis de la Universidad Privada de Tacna, de la tesis con su Autor: Mariana Lucía Hiliquín Bráñez, Titulada: "**Evaluación Del Estado De Conservación Del Pavimento, Utilizando El Método PCI, En La Av. Jorge Chávez Del Distrito De Pocollay En El Año 2016**", que llegan a las siguientes conclusiones:

El pavimento flexible de la Avenida Jorge Chávez del distrito de Pocollay, departamento y Provincia de Tacna, en el año 2016, según la evaluación mediante el método del Índice de la condición del Pavimento (PCI) tiene un

valor de PCI = 34.69 y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es malo5.

Las fallas más predominantes de la avenida Jorge Chávez, según la clasificación de la norma ASTM D6433, fueron el “desprendimiento de agregados (falla 19)” y los “parches (falla 11)”6, con un área total de 1477.57 m2 para la falla n°19, que representa al 58.4 % del área inspeccionada; y 855.95 m2 para la falla n°11, que significa el 33.8 %. En ambos casos, estas fallas se encontraron con severidad media y baja.

Las fallas N°19 (desprendimiento de agregados) y la N°11 (parches) se encontraron en severidad media y baja, ya que según nos indicó el Método PCI, un área parchada, o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original del pavimento, e usualmente se encuentra alguna rugosidad que esté asociada con el daño. Además, el desprendimiento de agregados se originó por la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado, esto debido a una mezcla de pobre calidad.

Graña y Montero SAA y JJC Contratistas Generales S.A., "Mantenimiento de la carretera panamericana norte, carretera 1n, tramo Ancón- Huacho- Pativilca". El mantenimiento vial de la Panamericana Norte está a cargo de la Empresa Norvial S.A. y se encuentra enmarcada en el rubro de concesiones viales, cuya responsabilidad es administrar, operar, construir y dar el mantenimiento a la infraestructura vial en la ruta Ancón - Huacho - Pativilca de la Carretera Panamericana Norte. Graña y Montero SAA y JJC Contratistas Generales S.A.

ROBLES, Raúl (2015 p.122) desarrollo, investigación “**Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco – Surco – Lima**” investigación que de presento para tener el título de ingeniero civil – universidad Ricardo palma, El objetivo “ determinar la condición del pavimento , mediante el diagnóstico de patologías en el pavimento , teniendo en cuenta la normativa ASTM D6433-07, llegando a la conclusión que el diagnóstico de la condición del pavimento se prevé su grado de severidad de diferentes fallas , en la Av. Pedro de Osama no se pudo establecer la

incidencia de deterioros y su nivel debido a que esta avenida tiene pavimentos mixtos ,pero a simple vista están en pésimas condiciones”.

LEGUÍA, Paola y PACHECO, Hans (2016 p. 171) Realizaron la presente investigación **“Evaluación superficial del pavimento flexible por método Pavement Condition Index (PCI) en las carreteras principales, Miguel Grau, Colon, Huacho - Huará Lima”** Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Lima- Perú, plantea por objetivo principal “realizar el diagnóstico de la superficie del pavimento, teniendo en cuenta los parámetros PCI de estado situacional de la estructura”, concluye que “en el diagnóstico visual- físico efectuada en las avenidas principales antes mencionadas se pudo establecer 14 tipos de deterioros de los cuales se plasman 3 clases de daño , baja media y alta tienen un PCI de 52.84 y la Av. Colon y Miguel Grau presenta un PCI de 59.29 y establece excelentes condiciones.

3.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Campos Requejo Ricardo (2018, p.12), desarrolló la tesis “Evaluación Superficial Aplicando Metodología del Pavimento Flexible de la Carretera Sisa – Zapatero – San Martín” tesis planteada para obtener el título de ingeniero civil, puntualiza como objetivo “evaluar la singularidad del lugar, espesor de capa de estructura, tránsito, factores climáticos” desarrollado con el fin de plasmar el reglamento necesario en la ejecución de pavimentos flexibles con el método PCI”

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013), define al pavimento como una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (MTC, 2013, pág. 23).

La estructura del pavimento está construida sobre la subrasante de la pista, está preparada para soportar y repartir los esfuerzos originados por los vehículos y así mejorar la condición, mejorar el bienestar para un tránsito seguro. Por lo habitual está conformada por capas de subbase, base y carpeta de rodadura. (MTC, 2008 pág. 41).

En el Manual para la Revisión de Pavimentos publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (2008), el pavimento es definido como la estructura integral de capas superpuestas, generalmente horizontales, denominadas subrasante, subbase, base y carpeta, que se colocan hasta coronar la rasante y destinada a permitir el tránsito vehicular. Se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados (Corea y Asociados S.A., 2008, pág. 27).

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

Un pavimento está conformado por un grupo de capas superpuestas, parcialmente horizontales, su diseño y la construcción del pavimento están

técnicamente hechos con componentes apropiados y adecuadamente compactados por capas. Estas estructuras se encuentran apoyadas sobre la subrasante de una vía que se obtiene a través del movimiento de tierras explorando el proceso correspondiente y tienen que resistir adecuadamente los esfuerzos que el tránsito transmite constantemente, durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

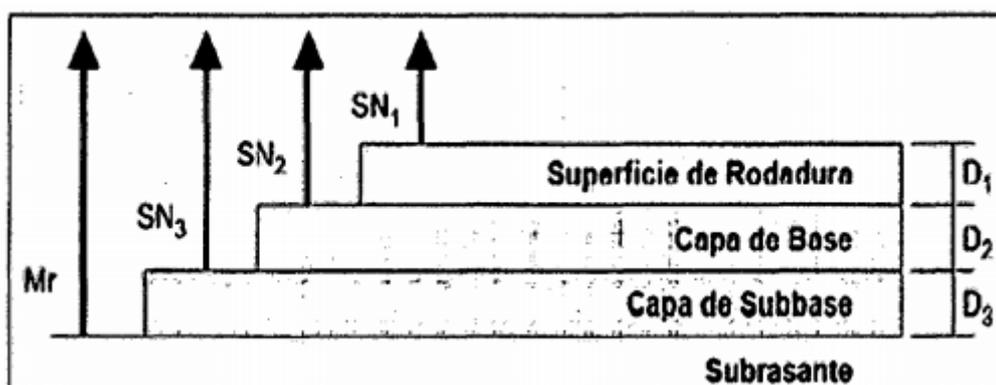
Para Montejo (2002), el pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas de varios centímetros de espesor, materiales de diversas características y adecuadamente compactados, que se construyen sobre la subrasante y que han de soportar las cargas del tránsito durante varios años sin presentar deterioros que afecten la seguridad y la comodidad de los usuarios.

Según (Montejo Fonseca, 2002), analizas un par de puntos para definir un pavimento: en cuanto a la Ingeniería y el del Usuario. Con respecto a la Ingeniería, el elemento estructural que directamente es el pavimento se localiza apoyado sobre toda la superficie del terreno de fundación. Por este motivo la capa debe estar bien diseñada para soportar capas de diferentes espesores, a la cual llamamos paquete estructural, diseñado para poder soportar las cargas externas durante un determinado periodo de tiempo. Adicionalmente, la estructura debe ser capaz de soportar los diferentes tipos de cambios climáticos. En cuanto al público, el pavimento flexible es una autopista que debe las necesidades de los usuarios para así poder brindar buena comodidad y seguridad cuando se circule sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo. “Un pavimento se encuentra constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactos. Los cuales han de resistir adecuadamente los esfuerzos de las cargas repetidas del tránsito.” (Montejo Fonseca, 2002).

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones deben reunir los siguientes parámetros:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Debe ser económico.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.
- Deber poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Ilustración 3: Capas Estructura de Pavimentos



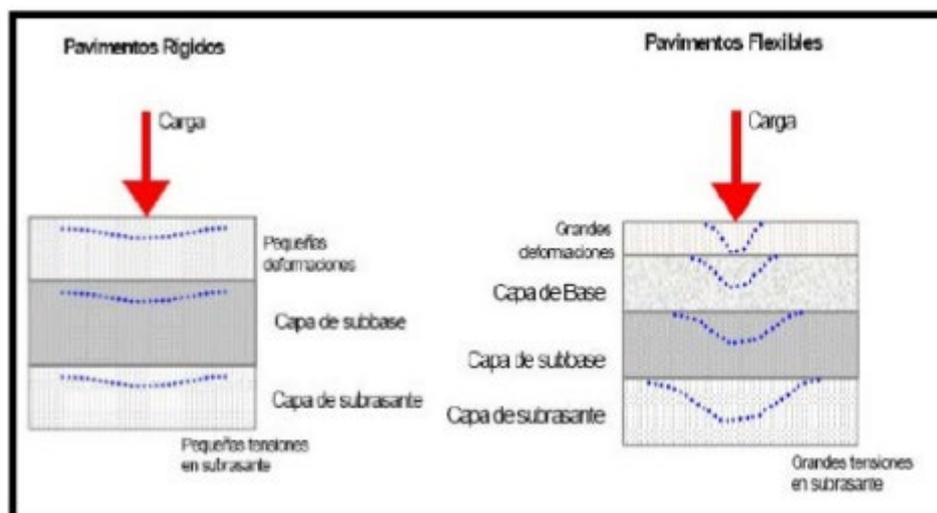
Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO.

3.2.2 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

En la distribución de pavimentos se tiene en cuenta de cómo están distribuidas las cargas recibidas de la superficie de rodadura hacia la subrasante, por lo tanto, se hizo un estudio de análisis evaluando que se pueden sustituir o cambiar una o varias capas por distintos factores como, por ejemplo, como soporta la subrasante, la clase de material a usarse, la intensidad de tránsito, entre otros. Existen tres tipos de pavimentos el cual identificaremos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural.

La clasificación de los pavimentos se realiza según el paquete estructural que los componen porque esto define el comportamiento y la forma como se realiza la distribución de las cargas recibidas desde la carpeta de rodadura hasta la superficie del terreno de fundación conocido como subrasante; En el Gráfico N°03 se representa el comportamiento de las principales clasificaciones que son los pavimentos del tipo rígido y pavimentos flexible.

Ilustración 4: Comportamiento de los tipos de pavimentos



Fuente: Miranda (2010)

En la clasificación de pavimentos se tiene en cuenta como es la distribución de cargas recibidas de la superficie de rodadura a la subrasante y pueden identificarse 3 tipos.

3.2.2.1 Pavimento Flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra.

También llamado pavimento asfáltico, consiste de una superficie de rodadura o carpeta relativamente delgada el cual es construida sobre unas capas (base y sub base), apoyándose este conjunto sobre la subrasante compactada, de manera que la subbase, base y superficie de desgaste o carpeta son los componentes estructurales de este tipo de pavimentos.

Para la construcción inicial de un pavimento nos resulta más económico la primera etapa, el pavimento tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, por lo cual también obtiene una pequeña deficiencia la cual se requiere un mantenimiento periódico tienen la desventaja de requerir

mantenimiento periódico para cumplir con el tiempo de vida estimado o de servicio.

Ilustración 5: Estructura de pavimento flexible

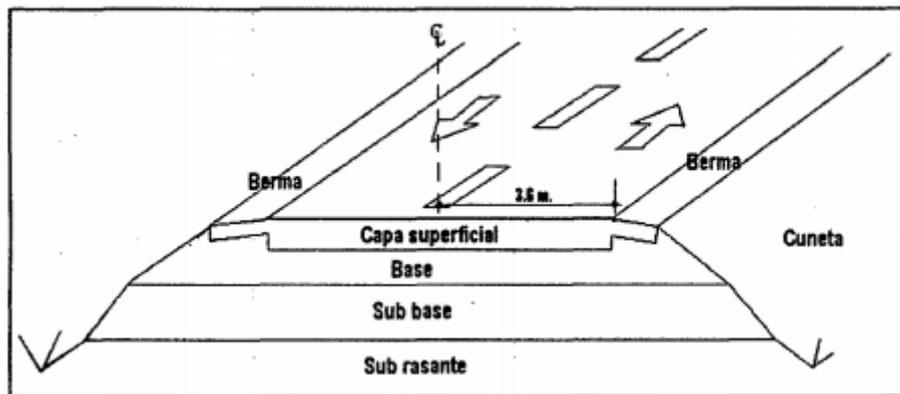


Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una carpeta de rodamiento formado por concreto de cemento asfáltico, apoyado generalmente sobre dos capas no rígidas definidas como la base y subbase. Montejo (2012) refiere que es posible prescindir de cualquiera de estas dos capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. Este tipo de pavimento se caracteriza por la alta flexibilidad de la carpeta superficial (capacidad de gran deformación sin llegar a la rotura), la carga del tránsito sobre la superficie es prácticamente una carga concentrada, cuyo efecto disminuye a través del espesor de las capas subyacentes, hasta llegar distribuido y atenuado a la subrasante; La subrasante es, por ende, la capa que debe soportar las cargas impuestas, al igual que las capas que sobre ella serán construidas. Se concluye entonces que la carpeta de asfalto no absorbe la totalidad de las cargas vehiculares, sino que actúa más como un transmisor; Debido a esto, los pavimentos flexibles requieren generalmente de un mayor número de capas intermedias entre la carpeta de rodadura y la subrasante (Conza, 2016).

MTC (2013) define que, un pavimento flexible es una estructura que tiene una composición de estratos granulares como la base, sub base y una superficie de rodadura compuesta por material bituminoso como liga, agregados y de ser el caso aditivo. Se valora como estrato de carpeta asfáltica sobre capas granulares: mezcla asfáltica, tratamiento bicapa, micro pavimentos, hormigonado asfáltico, mortero asfáltico en caliente y frío.

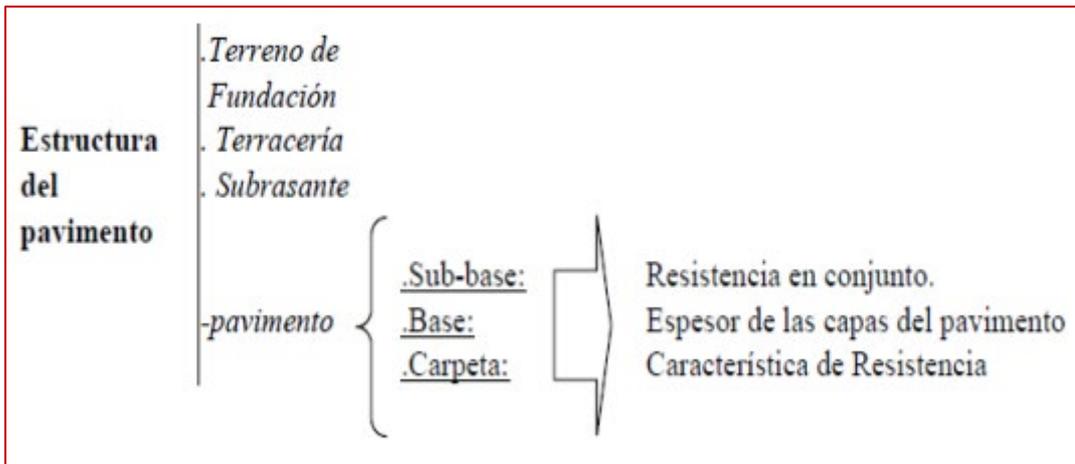
Ilustración 6: Estructura Típica de un pavimento flexible



Fuente: Ing. María R. Guzmán Meléndez – 2012

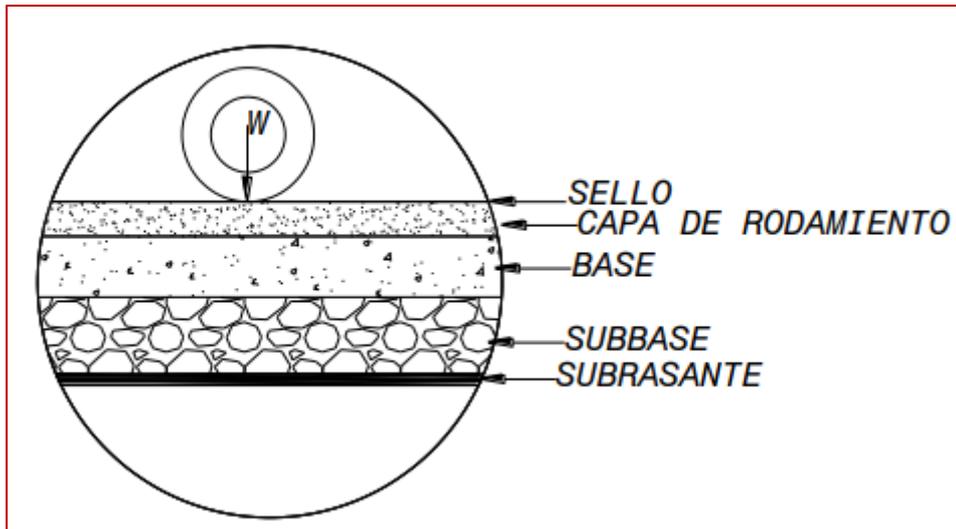
Es la estructura generalmente integrada por la sub base, base y carpeta de rodadura, construyéndose sobre una terracería debidamente compactada, para poder soportar cargas de tránsito de acuerdo con el diseño, impidiendo la acumulación o penetración de humedad, disponiendo de una superficie tersa, resistente al deslizamiento y al deterioro en general.

Se refiere a las características relativas de cada una de las capas que constituyen la estructura de la vía tales como: espesor, resistencia y deformabilidad en las condiciones esperadas de servicio. Estas características se pueden agrupar de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 7: Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Elaboración Propia

Los pavimentos deben ser diseñados de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas, las cuales se producen en cada una de las capas, por lo que se debe tener en cuenta cargas impuestas por el tránsito, condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, tipo de suelo o terreno de fundación (sub rasante), calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo.

En el caso de las estructuras flexibles, la deformación permanente total es la suma de la deformación producida en cada una de las capas del pavimento, pero actualmente los métodos empíricos suponen que tal deformación se genera solo en la capa subrasante y esto crea una de sus principales limitaciones.

La anterior suposición se basa en que la subrasante es la capa más susceptible a la deformación debido a su más baja rigidez (en comparación con las otras capas del pavimento) y a una mayor probabilidad de presentar altos contenidos de agua (lo cual disminuiría su capacidad portante).

En las capas de rodadura y base asfáltica (compuestas por mezclas asfálticas de comportamiento viscoso) un incremento de temperatura genera disminución de la rigidez y por lo tanto un incremento en la deformación del pavimento. Las capas granulares juegan un papel importante en la generación de la deformación permanente cuando se dimensionan estructuras flexibles para vías de bajo tráfico. En este tipo de pavimentos las capas asfálticas no tienen una función estructural (por lo general se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez) y las capas granulares (base y sub base) soportan casi en su totalidad las cargas rodantes.

3.2.2.1.1 Ventajas y Desventajas de un Pavimento Flexible

Ventajas

- Fácil financiamiento por su bajo costo inicial.
- La construcción como las operaciones de mantenimiento se realizan en un tiempo mucho más corto.
- La marcha de los vehículos automotores es más suave por no tener juntas de unión.
- Pueden utilizarse nuevamente como base los pavimentos existentes cuando se coloque una nueva capa de rodaje.

Desventajas

- Ocasionan mayores gastos en el mantenimiento.
- En época de invierno los daños son considerables y más costosas las operaciones de mantenimiento.

3.2.2.1.2 Conformación de Capas

Los pavimentos flexibles están generalmente conformados por la carpeta de rodamiento en la superficie, apoyada sobre dos capas no rígidas denominadas base y sub base; y todo este paquete estructural descansa sobre la subrasante, como se muestra en el Gráfico N°04. A continuación, se describen las principales características y funciones para cada una de las capas que componen los pavimentos flexibles según (Torres 2007):

a) Sub Rasante

Esta capa es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocan las demás capas estructurales del pavimento. Su construcción se realiza con suelos seleccionados de características aceptables, que se compactan por capas, para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. La capacidad de soporte de la subrasante influye en diseño de las capas superiores (MTC, 2013, pág. 23).

b) Sub Base

La conformación de la sub base es principalmente por consideraciones económicas debido a que se busca conseguir un mayor espesor en el pavimento mediante el uso de material más barato, reemplazando la construcción del espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, consiguiendo que esta última sea más delgada y se sustituye en parte por la sub base de menor calidad.

Debido a que el material de la base es granular más o menos grueso y el material de la sub base es de mayor fineza, esta propiedad genera la

característica de transición entre la base y subrasante debido a que trabaja como filtro para evitar que el material de la base se mezcle en la sub rasante.

Otras propiedades importantes son que la sub base sirve como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento debido a los cambios volumétricos producto de la humedad, además evita la ascensión capilar hacia la base del agua proveniente del terreno y absorber las deformaciones provenientes de la subrasante.

Las cualidades que se buscan en la capa sub base son la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; la primera de ellas contribuye a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando que el pavimento tenga un adecuado comportamiento en cuanto a deformabilidad; la segunda, referente a la capacidad de drenaje es necesaria para realizar las funciones de drenaje y evitar la ascensión capilar.

Los espesores de esta capa son muy variables y dependen de la evaluación por tipo de proyecto, pero suele considerarse 12 a 15 cm como espesor mínimo. En caso de falta de finos para realizar la compactación de la sub base se puede buscar otros bancos de materiales que reúnan las especificaciones; Es necesario que los bancos de materiales cumplan con las especificaciones requeridas y se encuentren libres de materia vegetal, terrones de arcillas u otros materiales perjudiciales debido a que un gran número de falla en los pavimentos se deben a problemas en las sub bases porque no cumplen con estas especificaciones, problemas de mala compactación o se han contaminado debido a la falta de un adecuado drenaje.

Tabla 1: Requerimiento Granulométricos para sub base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-10
4.75 mm. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: MTC – 2013

Ensayo	Norma	Norma	Norma	Requerimientos altitud	
	MTC	ASTM	AASHTO	3 000 msnm	3 000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40% min.	40% min.
Limite Liquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% min.	35% min.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.50% máx.	0.50% máx.

Fuente: MTC – 2013

c) Base

La capa Base es la que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito de los vehículos y su función principal es la de proporcionar un elemento resistente que transmita estos esfuerzos hacia la sub base y subrasante en una intensidad adecuada. Esta capa también debe tener la doble función de drenaje y evitar la ascensión capilar que se explicaron para la capa sub base; Además, debe tener las características de ser friccionante y provisto de vacíos.

La primera característica garantiza una adecuada resistencia y la permanencia de esta con la variación de las condiciones externas que podrían ser perjudiciales, como el contenido de agua; Sin embargo, para garantizar la adecuada resistencia no se consigue solo empleando material friccionante, es necesaria también una compactación adecuada. Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración, produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado; además de esto, se deben llenar otras especificaciones por lo que es necesario tamizar dicho material.

Los espesores de las bases son muy variables y depende de la evaluación por tipo de proyecto, pero suele considerarse que el espesor mínimo que conviene construir es de 12 o 15 centímetros.

Es la capa inferior a la capa de rodadura, construida con material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. Tiene como función la de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito (MTC, 2013, pág. 24).

Tabla 2: Requerimiento Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-10
4.75 mm. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: MTC 2013

Tabla 3: Requerimiento del Agregado Grueso para Base Granular

Ensayo	Norma	Norma	Norma	Requerimientos altitud	
	MTC	ASTM	AASHTO	3 000 msnm	3 000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión los Ángeles	MTC E207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E219	D 1888		0.50% máx.	0.50% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: MTC 2013

Tabla 4: Requerimiento de Agregado Fino para Base Granular

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos altitud	
		3 000 msnm	3 000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% min.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% min.	45% min.
Sales solubles totales	MTC E 219	0.50% máx.	0.50% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15% máx.

Fuente: MTC 2013

Tabla 5: Requerimiento de CBR para Base Granular

Trafico en ejes equivalentes	Valor de CBR (1)
Trafico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Min. 80%
Trafico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Min. 100%

Fuente: MTC 2013

d) Carpeta Asfáltica o Rodadura

La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía.

Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

La carpeta es elaborada con material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta resista las cargas a la que será sometida. Un exceso de asfalto en la

mezcla puede provocar pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie.

Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuada performance.

Es la capa superior del pavimento flexible y es colocada sobre la base granular con la finalidad de sostener directamente el tránsito. Asimismo, es la capa de mejor calidad debido a que debe ofrecer características como fricción, suavidad, control de ruido y drenaje.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos publicado por el ministerio de transportes y comunicaciones (2013), define la capa de rodadura como la parte superior del pavimento que tiene como función, la de sostener directamente el tránsito. Además, puede ser de tipo bituminoso (flexible), de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines (MTC, 2013, pág. 24).

También cumple la función de impermeabilizar la superficie, evitando el ingreso de agua que podría saturar o causar la desintegración de las capas subyacentes. Así también, cuando tiene un espesor mayor a 2,5 cm, contribuye a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos. Además, por ser la capa más expuesta a la intemperie y al desgaste ocasionado por los vehículos, requiere de mantenimientos periódicos que garanticen su adecuado funcionamiento (Bolaños Tauma, 2015, pág. 14).

3.2.2.1.3 Fallas en Pavimentos Urbanos Flexibles

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

Dependiendo de su origen, las fallas pueden ser clasificadas como fallas funcionales (Superficiales) o fallas estructurales. En el primer caso, el defecto se presenta o circunscribe a la superficie de la capa asfáltica y las acciones de reparación se dirigen a la corrección de la fricción (seguridad), o al restablecimiento de la a rugosidad o regularidad (comodidad), lo cual se logra con la colocación de capas asfálticas de bajo espesor que no contribuyen desde el punto de vista estructural.

Por su parte las fallas estructurales tienen su origen en defectos en una o más de las capas que conforman la estructura del pavimento, las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de subrasante o suelo de fundación de pavimento lleguen los menores esfuerzos y lo más distribuido posible.

En estos casos la corrección de las fallas va dirigida al refuerzo de la estructura existente mediante la colocación de una capa cuyo espesor

debe ser calculado en función de los requerimientos de las cargas de tráfico previstas en el periodo de tiempo previsto para la rehabilitación.

La falla estructural se deriva de dos causas fundamentales:

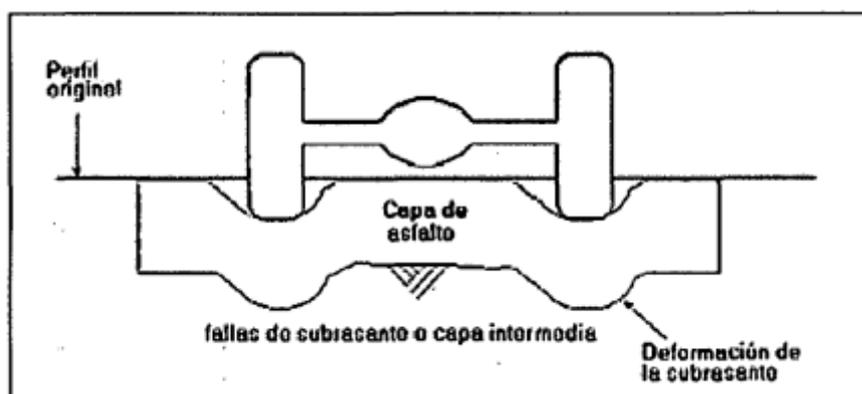
a) Cuando la capacidad de deformación-recuperación de los materiales que conforman la estructura de pavimento es "excedida más allá del valor que determinan las deformaciones recuperables por elasticidad instantánea y retardada, desarrollándose deformaciones permanentes (ahuellamiento) en cada aplicación de las cargas, las que se acumulan modificando los perfiles de la calzada hasta valores que resultan intolerables para la comodidad, seguridad y rapidez del tránsito y aún pueden provocar el colapso de la estructura".

Las deformaciones permanentes o ahuellamiento pueden ocurrir a nivel de:

- Suelos de subrasante, capas de base y/o sub base granulares.
- Capas asfálticas.

En el caso de suelos, la falla ocurre por lo general por intrusión de humedad que conlleva a su debilitamiento, haciendo imposible la recuperación del suelo ante las cargas impuestas, originando deformaciones plásticas (no elásticas), es decir, sin posibilidad de recuperación.

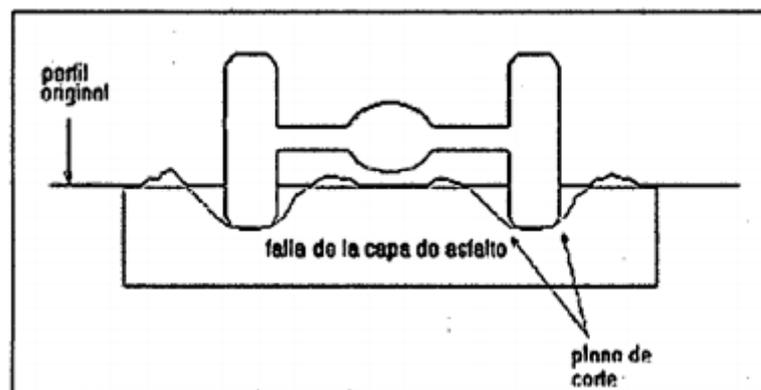
Ilustración 8: Ahuellamiento por falla en subrasante o capa intermedia



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos.

- a. Cuando el ahuellamiento ocurre en las capas asfálticas, el mismo obedece a la presencia de mezclas que van acumulando deformaciones bajas en magnitud, pero permanentes en el tiempo debido al paso continuo del tránsito pesado (camiones). El ahuellamiento puede ocurrir directamente en la capa asfáltica superficial o en alguna otra capa asfáltica subyacente cuya deformación luego es reflejada por la capa superficial.

Ilustración 9: Ahuellamiento por falla en mezcla asfáltica



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos.

Cuando las deformaciones recuperables son elevadas, los materiales y en particular las capas asfálticas sufren el fenómeno denominado fatiga cuando el número de aplicaciones de las cargas pesadas es elevado, que se traduce en reducción de sus características mecánicas. En este caso la deformación horizontal por tracción en la parte inferior de las capas asfálticas al flexionar la estructura puede exceder el límite crítico y se llega a la iniciación del proceso de fisuramiento.

Existe otro tipo de agrietamiento ocasionado por la variación de temperatura que experimenta la mezcla asfáltica lo cual origina su contracción. Este tipo de fisuramiento es denominado "Grietas por Contracción (o de Bloque)" no está asociado con las cargas impuestas por el tráfico.

Ilustración 10: Grietas por Contracción



Fuente: Propia de Campo

Del mismo modo, en los casos de refuerzo de pavimentos de concreto tipo Portland utilizando mezclas asfálticas, es posible la aparición de grietas como reflejo de las juntas del pavimento rígido (grietas por reflexión). Este tipo de falla se conoce como "Grietas por Reflexión".

Ilustración 11: Grietas por Reflexión



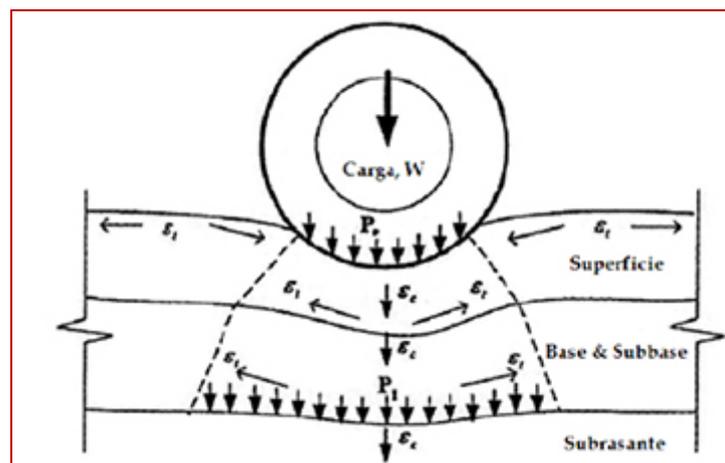
Fuente: Propia de Campo

El desempeño de una mezcla asfáltica ante las deformaciones permanentes depende del tipo de ligante asfáltico empleado, forma y tamaño de las partículas, calidad de los agregados, así como sus porcentajes en la combinación de agregados. Las mezclas asfálticas deben:

- Soportar la tensión aplicada en la base de la capa asfáltica.
- Ser lo suficientemente elásticas para soportar la aplicación de carga repetida sin romperse (fatiga).

Por su parte la subrasante, al igual que las capas de base y/o sub base granular deben resistir esfuerzos de compresión de evitar deformaciones permanentes o ahuellamientos.

Ilustración 12: Esfuerzos



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos.

3.2.2.1.4 Causas y surgimiento de fallas

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodaje, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- a) Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- b) Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- c) Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- d) Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- e) Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- f) Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- g) Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

3.2.2.1.5 Tipos de fallas

Dentro de las fallas estructurales y funcionales existen 18 tipos de fallas que son agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desintegración de pavimentos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas.

Ilustración 13: Fallas en pavimento flexible

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	1	GRIETA PIEL DE COCODRILO
	2	EXUDACION
	3	FISURAS DE BLOQUE
	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS
	5	CORRUGACION
	6	DEPRESION
	7	FISURAS DE BORDE
	8	FISURA DE REFLEXION DE JUNTA
	9	DESNIVEL CARRIL-BERMA
	10	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
	11	PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS
	12	AGREGADO PULIDO
	13	BACHES
	14	AHUELLAMIENTO
	15	DESPLAZAMIENTOS
	16	FISURA PARABOLICA O POR DESLIZAMIENTO
	17	HINCHAMIENTO
	18	PELADURA POR INTEMPERISMO

A continuación, se explican las 18 fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, y que están también consideradas dentro del método PCI.

1. Piel de Cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodamiento bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

Las fisuras se conectan unas con otras formando polígonos irregulares.

Ilustración 14: Piel de Cocodrilo en el pavimento flexible



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

2. Exudación

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y reflectiva que usualmente llega a ser pegajosa.

La exudación puede ser originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sello asfáltico, bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla.

La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, emerge y entonces se expande en la superficie del pavimento.

La exudación se evidencia a través de una película de asfalto que se extienden sobre la superficie de la pista.

Ilustración 15: Exudación en pavimento rígido



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento.

3. Fisuras en Bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares.

Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.

Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunos casos pueden aparecer en áreas sin tránsito.

Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Se interconectan que forman bloques rectangulares de dimensiones variables.

Ilustración 16: Fisuras en bloque



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento.

4. Abultamiento y Hundimiento

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues éstos últimos son causados por pavimentos inestables.

- a) Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento tipo Portland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
- b) Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- c) Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo pequeños y abruptos de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento causando extensas o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones" (hinchamiento: swelling). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación.

Ilustración 17: Abultamientos y Hundimientos en el pavimento flexible



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

5. Corrugación

La corrugación es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinado con una carpeta o una base inestable.

Ilustración 18: Corrugación en pavimentos flexible



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

6. Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma empozamientos.

En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada.

Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Ilustración 19: Depresión en pavimento Flexible



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

7. Fisuras de Borde

Las grietas de borde son paralelas y generalmente están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m. del borde exterior del pavimento.

Este daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante en sectores próximos al borde del pavimento, por falta de soporte lateral o por terraplenes construidos con

materiales expansivos. El deterioro de la falla de borde se acelera por el efecto de las cargas de tránsito. En algunos casos se puede llegar a producir pérdida del material por disgregación.

Ilustración 20: Fisuras de Borde



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

8. Fisuras de Reflexión de Juntas

Daño ocurrido solamente en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de concreto de cemento tipo Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento tipo Portland, inducido por temperatura o humedad. Este daño no está relacionado con las cargas, sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está "descascarada".

Básicamente en juntas de concreto donde se observa la fisura transversal que atraviesa todo el ancho del carril.

Ilustración 21: Fisura de reflexión de juntas en pavimento flexible



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

9. Desnivel carril berma

El desnivel calzada-hombrillo es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y el hombrillo. Este daño se debe a la erosión o asentamiento del hombrillo o a la colocación de sobre carpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo.

Ilustración 22: Desnivel carril – berma



Fuente: Propia de Campo

10. Fisuras longitudinales y Transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento y pueden ser causadas por:

- Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
- Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al envejecimiento del asfalto.
- Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Ilustración 23: Fisuras Longitudinales y Transversales



Fuente: Propia de Campo

11. Parches y Parches de cortes utilitarios

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente.

El parche se considera un defecto, no importa que también se comporte (usualmente, un área bacheada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento)

Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares.

Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento.

Ilustración 24: Parches y Parches de cortes utilitarios



Fuente: Propia de Campo

12. Agregado Pulido

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Este tipo de daño se registra cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

13. Baches

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90 m. 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 de lluvia dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento.

Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos.

Ilustración 25: Baches



Fuente: Propia de Campo

14. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia cuando las huellas están llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de

las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Ilustración 26: Ahuellamiento



Fuente: Propia de Campo

15. Desplazamientos

El desplazamiento es un corrimiento permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie.

Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confirman pavimentos de concreto de cemento tipo Portland.

Los defectos asociados a las deformaciones por empuje están asociados con el grado de afectación de la calidad de rodaje:

Ilustración 27: Desplazamientos de pavimento flexible



Fuente: Propia de Campo

16. Fisura Parabólica o por Deslizamiento

Las fisuras parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente, con sus puntas hacia el sentido del tránsito.

Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento de baja resistencia, o de un riego de adherencia excesivo, y en algunas oportunidades pobre. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Ilustración 28: Fisura parabólica en pavimento flexible



Fuente: Propia de Campo

17. Hinchamientos

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda larga y gradual de longitud mayor de 3,0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por suelos potencialmente expansivos.

Ilustración 29: Hinchamientos



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

18. Peladura por Intemperismo y desprendimiento de agregados

La peladura y desprendimiento son el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

Ilustración 30: Desprendimiento de agregados



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimento

3.2.2.1.6 Ciclo de Vida de un Pavimento

El ciclo de vida del pavimento, sin considerar un mantenimiento y rehabilitación, se puede representar mediante una curva de comportamiento, la cual es una representación histórica de la calidad del pavimento. Dicha curva evidencia cuatro etapas, las cuales se describen a continuación

- **Construcción:** El estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural.
- **Deterioro imperceptible:** El pavimento ha sufrido un desgaste progresivo en el transcurso del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe, pero es poco visible y no es apreciable por los usuarios. Generalmente el mayor daño se produce en la superficie de rodadura debido al tránsito y clima. Para disminuir el deterioro o desgaste se hace necesario aplicar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, si no se efectúan la vida útil del pavimento se reduce drásticamente. El camino sigue estando en buenas condiciones y sirviendo adecuadamente a los usuarios, el costo del mantenimiento anual

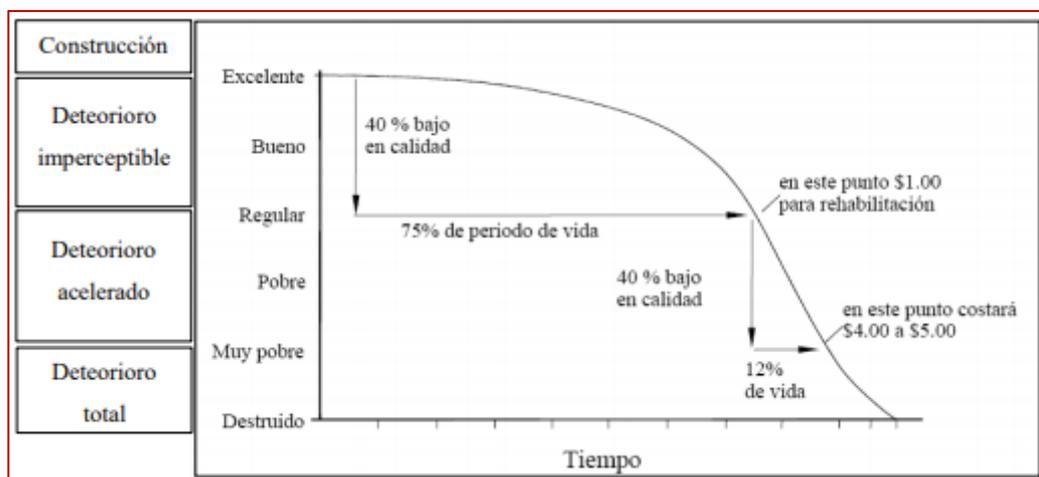
este alrededor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción. El estado del camino varía desde excelente a regular.

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

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

Según lo descrito líneas arriba los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas como la lluvia, el tránsito, etc. cuyos efectos puede resultar en un pavimento intransitable. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es importante resaltar que un pavimento de una condición regular hacia arriba ofrece un camino aún adecuado para los usuarios. En la siguiente figura 06 se muestra como la condición estructural y funcional de los pavimentos se disminuye con el tiempo.

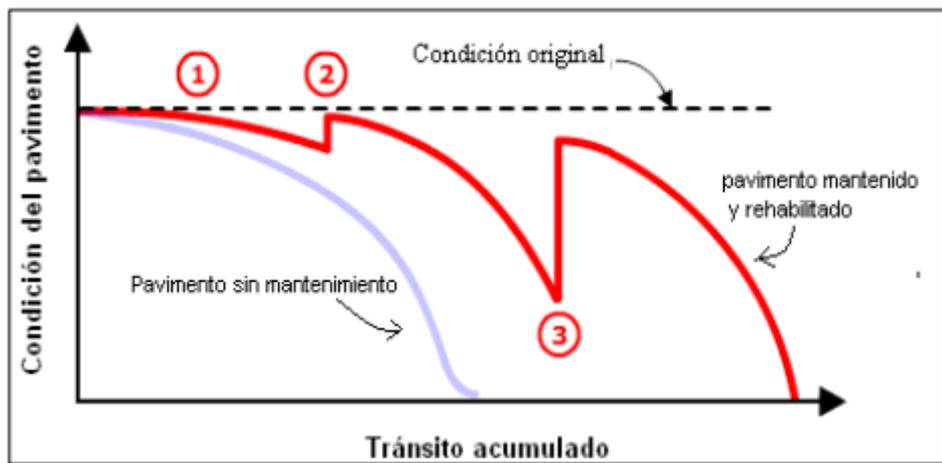
Ilustración 31: Ciclo de vida de los pavimentos



Fuente: Sánchez 2012

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

Ilustración 32: Ciclo de Vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación



Fuente: Sánchez 2012

Se puede observar la curva gris que representa el comportamiento de un pavimento sin intervención y la de color rojo con mantenimiento y rehabilitación. En la curva roja se identificaron tres puntos, los cuales se describen a continuación:

En el punto 1 el pavimento se deteriora con menor rapidez debido a trabajos de mantenimiento.

En el punto 2 se aplica un trabajo inicial de rehabilitación que restaura la condición del pavimento.

Por último, en el punto 3 se realiza una segunda intervención de rehabilitación que restaura la mayoría de la condición original del pavimento. En el siguiente punto se desarrollará el tema de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

3.2.2.1.7 Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimento

El presente punto tiene por objeto discutir los aspectos más comunes relativos a las acciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles. Existen distintos niveles de intervención en la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde una intervención simple hasta una intervención más complicada y por ende más costosa.

El mantenimiento reduce la velocidad del deterioro del pavimento corrigiendo pequeños defectos antes de que ellos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Buscando recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los efectos del clima. Más allá de cierto punto, el simple mantenimiento no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento, recuperando las condiciones iniciales de la vía.

Las actividades de mantenimiento se agrupan en dos categorías, las cuales son: preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro. Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas.

3.2.2.1.8 Técnicas de Mantenimiento de Pavimento

Sellado de grietas: El sellado de grietas es una actividad que consiste básicamente en limpieza de las grietas y sellado de las mismas con productos asfálticos, lechada o mezcla asfáltica, a fin de prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento.

Ilustración 33: Procedimiento típico de sellado de fisuras de pavimento



Fuente: Sánchez 2012

Bacheo o parche: Son las más comunes en la reparación de fallas localizadas en pavimentos. Se describe como la remoción y reposición de un área localizada severamente dañada, o el relleno de huecos producidos por disgregación. Se realiza para corregir fallas estructurales manifestadas por la aparición de grietas del tipo piel de cocodrilo de severidad media y alta, ahuellamiento profundo, grietas de deslizamiento y fallas puntuales como huecos, quiebres, hundimientos, etc.

Tratamiento Superficial (Sello) Localizado: Consiste en la aplicación de un sello asfáltico o tratamiento superficial en sitios localizados menores de 300 m² de área. Riego con material asfáltico cubierto con agregados o lechada asfáltica. Es conveniente sobre pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor. Así mismo, pueden ser utilizados para corregir problemas de textura y mejorar la resistencia al deslizamiento en puntos críticos como: curvas, intersecciones y pendientes. Requiere acciones previas como el bacheo, sellado de grietas

anchas, nivelación localizada en áreas deformadas, además de barrido y limpieza de la superficie. Las acciones más comunes son: capa de sello con piedra o grava picada o con arena y lechada asfáltica.

Nivelación localizada con mezcla asfáltica: Esta acción es básicamente igual en su ejecución al bacheo superficial. Es adecuada para corregir fallas de poca gravedad como: hundimientos, ahuellamientos, zanjas, etc. Su ejecución requiere barrido y riego asfáltico de la superficie a tratar. Luego la mezcla es extendida a mano o con la ayuda de equipos de construcción. Finalmente, la mezcla es compactada, empleando equipos de rodillo liso, hasta obtener una densificación adecuada.

Micro - fresado y/o texturizado localizada: El fresado en frío es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico, hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión. Esta acción específica se refiere, en el caso de fresado, a la remoción de 1 a 3 cm. de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas y disgregadas. El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia. Por su parte la texturización se refiere al fresado o remoción de un espesor entre 3 a 10mm. con la finalidad de mejorar la fricción del pavimento.

3.2.2.1.9 Técnicas de Rehabilitación de Pavimento

Tratamientos Superficiales (Capas de Sello): Los sellos o tratamientos superficiales constituyen una excelente alternativa de rehabilitación. Son adecuados y económicos para proteger superficies viejas y oxidadas, sellar grietas y corregir fallas menores. Los sellos asfálticos no aportan un significativo incremento estructural al pavimento. Sin embargo, al sellar grietas, es decir, impermeabilizando la superficie, se reduce la tasa de deterioro y produce un incremento en la vida de éste. Para el buen

comportamiento de un sello es importante que se realice una preparación adecuada de la superficie. Esta debe incluir reparaciones localizadas, bacheo, nivelación y/o fresado, sello de grietas anchas, reparación de zanjas, barrido, etc. La duración de un sello asfáltico es variable y depende de la condición del pavimento original, calidad del sello y características del tráfico. Por lo general, puede esperarse una duración entre 4 y 8 años.

A continuación, se mostrarán fotografías de los diversos tipos de tratamientos que existen en la actualidad.

Ilustración 34: Procedimiento Típico de sello de arena – asfalto



Fuente: Sánchez 2012

La sellada arena – asfalto es una aplicación de una emulsión de rotura rápida seguida por la extensión y compactación de una capa delgada de arena. Se aplica para impermeabilizar capas de rodadura que presenten excesos de vacíos con aire y sean susceptibles de deterioro prematuro por envejecimiento y alta permeabilidad.

Ilustración 35: Procedimiento típico riego negro



Fuente: Sánchez 2012

Refuerzo estructural: Se recurre a un refuerzo estructural, cuando las cargas soportadas exceden su resistencia inicial de diseño. En estos casos el pavimento ha fallado estructuralmente y requiere ser reforzado para soportar futuras cargas. La construcción de capas de concreto asfáltico es comúnmente empleada para reforzar la estructura de un pavimento y mejorar su condición funcional. La determinación del espesor de esta capa debe hacerse mediante un análisis que permita establecer la condición del pavimento existente y su mecanismo de falla; determinar las características y condición de los materiales "in-situ"; definir el período de vida de la nueva estructura y las cargas esperadas, y determinar el espesor de refuerzo empleando un método o procedimiento técnicamente reconocido y apropiado del pavimento. Es importante mencionar que para el refuerzo estructural se puede hacer uso de concreto con cemento portland, la cual se coloca por encima de la capa de rodadura de concreto asfáltico, denominando a este tipo de pavimento como compuesto.

Ilustración 36: Sobre carpeta de asfalto



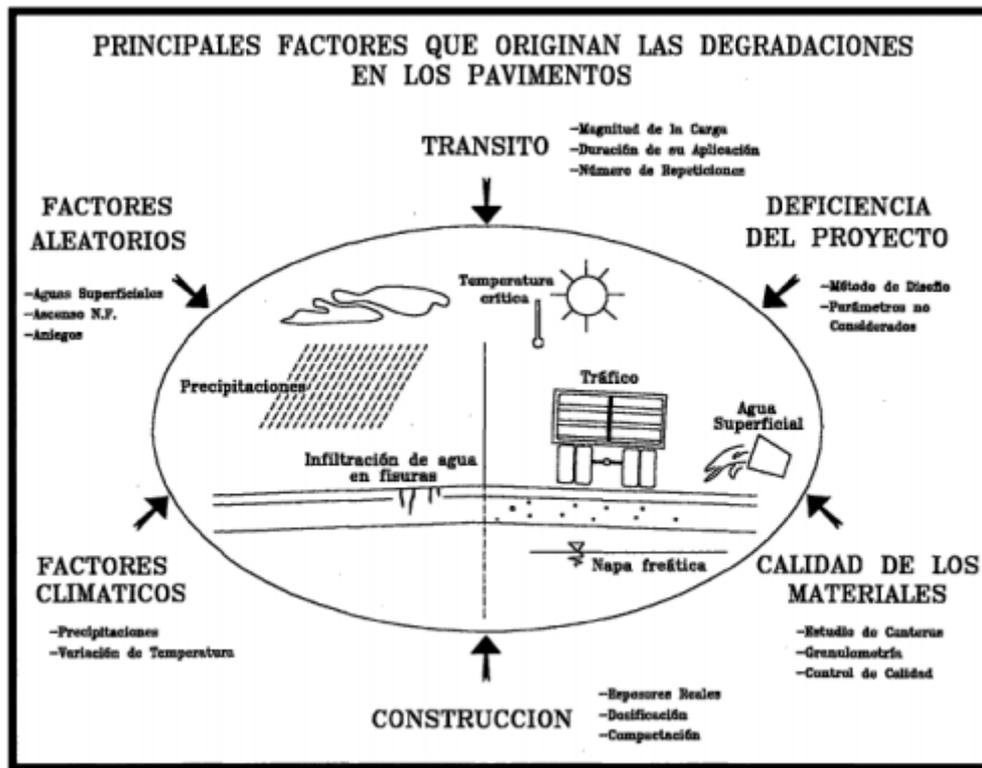
Fuente: Sánchez 2012

3.2.2.1.10 Mecanismo de deterioro

La degradación es el progresivo deterioro del pavimento debido a ciertos factores que terminan con el colapso de la estructura, si no se realiza una intervención adecuada y oportuna, las formas de degradaciones se clasifican en función a sus características en 4 grandes grupos según Valeriano (2000):

- **Deformaciones:** Las deformaciones de un pavimento es cualquier cambio que presente éste con respecto a su forma original. Estas deformaciones son causadas generalmente por una insuficiencia de la fundación que afectan a toda la estructura de la calzada.
- **Agrietamientos o Fisuras:** Estas fallas, representativas del fenómeno de fatiga y de una debilidad estructural se desarrollan en estructuras que han sufrido un incremento excesivo en la magnitud y/o frecuencia de las cargas más pesadas con respecto al tránsito proyectado o se le ha sometido a un periodo de servicio mayor que el previsto.
- **Disgregaciones:** El proceso de degradación de las capas asfálticas que comprende desde peladuras y desintegraciones graduales, que reducen el aporte estructural de la capa de rodadura hasta desintegraciones totales con la pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica, con la formación de baches por efecto del tránsito. A estos tres grupos cabe agregar otro de menor importancia en el aspecto estructural, pero de significativa influencia en el aspecto superficial o bien en la seguridad de los usuarios que es la exudación.
- **Exudaciones:** La exudación es el afloramiento del asfalto, originadas en la carpeta de rodadura y debido generalmente a un exceso de material bituminoso en la dosificación de la mezcla, tratamiento o sello bituminoso. Cuando el afloramiento de asfalto es importante y bastante generalizado, transforma el pavimento en momentos de lluvia o exceso de humedad, en una superficie resbaladiza alta. (p.9,10).

Ilustración 37: Causas que determinan los deterioros



Fuente: Valeriano (2000)

Los deterioros que presentan los pavimentos tienen consecuencias directas sobre los vehículos de transporte que circulan por la vía afectada y consecuencias indirectas sobre los usuarios, algunas de las cuales se listan a continuación (Valeriano, 2000):

- Los pavimentos deteriorados generan mayores costos de operación en los vehículos debido a factores como el aumento del consumo de combustible, mayores gastos en mantenimiento, entre otros.
- Las fallas o deterioros obligan a reducir la velocidad y generan demoras en el tiempo de viaje a los usuarios.
- Los deterioros generan Inseguridad debido a que existen mayores probabilidades de producirse accidentes de tránsito.
- Los deterioros generan incomodidad en los usuarios debido a que el vehículo tiende a dar sobresaltos.

- Los pavimentos deteriorados tienen un efecto psicológico en la reacción del conductor para esquivar las fallas.

3.2.2.2 Pavimento Rígido

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. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en ciertos grados, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

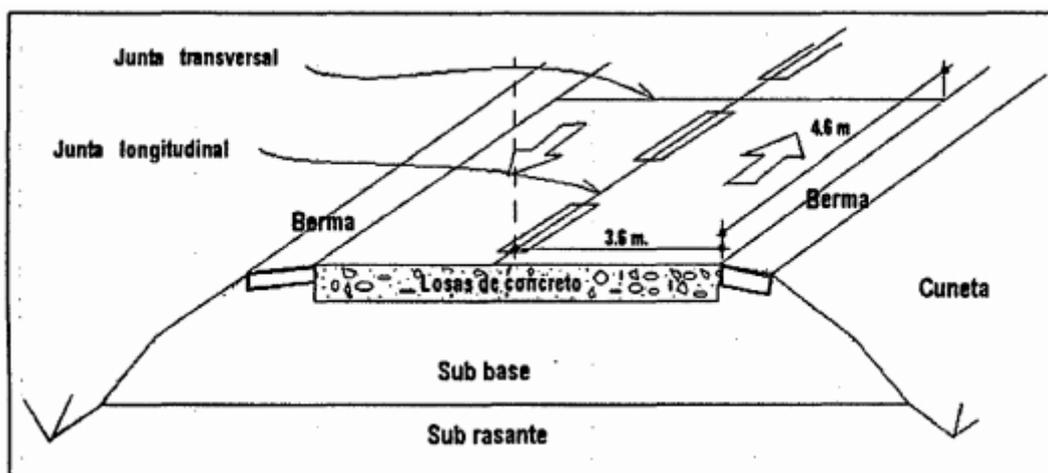
Son aquellos pavimentos que están formado por lazas de concreto, que en algunas veces presentan acero de refuerzo de acuerdo según el diseño realizado, esta losa va sobre una base granular y sobre la subrasante. Las deformaciones de las capas inferiores no son permitidas en este tipo de pavimentos.

La construcción de un pavimento rígido es más costosa a comparación con el pavimento flexible y su tiempo de vida útil varía entre 20 y 40 años. El tratamiento de junta de las losas es el único tratamiento que se realiza.

Llamado también pavimento de concreto hidráulico, el cual constituye losas que integran acero de refuerzo en algunas ocasiones y concreto simple, posteriormente en la sub- rasante esta clase de pavimento no da paso a deformaciones de capas inferiores” (medina y de la cruz 2015, p.10).

El pavimento una inversión inicial más alto en comparación con un pavimento asfáltico y su prolongación de vida se diferencia entre 15 ,20 y 40 según diseño, el mantenimiento de este tipo de pavimento se refiere generalmente a las juntas (losas).

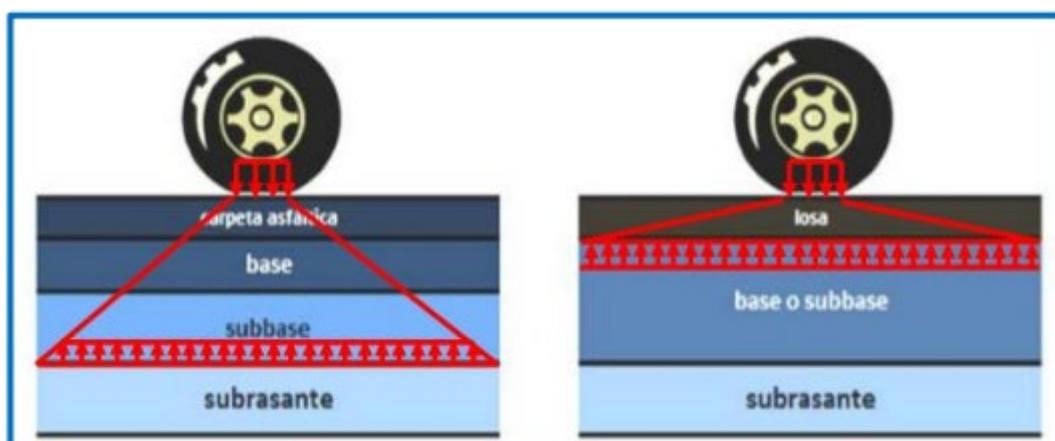
Ilustración 38: Estructura típica de un pavimento rígido



Fuente: Ing. María R. Guzmán Meléndez., 2012, Diseño de pavimento flexible y rígido.

En cuanto a los pavimentos rígidos, las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, lo que resulta en tensiones muy bajas en la subrasante. Por otro lado, los pavimentos flexibles tienen menos rigidez, por lo que se deforma más que la rígida y se producen mayores tensiones en la subrasante.

Ilustración 39: Comportamiento estructural de pavimentos



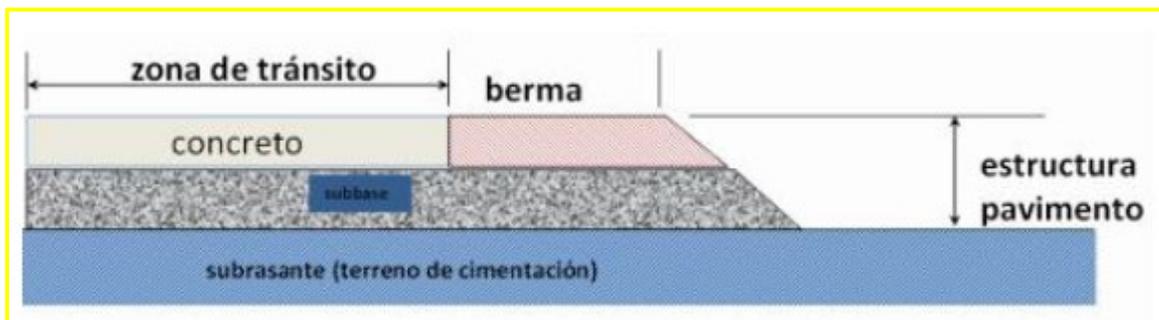
Fuente: Ing. María R. Guzmán Meléndez., 2012, Diseño de pavimento flexible y rígido

MTC (2013) define que, un pavimento rígido es una estructura que se compone específicamente por un estrado de subbase granular, así mismo, este estrato puede ser de base granular, como también puede ser se puede llegar a estabilizar con cemento, asfalto o cal, y capas de rodadura de losas de concreto

de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.”
Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

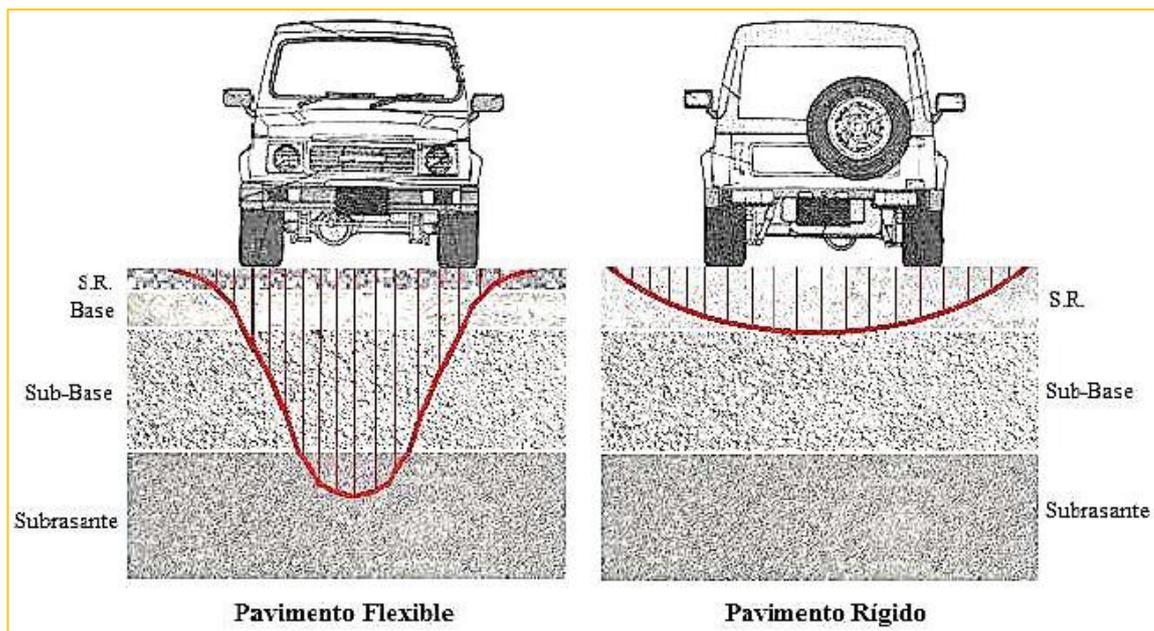
- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con juntas con refuerzo de acero en forma de mallas o fibras.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

Ilustración 40: estructura de pavimento



Fuente: Becerra (2012)

Ilustración 41: Esquema de comportamiento de pavimentos



CAPÍTULO IV: MÉTODO DE APLICACIÓN

4.1 METODO PCI

4.1.1 Introducción

“El PCI es un método que determina la condición del pavimento a partir de la inspección visual, de las cuales identifica la clase de falla y escala de daño que sufre es una mitología que no considera herramientas especializadas, esta metodología abarca la manera exacta para la inspección y calificar el pavimento, siendo generalmente adquirido como técnica estandarizada. ASTM D6433- 03).

Se determina por resultados de inventarios visual de la condición de la estructura donde fundamentan el tipo, la severidad y numero de falas, y por la gran multitud, de combinación este método plantea un indicador llamado reducción de valor para ver cómo afecta en qué grado, el método no busca solucionar problemas de apariencia ya que se creó con el fin de tener un indicador integral de la estructura, y saber el tipo de mantenimiento que se le debe brindar.

La metodología del Índice de condición del pavimento-PCI, fue desarrollado por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos entre los años 1974 y 1976, con el objetivo de obtener un procedimiento de administración del mantenimiento de pavimentos. Actualmente es considerado como la más completa para la evaluación de pavimentos, siendo aceptado y adoptado como procedimiento estandarizado por agencias como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), el APWA (American Public Work Association). Se encuentra detallado bajo la norma ASTM D6433-03 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos) (Rabanal Pajares, 2014, págs. 27-28).

El método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) considera que el deterioro del pavimento depende del tipo, severidad y extensión del daño, por lo que proporciona un indicador numérico que otorga una clasificación a las condiciones superficiales del pavimento, presentando como restricciones la medición de la capacidad estructural del pavimento y determinación de su rugosidad (Robles Bustios, 2015, pág. 36).

Es el método más completo para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos, siendo ampliamente aceptado y adoptado formalmente como un procedimiento estandarizado por agencias como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, la APWA (American Public Work Association) y Ha sido publicado Por la ASTM como un método de análisis y aplicación, conocido como el procedimiento estándar para la inspección del índice de condiciones de pavimento en carreteras y estacionamientos ASTM D6433-03.

Este método no pretende resolver problemas de seguridad si uno está asociado con su práctica. El método fue desarrollado para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y el estado operativo de la superficie, valor que cuantifica el estado del pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

El cálculo se basa en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el que se establecen la clase, la gravedad y la cantidad de cada falla presente.

4.1.2 Definición

El método del PCI fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el fin de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método establece el modo más completo, de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos. Ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (ASTM D6433-03).

El método del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. Existiendo rangos del PCI los cuales tienen su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento

El método PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Tabla 6: Clasificación del pavimento según PCI

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

Fuente: ASTM 2003

El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general (ASTM, 2007).

La evaluación del pavimento se realiza por medio de inspecciones visuales a lo largo del tramo en estudio, y se toma en cuenta la clase, severidad y cantidad de fallas presentes en la superficie. Así mismo, el método muestra “valores deducidos” con el fin de identificar el grado incidencia que cada combinación de clase, severidad y cantidad tiene sobre el pavimento.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

4.1.3 Terminología

A continuación, se definen los principales conceptos utilizados en el uso del método del PCI, que son importantes para la comprensión y correcta aplicación del mismo.

Red de pavimento: Conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida.

Tramo de pavimento: Tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, una calle, pista o plataforma.

Sección de pavimento: Área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, uso y condición uniforme. Debe tener mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

Unidad de muestra del pavimento: Es una subdivisión de una sección del pavimento, el tamaño varía de 230m² +/- 93m² para pavimentos flexibles.

Muestra al azar: Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

Muestra adicional: Aquella unidad de muestra inspeccionada adicionalmente, cuyo fin es incluir aquellas unidades de muestras no representativas. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas entonces no existen unidades de muestras adicionales.

Fallas de la estructura: Son generadas por sobrepeso vehiculares, factores naturales ambientales y condiciones inadecuadas de diseño en la estructura, materiales de calidad deficiente

4.1.4 Aplicación del Método

Con la aplicación del Método PCI tenemos como finalidad determinar lo siguiente:

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del

pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).

Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

4.1.5 Índice de Condición del Pavimento

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.

Esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre “0” para un estado fallado y un valor de “100” para un estado excelente. Se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

En base al valor de PCI obtenido de la evaluación de campo se podría determinar cuál es el nivel de intervención como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7: Intervención del PCI

Rango	Clasificación	Intervención
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 - 70	Regular	Rehabilitación
0 - 30	Malo	Construcción

Fuente: Elaboración Propia

Introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento a cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El método PCI es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta

4.1.6 Objetivos

- a) Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad.
- b) Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

- c) Permitir cuantificar de forma indirecta a partir del índice de condición de pavimento (ASTM D4633 – 33).

4.1.7 Muestreo y Unidades de Muestra

Se identifica los tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red vial a la que se evaluará. Luego, se divide cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo. Después dividimos las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.

Una vez divididas las secciones se identifican las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.

Seguidamente se procede a seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Es necesario que las unidades de muestra adicionales deban ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

- Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
- Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición de este.
- Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.
- Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.
- Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.
- Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la

sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

- El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la siguiente ecuación y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

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

Donde:

e = Error admisible en el cálculo del PCI de la sección (e=+/- 5 puntos del PCI)

σ = Desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección.

N = Número total de unidades de muestra en la sección.

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 10. Esta suposición debe ser comprobada de la forma como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de “n”.

Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ($n < 5$), se recomienda evaluar todas las unidades.

- Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de

desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación estándar de la siguiente manera:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

PCLi = PCI de la unidad de muestra i.

PCIf = PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.

n = Número total de unidades de muestra analizadas.

s = Desviación estándar.

- Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas utilizando el valor actual de la desviación estándar. Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “n”, usando la desviación estándar total de muestras reales.
- Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar.

El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula redondeando el resultado al próximo número entero menor:

$$i = \frac{N}{n}$$

Dónde:

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

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “i”. Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “i” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.

La vía se divide en “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura; por ejemplo, para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7,30m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230,0 \pm 93,0 \text{ m}^2$, y para carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con inferior a 7,60m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas (Vásquez Valera, 2006, pág. 3).

Tabla 8: Longitud de unidades de muestreo asfáltico

Ancho de calzada	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46,0
5.5	41,8
6.0	38,3
6.5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Fuente: Vásquez Valera (2006)

4.1.8 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.

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

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

4.1.9 Procedimiento de Evaluación

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende una etapa de trabajo de campo y otra etapa de cálculos aplicando la metodología respectiva; y es el siguiente: Primero se inspecciona individualmente cada unidad de muestra seleccionada, luego, se registra el tramo y número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra. Es necesario que se tome el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual o con cinta métrica. Cuando se realice la inspección de las fallas, se debe cuantificar cada nivel de severidad y registrar la información obtenida.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es la extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

Para la evaluación de campo, una vez definidas las unidades de muestreo UMi, a partir del seccionamiento de la vía, en el que también se considerará el ancho total de cada calzada, se inspeccionará cada unidad de muestra para medir el tipo, severidad y cantidad de los daños

de acuerdo con el patrón de evaluación, y se registrará toda la información en el formato correspondiente (hoja de información de exploración de la condición) para cada unidad de muestra. En el formato ya mencionado se hará registro por cada renglón un daño, su extensión y su nivel de severidad, para ello se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de las medidas de los daños descritos en el ítem de catálogo de fallas en pavimentos flexibles.

Cabe mencionar que un inconveniente del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitarlo, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños del manual para obtener un valor del PCI confiable. Además, la evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos (Vásquez Valera, 2006, pág. 6).

4.1.10 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá

establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

4.2 Cálculo del PCI

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo está basado en los “valores deducidos” de cada daño, de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI puede realizarse de manera manual o computarizada bajo una base de datos bien estructurada.

Para objeto de este estudio se está empleando la metodología de cálculo recomendada por U.S. Army Corps of Engineers, aplicada a pavimentos con carpeta de rodadura asfáltica.

Suma un total de cantidades de cada clase de daño para cada escala de severidad y se registra lo recopilado en el total de la columna de fallas, ejemplo: deterior piel de cocodrilo tiene 1.2 m² de pavimento, severidad media dependiendo de la clase de falla.

Culminada la inspección de campo y con la información recolectada sobre las fallas existentes, se procede a calcular el PCI, el cual se basa en el término de “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

El proceso de cálculo se divide en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

Etapla 1. Cálculo de los valores deducidos (DV)

- a) Sumar la cantidad total de cada tipo de daño para cada nivel de severidad. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b) Dividir la cantidad total de cada tipo de daño según el nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual para cada tipo y severidad de daño.
- c) Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para asfalto, las cuales se muestran en los resultados.

Etapla 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

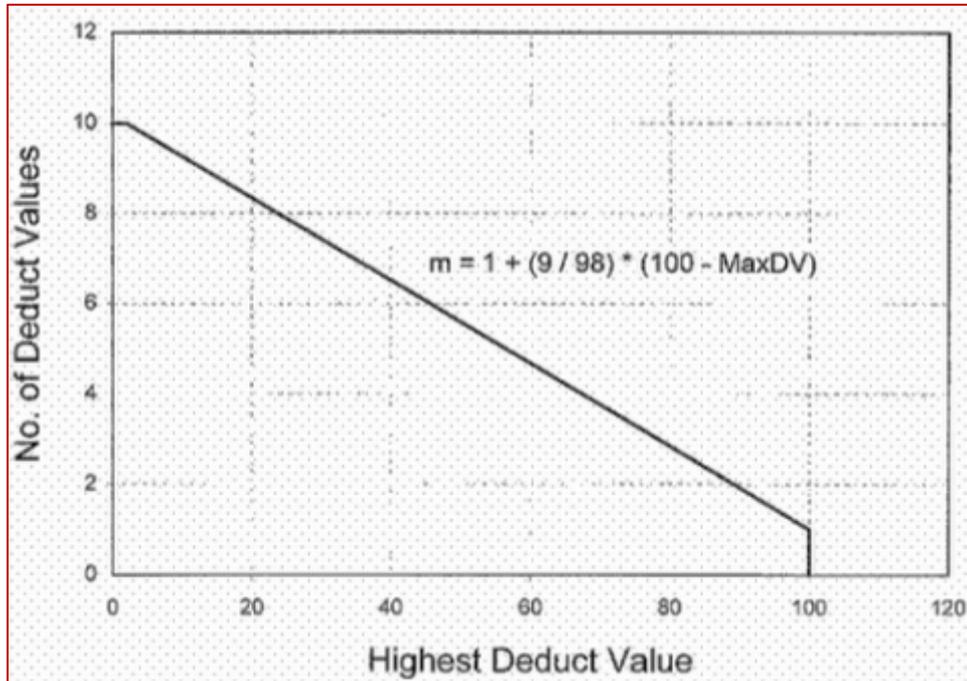
- a. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2%, el valor deducido total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos e y f.
- b. Crear una lista de los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c. Se determina el número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la gráfica de ajuste del número de valores reducidos o la siguiente fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$$

Dónde:

HDVi = mayor valor deducido individual para la unidad de muestra. m = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.

Figura 1: Ajuste de número de valores reducidos



Fuente: Vásquez 2002

El número de valores individuales deducidos se reduce al valor m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Etapa 3 Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

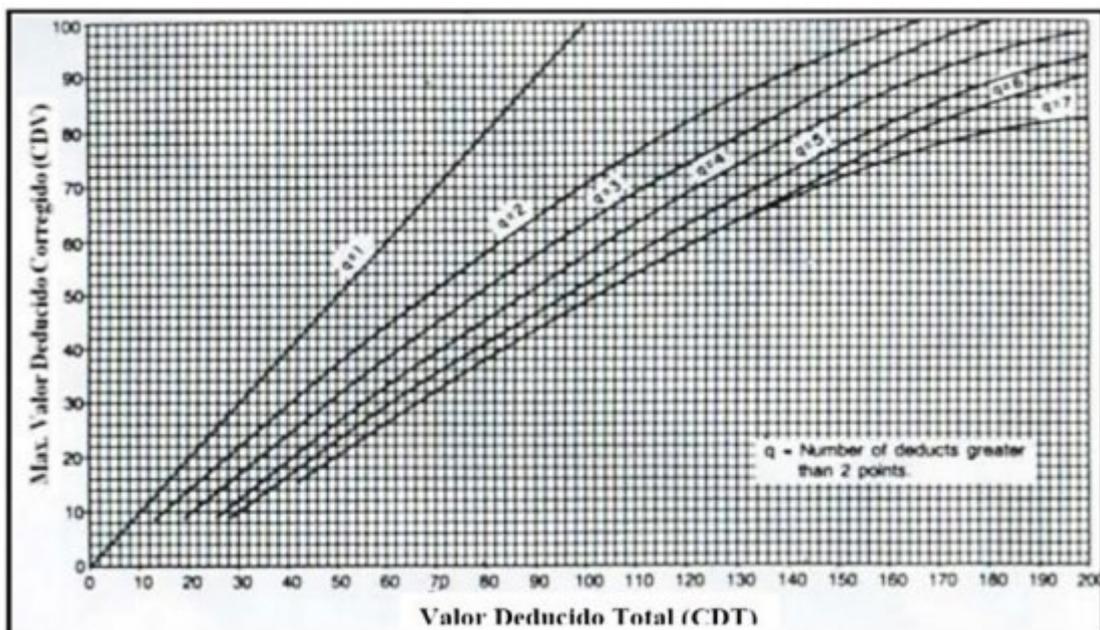
- Luego de determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), se debe seguir un proceso de iteración para hallar el máximo valor deducido corregido. Primero se determina el valor deducido total, sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determinar el CDV con q (En la primera iteración $q=m$) y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

Este paso se realiza mediante un proceso iterativo que se describe a continuación: Se determina el número de valores deducidos (q) mayores

que 2. Se procede a determinar del “valor deducido total” sumando todos los valores individuales.

Se calcula el CDV con el “q” y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento. La misma que se encuentra en: Valores Deducidos. Se reduce a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas iniciales de esta etapa hasta que sea igual a 1. El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en este proceso.

Figura 2: Curva de corrección de valor reducido (CDV) para pavimentos flexibles



Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

- En la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a “m -1”. Se repite el mismo procedimiento hasta logra que q= 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que nos permitirá hallar el PCI haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido.

PCI = Índice de condición de pavimento

Tabla 9: Calculo del CDV

#	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV
1	35.0	27.0	20.0	19.5	17.0	13.0	4.28	135.8	7	66
2	35.0	27.0	20.0	19.5	17.0	13.0		133.5	6	65
3	35.0	27.0	20.0	19.5	17.0	2.0	2.0	122.5	5	64
4	35.0	27.0	20.0	19.5	2.0	2.0	2.0	107.5	4	64
5	35.0	27.0	20.0	2.0	2.0	2.0	2.0	90.0	3	57
6	35.0	27.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	72.0	2	52
7	35.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	47.0	1	46
MAX CDV										66

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \times (100 - 35) = 6.97 < 7$$

$$6.97 - 6 = 0.97 \Rightarrow 0.97 \times 4.5 = 4.28$$

Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa 3. El PCI para nuestro ejemplo es:

$$PCI = 100 - CDV = 100 - 66 = 34$$

Según la gradación del PCI la unidad de muestra está considerado como malo.

4.3 Determinación del PCI de la Sección

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la

sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas.

$$PCI_S = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}}$$

Dónde:

PCI_r = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.

PCI_{ri} = PCI de la unidad de muestra aleatoria "i".

A_{ri} = área de la unidad de muestra aleatoria "i".

n = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

Si hay unidades de muestra adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas es calculado empleando la siguiente ecuación:

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la siguiente ecuación:

$$PCI_S = \frac{PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Dónde:

PCI_a = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

PCI_{ai} = PCI de la unidad de muestra adicional "i".

A_{ai} = área de la unidad de muestra adicional "i".

A = área de la sección.

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

PCIs = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA Y FORMULACIÓN

5.1. Metodología del Estudio

La modalidad de la investigación será: Descriptiva, Explicativa.

5.1.1. Tipo de Estudio

La presente investigación tiene la finalidad de solucionar los problemas permanentes que existen en las vías que son objeto de estudio, debido a falta de información de las características funcionales y estructurales en donde se van a realizar los análisis, por lo cual se realizara una investigación de tipo: Campo y bibliográfica.

Esta investigación se va a desarrollar dentro de un campo de conocimientos científicos, realizando una visualización de las fallas que existen en la vía del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 y aplicando la mejor solución para estas, por lo cual también se aplicara el tipo de investigación Inductivo-deductivo por el procedimiento a seguir en el levantamiento y el procesamiento de la información.

5.1.2. Criterios de Inspección

A continuación, se detallan algunos criterios importantes a tomar en cuenta durante la inspección visual que permitirán minimizar errores y aclarar interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas.

- a) Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.
- b) Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.

- c) El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.
- d) Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no pueden ser fácilmente separados, dicha porción debe ser registrada con el mayor nivel de severidad presente.
- e) Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.
- f) Se dice que una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

5.1.3. Métodos

En la presente investigación se utilizó un método NO DESTRUCTIVO para la calificación funcional de los pavimentos, el método PAVER, utiliza el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index = PCI). El PCI es el método para calificar la condición actual del pavimento.

5.2. Formulación y Muestra

5.2.1. Problemas Generales

- ¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto?
- ¿Cómo determinar el estado de conservación del pavimento flexible realizando la evaluación superficial de pavimentos aplicando el (PCI) del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto?

5.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo se determinan las fallas de los pavimentos para realizar la evaluación superficial del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto?
- ¿Cómo se calcula el índice de condición del pavimento flexible para la evaluación superficial Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto?
- ¿En qué estado se encuentra el pavimento flexible Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto?

5.3. Justificación del Estudio

El presente proyecto investigación se justifica por la necesidad de poder conocer el estado actual en la que se encuentra operando el Pavimento Flexible del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto.

Conscientes de que esta avenida sirve como atajo directo y beneficia mucho a la población, actualmente gran parte presenta un deterioro que se determinara mediante la evaluación. Por esta razón el estudio de las causas que originan las fallas en el pavimento flexible es de mucha importancia porque así se podrá atacar el problema y encontrar posibles soluciones a la misma y poder así establecer un aporte en el mejoramiento y la prevención del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto.

Empleando el método de índice de condición del pavimento conocido como PCI es posible poder proponer un proyecto en la que se realice la conservación del pavimento que resulte económicamente viable a corto y mediano plazo, considerando el costo de los trabajos y la efectividad (tiempo en que se detiene la degradación del pavimento) de los mismos.

El presente proyecto de investigación servirá como base para la toma de decisiones que pudiera tomar la entidad correspondiente a la zona, en este caso a la Municipalidad Provincial de San Martín, la cual será el de reparar, dar un mantenimiento a la avenida o renovar el Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto, de acuerdo con el índice de condición de pavimento, y la condición

operacional de dicho pavimento obtenido como resultado del desarrollo de investigación del presente estudio.

5.4. Hipótesis:

5.4.1. Hipótesis General

Al determinar la evaluación superficial de pavimentos aplicando el método del (PCI) se conoce el estado de conservación del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto.

5.4.2. Hipótesis Especifico

- Al identificar las fallas de evaluación según la metodología PCI como datos, se realiza la evaluación superficial del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto.
- Al aplicar la metodología PCI se calcula el índice de condición del pavimento que tiene el Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto.
- Al determinar la condición actual del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto, se define si la vía se encuentra operando a los niveles de servicio.

5.5. Población

El universo donde se desarrolla el estudio será del Jr. Jiménez Pimentel C1 – C14 – distrito de Tarapoto, se tomará como muestra de estudio la capa asfáltica de aproximadamente 1.40 km.

5.6. Método

5.6.1. Diseño de Investigación

Es aplicada porque tiene como objetivo resolver un determinado problema, el cual es conocer el estado de conservación de la avenida y descriptiva ya que tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados, en este caso el análisis visual en el tramo de la avenida en estudio; dado que gracias

a ello obtendremos la mejor alternativa de mantenimiento a realizarse en las vías.

El tipo de investigación es de enfoque mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo. Es cualitativa, porque para el cálculo del PCI obtendremos resultados descriptivos como excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado; por otro lado, es también cuantitativa porque el resultado que proporcione el PCI tendrá 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100.

5.6.2. Nivel de Investigación

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

5.6.3. Diseño de Investigación

Para el desarrollo de la tesis se tiene un diseño de investigación de tipo no experimental, dado que no se manipuló la variable independiente (Índice de Condición del Pavimento). Por otro lado, según la temporalización la investigación es de tipo transversal ya que las mediciones realizadas en campo se tomarán una sola vez de tal forma que se analizan los datos en un momento dado. Además, es de diseño prospectivo, ya que los datos tomados en campo fueron recientes.

5.7. Variables:

5.7.1. Variable Independiente

Método PCI, siendo esta variable cualitativo ordinal ya que no puede ser medida si no descrita y obedece a un orden jerárquico en este caso tiene 7 niveles q va desde excelente hasta fallado.

5.7.2. Variable Dependiente

Evaluación superficial del estado del pavimento flexible.

CAPÍTULO VI: DIAGNÓSTICOS Y RESULTADOS

6.1. RESULTADOS:

En el presente capítulo se presentará los resultados obtenidos mediante la inspección visual del Jr. Jiménez Pimentel C01 – C14 Distrito de Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín; así mismo, se interpretará los resultados procesados.

RESULTADOS DEL TRAMO 01 (CUADRA 01 JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra de la cuadra 01 del Jr. Jiménez Pimentel, ubicada en el distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó, sección 1 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron en su mayoría con nivel de severidad media fueron: grietas longitudinales, verticales, grietas de reflexión de junta, baches, también se registraron parches de cortes utilitarios en severidades baja.

Ilustración 42: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 1





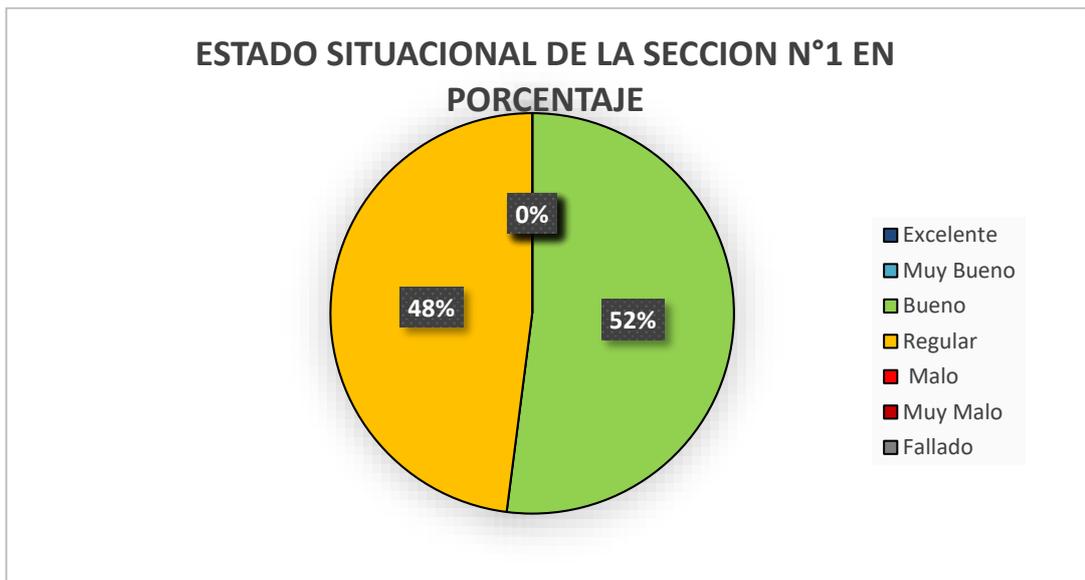


Tabla 10: RESULTADOS DE LA CUADRA 01 JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 01								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 000	0 + 015.50	1	226.80	71	Bueno	69.04	REGULAR
U2	0 + 031.50	0 + 023.00	1	226.80	71	Bueno		
U3	0 + 033.00	0 + 035.90	1	226.80	70	Regular		
U4	0 + 035.90	0 + 045.70	1	226.80	70	Regular		
U5	0 + 045.70	0 + 055.60	1	226.80	56	Regular		
U6	0 + 055.60	0 + 066.10	1	226.80	71	Bueno		
U7	0 + 066.10	0 + 073.45	1	226.80	72	Bueno		
U8	0 + 073.45	0 + 080.75	1	226.80	67	Regular		
U9	0 + 080.75	0 + 085.25	1	226.80	66	Regular		
U10	0 + 085.25	0 + 090.50	1	226.80	71	Bueno		
U11	0 + 090.50	0 + 094.65	1	226.80	72	Bueno		
U12	0 + 094.65	0 + 100.00	1	226.80	71.5	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 1 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°01 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 12, se obtuvo un PCI promedio de 69.04, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, esto pertenece a los primeros 100 metros evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°01:

Fallas que más daño producen a la Sección N°01

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U12	19
	U5	30
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8, U9, U10, U11, U12	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U4	19
	U1	25
Parcheo	U11	19
	U12	35

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°04: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas, y así poder minimizar o retardar la formación de agrietamientos más severos como la piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°05: Desnivel Vía; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento y erosión que sufre la berma por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía y de esa manera brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Falla N°01: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias del drenaje superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°12: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados sumado a esto las precipitaciones y el alto flujo vehicular que se presentan en la zona originando que el parche pierda su adherencia.

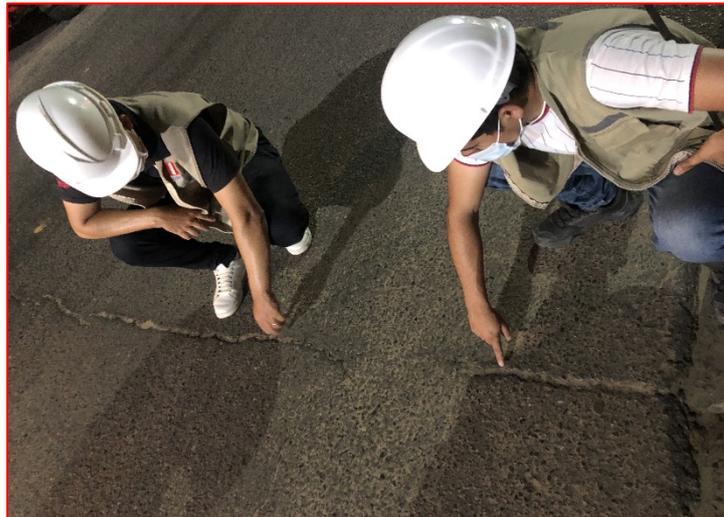
Para este caso se recomienda reemplazar el parcheo antiguo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 02 (CUADRA 02 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra de la cuadra 02 del Jr. Jiménez Pimentel, ubicada en el distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 2, a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios; también se registraron abultamiento y hundimientos y fisura parabólica o por deslizamiento con severidades baja.

Ilustración 43: Testigo de defecto en el pavimento flexible – Cuadra 2



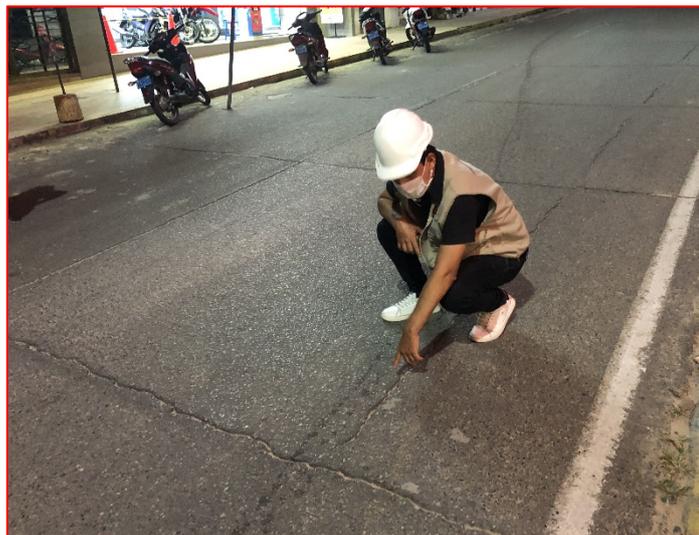
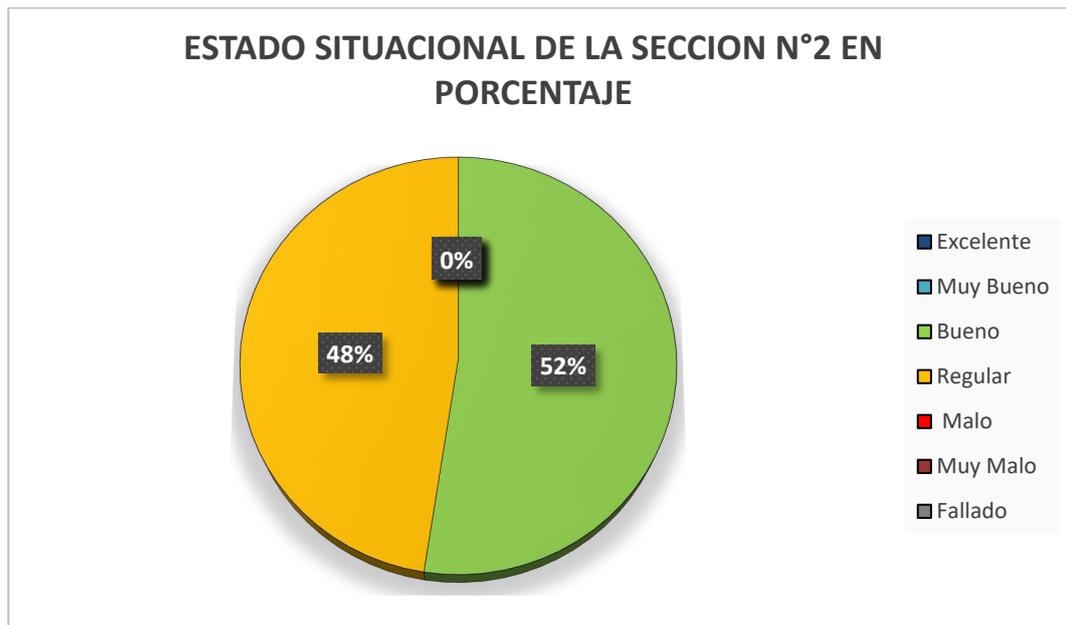


Tabla 12: RESULTADOS DE LA CUADRA 2 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 02								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 200.00	0 + 231.5	2	226.80	67	Regular	67.70	REGULAR
U2	0 + 231.50	0 + 240.60	2	226.80	67	Regular		
U3	0 + 240.60	0 + 245.60	2	226.80	71	Bueno		
U4	0 + 245.60	0 + 250.00	2	226.80	71	Bueno		
U5	0 + 250.00	0 + 260.00	2	226.80	71	Bueno		
U6	0 + 260.00	0 + 270.50	2	226.80	71	Bueno		
U7	0 + 270.50	0 + 280.00	2	226.80	60	Regular		
U8	0 + 280.00	0 + 285.25	2	226.80	64	Regular		
U9	0 + 285.25	0 + 290.00	2	226.80	64	Regular		
U10	0 + 290.00	0 + 300.00	2	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 44: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 2 JR. JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°02 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 10, se obtuvo un PCI promedio de 67.70, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, esto corresponde de 0+200 – 0+300 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°02:

Fallas que más daño producen a la Sección N°02

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U1	35
	U2	32
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8, U9, U10,	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U6	35
	U7	32
Parcheo	U8	52
	U9	61
	U10	55

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°02: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas, y así poder minimizar o retardar la formación de agrietamientos más severos como la piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°03: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento y erosión que sufre la cuneta por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado los bordes laterales aparejados a una estructura ya sea cunetas o alcantarillas se encuentran en mal estado por desprendimiento del asfalto en algunos tramos y brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía y que tengan un confinamiento lateral de esa manera brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Falla N°07: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a la mala conformación del material de relleno y deficiencias de la cuneta superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°10: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados sumado a esto las precipitaciones y el alto flujo vehicular que se presentan en la zona originando que el parche pierda su adherencia.

Para este caso se recomienda reemplazar el parcheo antiguo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 03 (CUADRA 03 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel Cdra. 03, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó como sección 3 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron en su mayoría con nivel de severidad baja fueron: desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, también se registraron desnivel carril berma, peladura por intemperismo y grietas longitudinales.

Ilustración 45: Testigo de efecto en el pavimento flexible – Cuadra 3





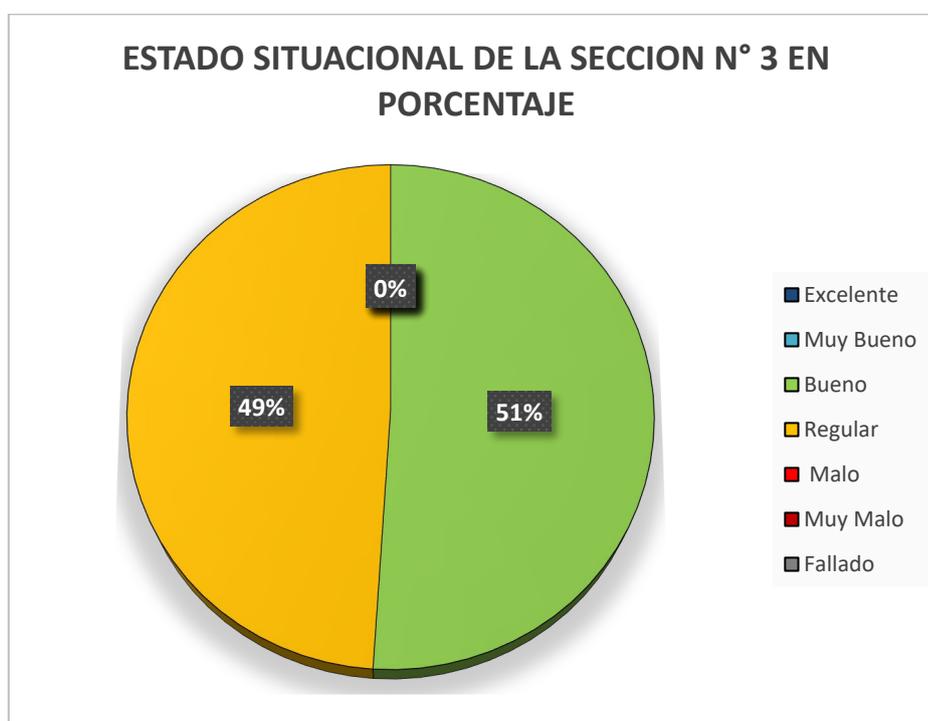
Fuente: Fotografías de campo

Tabla 13: RESULTADOS DE LA CUADRA 3 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 03								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 300	0 + 331.50	3	226.80	75	Bueno	71.26	BUENO
U2	0 + 331.50	0 + 340.00	3	226.80	72	Bueno		
U3	0 + 340.00	0 + 350.00	3	226.80	71.1	Bueno		
U4	0 + 350.00	0 + 360.50	3	226.80	69.75	Regular		
U5	0 + 360.50	0 + 370.45	3	226.80	69	Regular		
U6	0 + 370.45	0 + 385.30	3	226.80	70	Regular		
U7	0 + 385.30	0 + 400.00	3	226.80	72	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 46: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 3 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°03 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 07, se obtuvo un PCI promedio de 71.26, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 0+300 – 0+400 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°03:

Fallas que más daño producen a la Sección N°03

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U6	25
	U7	25
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	35
	U3	19
Parcheo	U6	25
	U7	25

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°06: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas, y así poder minimizar o retardar la formación de agrietamientos más severos como la piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°03: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento y erosión que sufre la cuneta por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado los bordes laterales aparejos a una estructura ya sea cunetas o alcantarillas se encuentran en mal estado por desprendimiento del asfalto en algunos tramos y brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía y que tengan un confinamiento lateral de esa manera brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Falla N°02: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a la mala conformación del material de relleno y deficiencias de la cuneta superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Falla N°06: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados sumado a esto las precipitaciones y el alto flujo vehicular que se presentan en la zona originando que el parche pierda su adherencia.

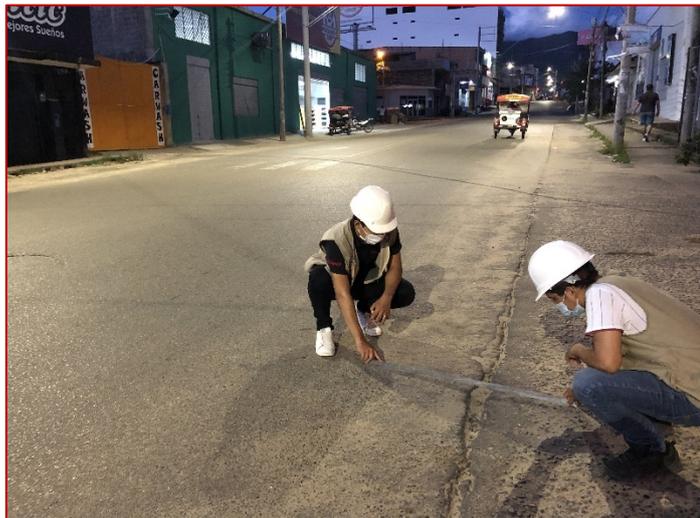
Para este caso se recomienda reemplazar el parcheo antiguo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

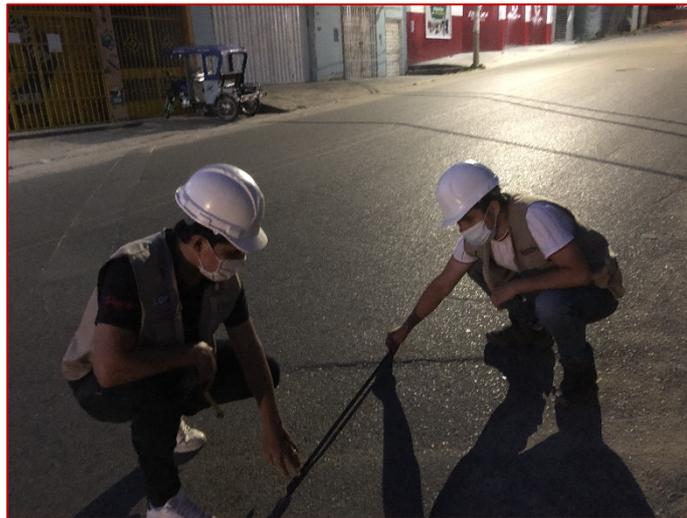
RESULTADOS DEL TRAMO 04 (CUADRA 4 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel Cdra. 04, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó como sección 4 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron en su mayoría con nivel de severidad baja fueron: parches y parches de cortes utilitarios, grietas longitudinales.

Ilustración 47: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 4





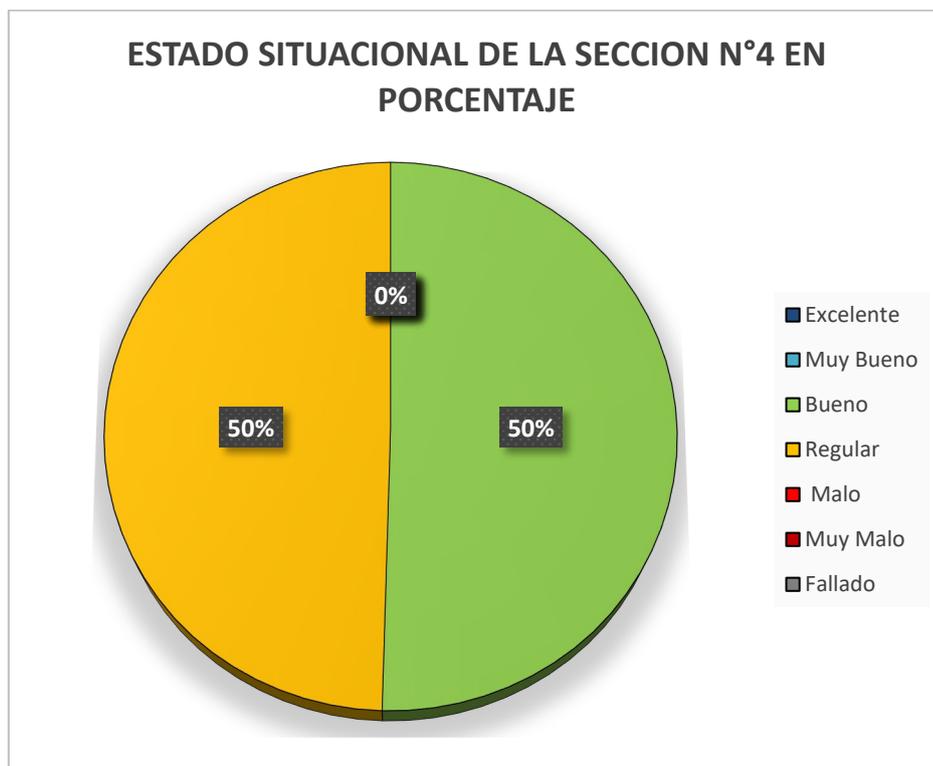
Fuente: Fotografías de campo

Tabla 14: RESULTADOS DE LA CUADRA 04 JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 04								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 400.00	0 + 431.50	4	226.80	69	Regular	69.88	REGULAR
U2	0 + 431.50	0 + 450.00	4	226.80	70	Regular		
U3	0 + 450.00	0 + 460.00	4	226.80	69	Regular		
U4	0 + 460.00	0 + 465.00	4	226.80	71	Bueno		
U5	0 + 465.00	0 + 470.00	4	226.80	70	Regular		
U6	0 + 470.00	0 + 480.00	4	226.80	70	Regular		
U7	0 + 480.00	0 + 490.00	4	226.80	70	Regular		
U8	0 + 490.00	0 + 500.00	4	226.80	70	Regular		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 48: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 04 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°04 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 08, se obtuvo un PCI promedio de 69.88, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, esto corresponde de 0+400 – 0+500 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°04:

Fallas que más daño producen a la Sección N°04

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U1	35
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	19
	U5	39
Parcheo	U6	32
	U3	35

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas, y así poder minimizar o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°04: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido a la conexión de tuberías el cual genera asentamiento por la mala compactación que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°02: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a la mala conformación del

material de relleno y deficiencias de la cuneta superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°06: Parcheo; En esta falla predomina el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

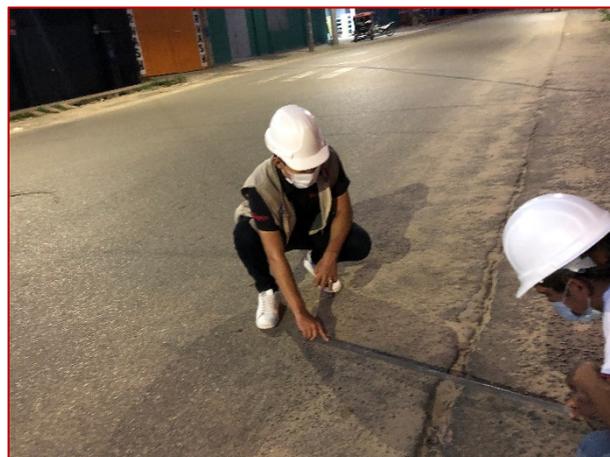
Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

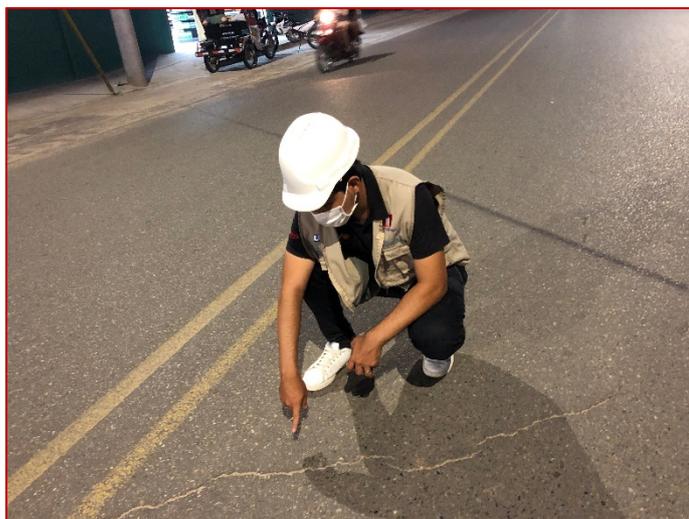
RESULTADOS DEL TRAMO 05 (CUADRA 05 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 5 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados y también parches y parches de cortes utilitarios y grietas longitudinales leves

Ilustración 49: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 5





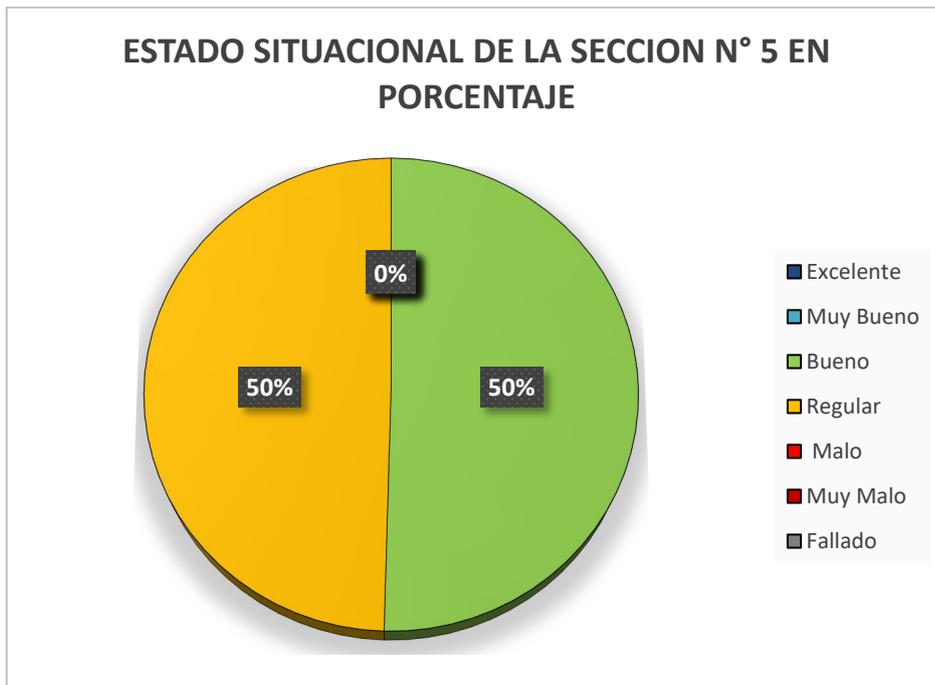
Fuente: Fotografías de campo

Tabla 15: RESULTADOS DE LA CUADRA 05 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 05								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0+ 500.00	0 + 531.50	5	226.80	71	Bueno	70.56	BUENO
U2	0 + 531.50	0 + 545.00	5	226.80	71	Bueno		
U3	0 + 545.00	0 + 550.30	5	226.80	72	Bueno		
U4	0 + 550.30	0 + 560.00	5	226.80	70	Regular		
U5	0 + 560.00	0 + 570.00	5	226.80	70	Regular		
U6	0 + 570.00	0 + 580.00	5	226.80	70	Regular		
U7	0 + 580.00	0 + 588.50	5	226.80	70	Regular		
U8	0 + 588.50	0 + 594.50	5	226.80	70	Regular		
U9	0 + 594.50	0 + 600.00	5	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 50: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 05 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°05 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 09, se obtuvo un PCI promedio de 70.56, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 0+500 – 0+600 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°05:

Fallas que más daño producen a la Sección N°05

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U2	32
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8, U9	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U7	19
	U9	36
Parcheo	U4	38
	U6	43
	U8	32

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°02: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas.

Falla N°04: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°07: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a la mala conformación del

material de relleno y deficiencias de la cuneta superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°08: Parcheo; En esta falla predomina el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

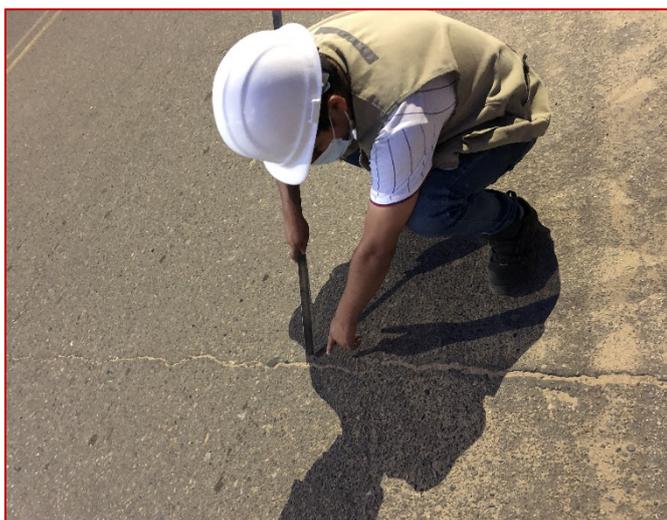
Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 06 (CUADRA 06 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 6 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, y baches; también se hundimientos abultamiento y hundimientos y fisura parabólica o por deslizamiento con severidades baja.

Ilustración 51: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 6



Fuente: Fotografías de campo

La falla que mayor se observo fue el deterioro del pavimento en la parte lateral, ya que es también una falla estructural en la cual influye en su totalidad de la carpeta asfáltica.

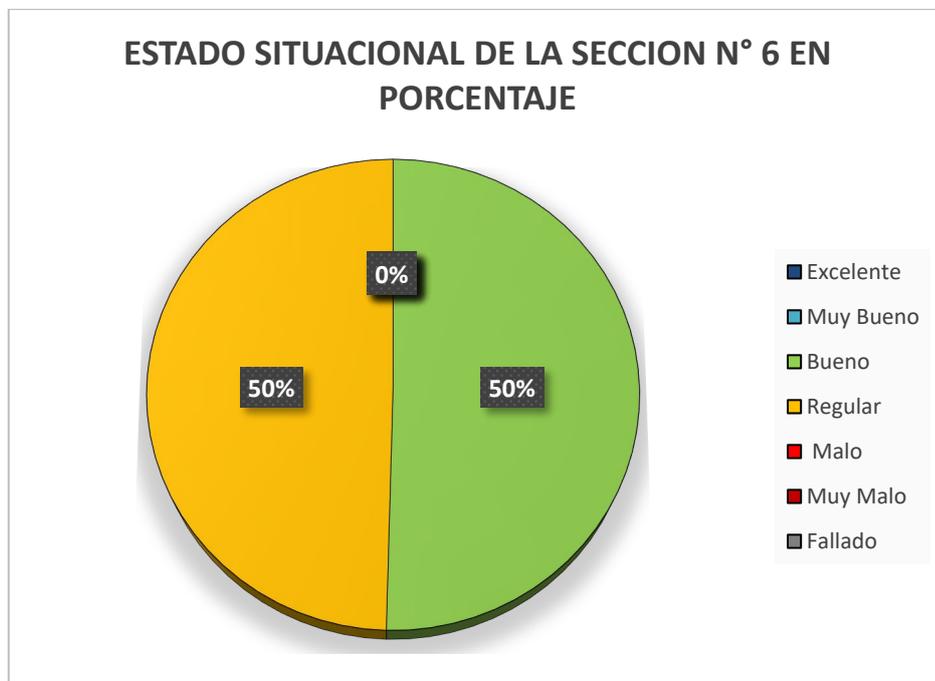
Cabe indicar que se aprecia el deterioro inminente de toda la cuadra el cual requiere de mejor tratamiento y mejora para dar mejor fluidez y seguridad de la zona.

Tabla 16: RESULTADOS DE LA CUADRA 06 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 06								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 600.00	0 + 631.50	6	226.80	70	Regular	70.86	BUENO
U2	0 + 631.50	0 + 640.00	6	226.80	71	Bueno		
U3	0 + 640.00	0 + 650.00	6	226.80	70	Regular		
U4	0 + 650.00	0 + 660.00	6	226.80	71	Bueno		
U5	0 + 660.00	0 + 675.50	6	226.80	71	Bueno		
U6	0 + 675.50	0 + 685.00	6	226.80	71	Bueno		
U7	0 + 685.00	0 + 700.00	6	226.80	72	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 52: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 06 JIMENEZ IMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°06 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 07, se obtuvo un PCI promedio de 70.86, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, esto corresponde de 0+600 – 0+700 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°06:

Fallas que más daño producen a la Sección N°06

DESCRIPCION	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U1	19
	U2	36
Parcheo	U4	38
	U5	43
	U7	32

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°02: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media casi en su totalidad de la cuadra, cuyo origen es debido a la mala conformación del material de relleno y deficiencias de la cuneta superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del

pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°04,05,06: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 07 (CUADRA 07 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel cdra. 07, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 7 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: parches y parches de cortes utilitarios; también se desprendimiento de agregados en severidad baja.

Ilustración 53: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 7



Fuente: Fotografía de campo



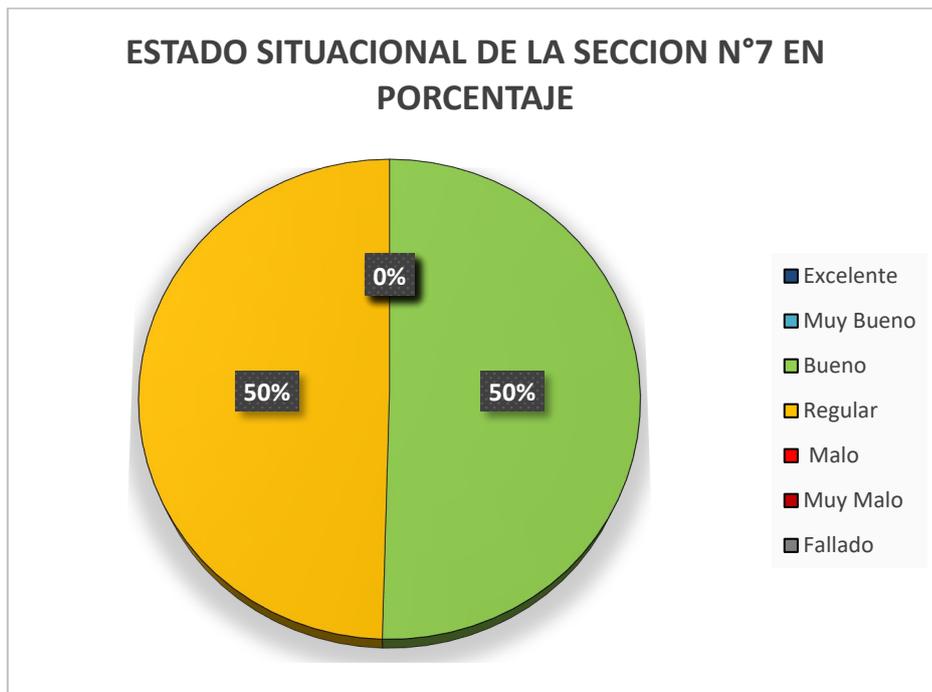
Fuente: Fotografías de campo

Tabla 17: RESULTADOS DE LA CUADRA 07 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 07								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 700.00	0 + 731.50	7	226.80	70	Bueno	70.63	BUENO
U2	0 + 731.50	0 + 730.00	7	226.80	72	Bueno		
U3	0 + 730.00	0 + 740.00	7	226.80	71	Bueno		
U4	0 + 740.00	0 + 750.00	7	226.80	70	Regular		
U5	0 + 750.00	0 + 765.00	7	226.80	70	Regular		
U6	0 + 765.00	0 + 780.50	7	226.80	71	Bueno		
U7	0 + 780.50	0 + 790.00	7	226.80	70	Regular		
U8	0 + 790.00	0 + 800.00	7	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 54: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 07 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°07 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 08, se obtuvo un PCI promedio de 70.63, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 0+700 – 0+800 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°07:

Fallas que más daño producen a la Sección N°07

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U2	48
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7, U8	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U3	30
	U5	40
Parcheo	U4	39
	U7	40

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°02: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas.

Falla N°08: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Se aprecia también el desprendimiento de los agregados de la vía a consecuencia de las precipitaciones pluviales, el cual requiere de un mejoramiento de esta.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°03-05: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media casi en su totalidad de la cuadra, en estos puntos son críticos por la mala conformación del material de relleno.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°04,07: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 08 (CUADRA 08 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel, ubicada dentro del ámbito del distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 8 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron son leves, con nivel de severidad media fueron: parches y parches de cortes utilitarios.

Ilustración 55: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 08



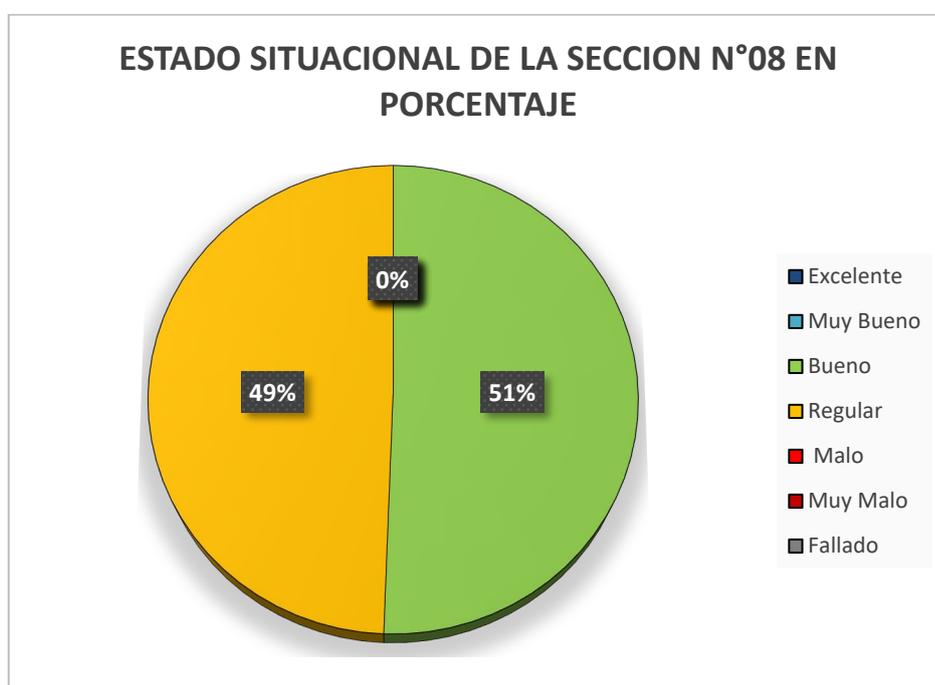
Fuente: Fotografías de Campo

Ilustración 56: RESULTADOS DE LA CUADRA 08 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 08								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 800.00	0 + 831.50	8	226.80	71	Bueno	70.00	REGULAR
U2	0 +831.50	0 + 860.50	8	226.80	70	Regular		
U3	0 + 860.50	0 + 880.00	8	226.80	71	Bueno		
U4	0 + 880.00	0+ 890.00	8	226.80	69	Regular		
U5	0 + 890.00	0 + 900.00	8	226.80	69	Regular		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 57: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 08 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°08 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 05, se obtuvo un PCI promedio de 70.00, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, esto corresponde de 0+800 – 0+900 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°08:

Fallas que más daño producen a la Sección N°08

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U1	30
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	31
Parcheo	U4	36

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas.

Falla N°03: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°03-05: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media casi en su totalidad de la cuadra, en estos puntos son críticos por la mala conformación del material de relleno.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°04: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 09 (CUADRA 09 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel cuadra 9 del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 9 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: fisura por deslizamiento con severidad baja, también podemos observar exudación, parches y parches de cortes utilitarios.

Ilustración 58: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 9



Fuente: Fotografías de campo

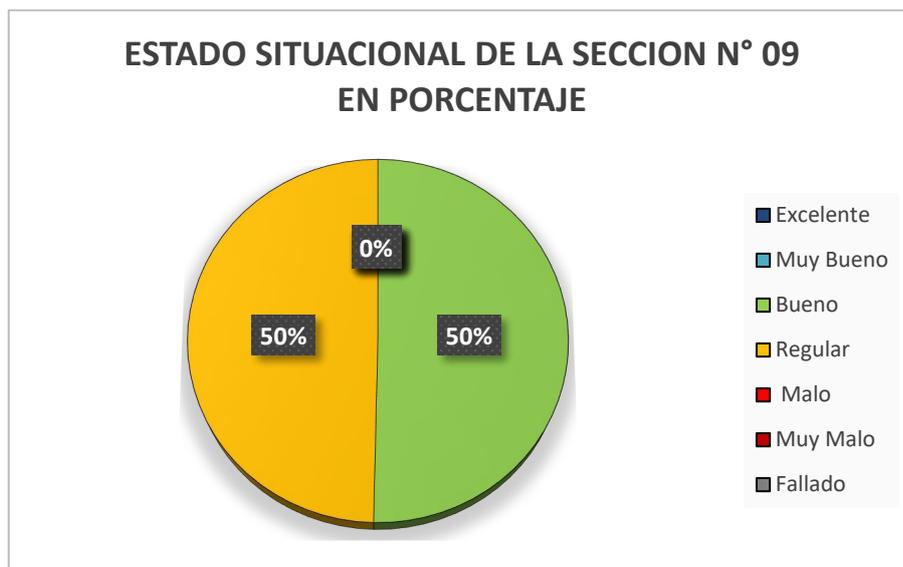


Tabla 18: RESULTADOS DE LA CUADRA 9 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 09								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	0 + 900.00	0 + 931.50	9	226.80	70	Regular	70.67	BUENO
U2	0 + 931.50	0 + 980.00	9	226.80	71	Bueno		
U3	0 + 980.00	1 +000.00	9	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 59: PORCENTAJE DE RESULTADOS DE LA CUADRA 9 JR. JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°09 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 03, se obtuvo un PCI promedio de 70.67, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 0 +900 – 1+000 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°09:

Fallas que más daño producen a la Sección N°09

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Desnivel Vía	U1, U2, U3	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	29
Parcheo	U3	38

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°02: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media casi en su totalidad de la cuadra, en estos puntos son críticos por la mala conformación del material de relleno.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°03: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de

ligante con los agregados, básicamente se da en los bordes de la vía ambos lados el cual no se encuentran uniformizados.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 10 (CUADRA 10 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel cdra. 10, ubicada dentro el ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 10 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: huecos en severidad media; también se encontraron peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados; también se registraron desnivel carril – berma.

Ilustración 60: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 10



La falla que mayor se observo fue el deterioro del pavimento huecos en alta y baja severidad y el desnivel entre el pavimento y la berma lateral.



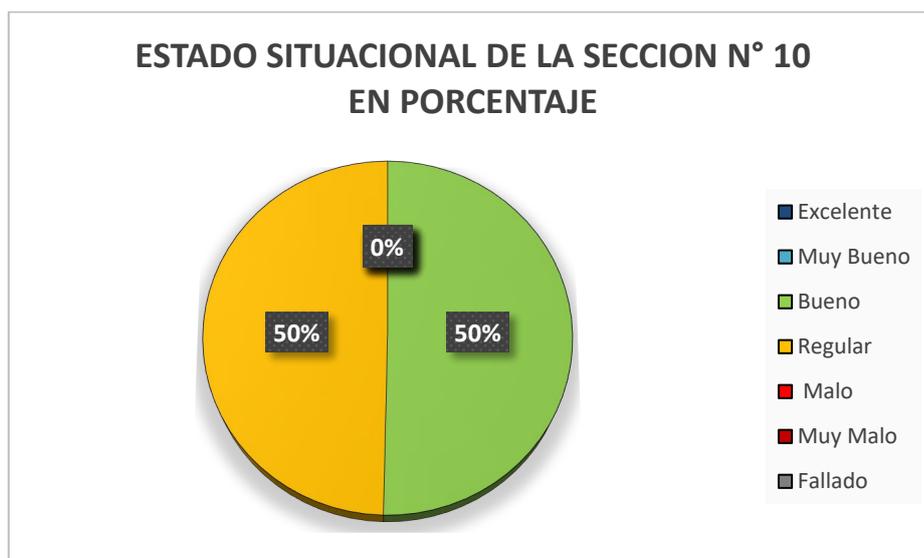
Fuente: Fotografías Propias

Tabla 19: RESULTADOS DE LA CUADRA 10 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 10								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	1 + 000.00	1 + 031.50	10	226.80	71	Bueno	70.80	BUENO
U2	1 + 031.50	1 + 045.00	10	226.80	70	Regular		
U3	1 + 045.00	1 + 060.00	10	226.80	71	Bueno		
U4	1 + 060.00	1 + 080.00	10	226.80	71	Bueno		
U5	1 + 080.00	1 + 100.00	10	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 61: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 10 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°10 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 05, se obtuvo un PCI promedio de 70.80, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 1+000 – 1+100 km evaluados

Las fallas más frecuentes en la sección N°10:

Fallas que más daño producen a la Sección N°10

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Desnivel de Vía	U1, U2, U3, U4, U5	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	52
Parcheo	U3	32
	U4	42

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Desnivel Carril/Berma; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento y erosión que sufre la vía lateral por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Para este caso se recomienda un mejor trabajo de bacheo de los laterales de vía con mezcla asfáltica, la finalidad es que el carril tenga un mejor confinamiento lateral, para que no se originen grietas al borde y de esa manera brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Según lo observado se encuentra en un estado crítico ya que en algunos tramos ya no es visible por lo cual también se recomienda una reconformación de la carpeta asfáltica.

Falla N°02: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias del drenaje superficial y otro factor es el tiempo de vida útil de la carretera.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del

pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

Para el sellado de fisuras y grietas, dependerá según su ancho para lo cual se detalla lo siguiente:

Falla N°03-04: Parcheo; En esta falla predomina el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados sumado a esto las precipitaciones y el alto flujo vehicular que se presentan en la zona originando que el parche pierda su adherencia.

Para este caso se recomienda reemplazar el parcheo antiguo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 11 (CUADRA 11 JR. JIMÉNEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del Jr. Jiménez Pimentel cdra. 10, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó como sección 11 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron con nivel de severidad media fueron: se encontraron peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados en severidad media; también se encontraron parches y parches de cortes utilitarios.

Ilustración 62: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 11



Fuente: Fotografías de campo

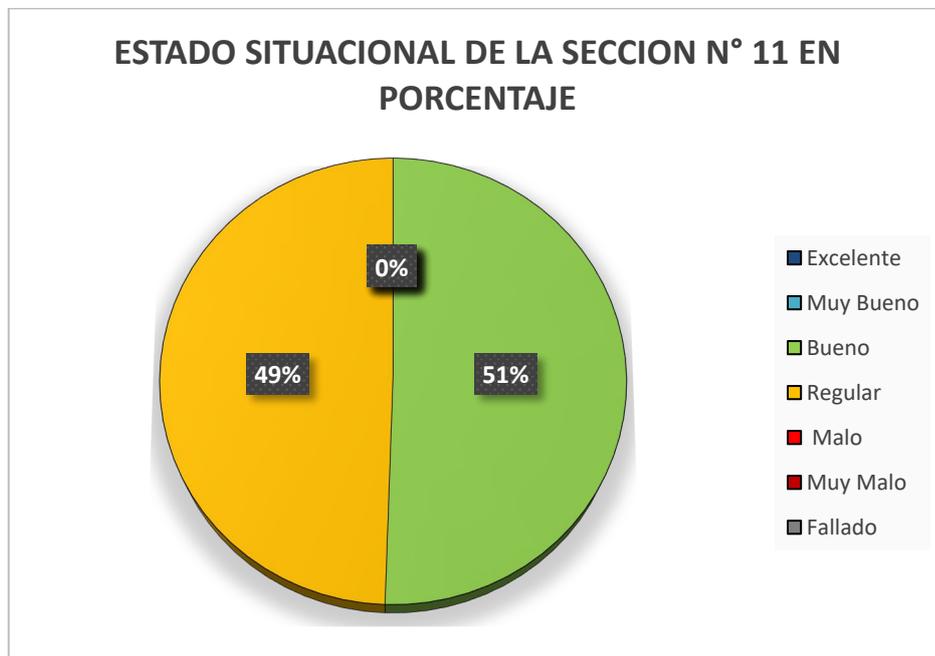
La falla que mayor se observo fue el deterioro del pavimento en parches y parches de cortes utilitarios en alta y baja severidad, ya que es también una falla estructural en la cual influye en su totalidad de la carpeta asfáltica.

Tabla 20: RESULTADOS DE LA CUADRA 11 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 11								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	1 + 100.00	1 + 131.50	11	226.80	71	Bueno	70.40	BUENO
U2	1 + 131.50	1 + 150.00	11	226.80	71	Bueno		
U3	1 + 150.00	1 + 165.00	11	226.80	71	Bueno		
U4	1 + 165.00	1 + 180.00	11	226.80	69	Regular		
U5	1 + 180.00	1 + 200.00	11	226.80	70	Regular		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 63: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 11 JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°11 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 05, se obtuvo un PCI promedio de 70.40, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 1+100 – 1+200 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°11:

Fallas que más daño producen a la Sección N°11

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Grieta piel de cocodrilo	U1	30
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5	11.2
Grietas Longitudinal/ Transversal	U2	31
Parcheo	U4	36

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Grieta piel de cocodrilo; En esta falla se encontró con un nivel de severidad media, cuyo origen es por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica debido al gran flujo vehicular al que está sometido y otro factor es debido al tiempo de vida útil de la vía.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es impedir que ingrese el agua y materiales de menores espesores como piedras o materiales duros dentro de ellas.

Falla N°03: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Según lo observado todas las conexiones que se encuentran en la cuadra son básicamente conexiones a la red principal el cual genera desniveles en la carpeta asfáltica, requiere brindar mejores condiciones de seguridad a los conductores.

Para este caso se recomienda un bacheo con la finalidad de uniformizar el nivel de la vía.

Falla N°03-05: Grieta Longitudinal/Transversal; En esta falla predominó el nivel de severidad media casi en su totalidad de la cuadra, en estos puntos son críticos por la mala conformación del material de relleno.

Para este caso se recomienda un sellado de fisuras y grietas, la finalidad es prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos.

Falla N°04: Parcheo; En esta falla predominó el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las deficiencias en la mezcla mal dosificadas o con compactación insuficiente haciendo que no haya una adherencia de ligante con los agregados.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 12 (CUADRA 12 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

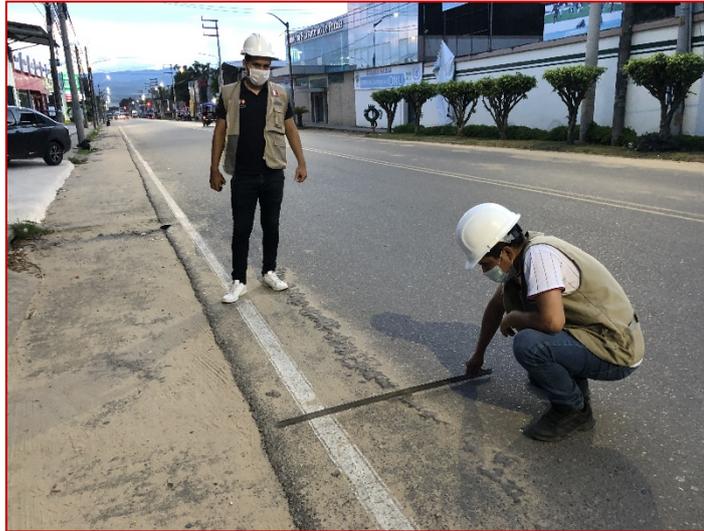
La unidad de muestra del Jr. Jiménez Pimental cdra. 12, ubicada dentro del ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 12 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron en su mayoría con nivel de severidad media fueron: parches y parches de cortes utilitarios, también se registraron desnivel carril berma.

Ilustración 64: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 12



Fuente: Fotografías de Campo



Fuente: Fotografías de Campo

Tabla 21: RESULTADOS DE LA CUADRA 12 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 12								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	1 + 200.00	1 + 231.50	12	226.80	70	Regular	70.40	BUENO
U2	1 + 231.50	1 + 245.00	12	226.80	70	Regular		
U3	1 + 245.00	1 + 260.00	12	226.80	71	Bueno		
U4	1 + 260.00	1 + 280.00	12	226.80	71	Bueno		
U5	1 + 280.00	1 + 300.00	12	226.80	70	Regular		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 65: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 12 JR. JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°12 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 05, se obtuvo un PCI promedio de 70.40, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 1+200 – 1+300 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°12:

Fallas que más daño producen a la Sección N°12

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4, U5	11.2
Parcheo	U5	27

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Desnivel Carril; En esta falla predomino el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido al asentamiento de la vía por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Generalmente se aprecia un ligero desprendimiento del material de la plataforma el cual requiere de un tratamiento mejorado de colocar un ligante y así uniformar el nivel de la vía

Falla N°05: Parcheo; En esta falla predomino el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las instalaciones de las conexiones domiciliarias hacia la red principal y el cual requiere de un parcheo en las zonas críticas, por lo general toda la vía se encuentra en buen estado.

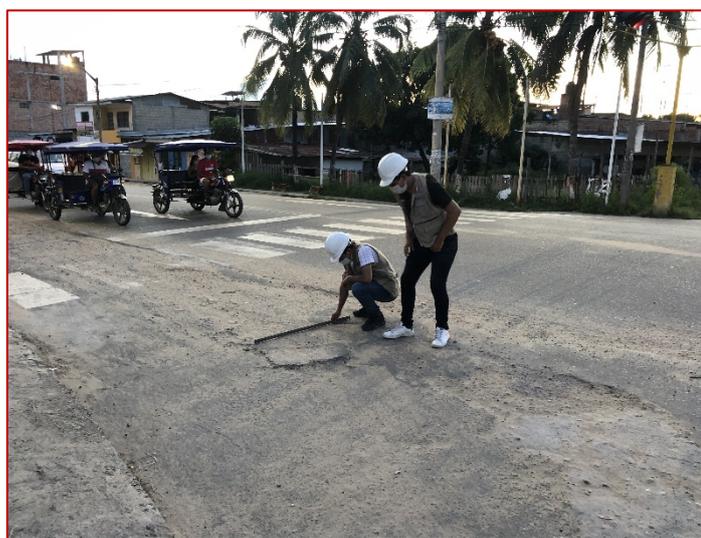
Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

RESULTADOS DEL TRAMO 13 (CUADRA 13 JR. JIMENEZ PIMENTEL)

La unidad de muestra del tramo del Jr. Jiménez Pimentel cdra. 13, ubicada dentro el ámbito del Distrito de Tarapoto, por lo tanto, se le denominó sección 13 a dicha región de pavimento.

Las fallas que se encontraron en su mayoría con nivel de severidad media fueron: parches y parches de cortes utilitarios, también se registraron desnivel carril berma.

Ilustración 66: Testigo de defectos en el pavimento flexible – Cuadra 13





Fuente: Fotografías de campo

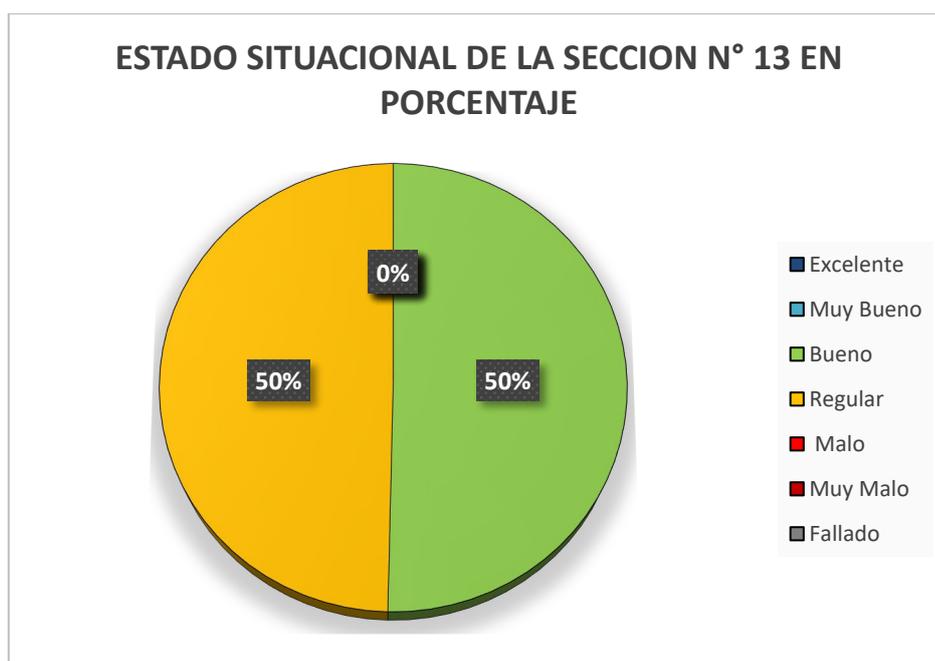
La Falla que mayor se observo fue de parches y desnivel de berma pronunciada de media severidad, también desniveles en severidad baja, ya que es también una falla estructural en la cual influye en su totalidad de la carpeta asfáltica.

Tabla 22: RESULTADOS DE LA CUADRA 13 JR. JIMENEZ PIMENTEL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DATOS DE PCI EN LA SECCIÓN 13								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
U1	1 + 300.00	1 + 315.50	13	226.80	70	Regular	70.50	BUENO
U2	1 + 315.50	1 + 330.00	13	226.80	71	Bueno		
U3	1 + 330.00	1 + 370.00	13	226.80	70	Regular		
U4	1 + 370.00	1 + 400.00	13	226.80	71	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 67: PORCENTAJE DE RESULTADOS CUADRA 13 JR. JIMENEZ PIMENTEL



Fuente: Elaboración Propia

La sección N°13 está comprendida desde la Unidad de Muestra 1 hasta la 04, se obtuvo un PCI promedio de 70.50, según el rango de clasificación el pavimento flexible se encuentra en un estado bueno, esto corresponde de 1+300 – 1+400 km evaluados.

Las fallas más frecuentes en la sección N°13:

Fallas que más daño producen a la Sección N°13

FALLA	UNIDAD DE MUESTRA	VALOR DEDUCIDO
Desnivel Vía	U1, U2, U3, U4	11.2
Parcheo	U4	27

Fuente: Elaboración Propia

Falla N°01: Desnivel Carril; En esta falla predominó el nivel de severidad baja, cuyo origen es debido a los desniveles de la vía ocasionadas por las altas precipitaciones que se presentan en la zona.

Generalmente se aprecia un ligero desprendimiento del material de la plataforma el cual requiere de un tratamiento mejorado de colocar un ligante y así uniformar el nivel de la vía.

Falla N°04: Parcheo; En esta falla predomino el nivel de severidad media, cuyo origen es debido a las instalaciones de las conexiones domiciliarias hacia la red principal y la reposición de la misma es con concreto, por lo que requiere uniformizar y dar mejor tratamiento al parcheo, por lo general toda la vía se encuentra en buen estado.

Para este caso se recomienda realizar el parcheo, para así recuperar las condiciones iniciales del pavimento obteniendo una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez.

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN

7.1. DISCUSIÓN

La aplicación del método PCI nos ayudó a identificar los tipos de fallas con mayor densidad en la vía en estudio, las cuales fueron: grietas longitudinales y transversales, parches, grieta de borde, desnivel carril/berma, lo que nos indica que el pavimento de la cuadra 1,2 y 4 se encuentra en un estado donde las fallas no afectan la calidad de servicio o son apenas percibidas por el usuario.

Se puede apreciar que de acuerdo a los resultados analizados y obtenidos entre ambas metodologías, la más completa es el método del PCI, debido a sus rangos de clasificación los cuales van desde 0 para una superficie de pavimento fallada o deficiente, hasta 100 que es un pavimento en excelentes condiciones, también esta metodología del PCI evalúa todos los daños que pueda padecer el pavimento, los cálculos para determinar la clasificación de daños son más exactos debido a la interpolación entre la densidad y el valor deducido detallados lo que hace que esta metodología sea mejor al momento del análisis y evaluación.

Una vez registrados todas las fallas e información de la vía, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se logró determinar el valor del PCI promedio. Para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento del Jr. Jiménez Pimentel, se ha elaborado una tabla donde se muestra a manera de resumen las secciones, las unidades de muestra, el área de cada una de ellas, el valor de PCI de cada unidad de muestra, el valor del PCI de las secciones identificadas y por último la clasificación correspondiente a los valores de PCI.

La evaluación realizada ayuda a determinar las posibles causas de este deterioro presente en la capa asfáltica superficial y su alta severidad. Al ser una vía longeva, es posible que el ligante se haya envejecido a tal punto que pierde la flexibilidad para sostener cargas. En toda la vía tiene un

sistema de drenaje deficiente y con obstrucciones que evidencia la falta de mantenimiento de los mismos, lo que hace que el agua se filtre y afecte el deterioro en las huellas exteriores de los vehículos. Además de ello se parecía que las conexiones domiciliarias en algunas viviendas de la vía en estudio se ejecutaran después de su ejecución lo que se evidencia insitu es la mala preparación de la reposición con una dosificación menor a lo existente perjudicando y haciendo notar los desniveles que conllevan a la inseguridad vial.

En general, para llegar a tener un resultado general de la vía se registraron todos los datos de campo, para luego realizar el trabajo de gabinete, obteniendo así los índices de condición de pavimento de cada sección, a partir de lo cual se puede tener un promedio general del PCI de las 13 secciones consideradas, el cual se detallará en la siguiente tabla.

Tabla 23: PROMEDIO GENERAL DE LA VÍA POR METODO DE PCI

PROMEDIO GENERAL DEL JR. JIMENEZ PIMENTEL					
SECCION	INICIO	FINAL	PCI SECCIÓN	PCI PROMEDIO	SITUACION DE LA VIA
U1	0 + 000	0 + 100.00	69.04	70.21	BUENO
U2	0 + 200.00	0 + 300.00	67.70		
U3	0 + 300.00	0 + 400.00	71.26		
U4	0 + 400.00	0 + 500.00	69.88		
U5	0 + 500.00	0 + 600.00	70.56		
U6	0 + 600.00	0 + 700.00	70.86		
U7	0 + 700.00	0 + 800.00	70.63		
U8	0 + 800.00	0 + 900.00	70.00		
U9	0 + 900.00	1 + 000.00	70.67		
U10	1 + 000.00	1 + 100.00	70.80		
U11	1 + 100.00	1 + 200.00	70.40		
U12	1 + 200.00	1 + 300.00	70.40		
U13	1 + 300.00	1 + 400.00	70.50		

Fuente: Elaboración Propia

En la presente tabla se muestra el PCI de las secciones evaluadas, con esto datos se obtuvo un promedio general 70.21 del Jr. Jiménez Pimentel desde la cuadra 1 hasta la cuadra 14, donde según el rango de clasificación del PCI le ubica en un estado Bueno.

En los 1400 metros analizados se logró identificar diferentes tipos de fallas que a lo largo del tiempo ha causado daños leves al pavimento, a continuación, se nombra las fallas encontradas en la vía.

Abultamiento y Hundimiento, Grieta de Borde, Desnivel de Vía, Grieta Longitudinal/Transversal, Parcheo, Huecos y Desprendimientos de agregados, de las cuales las fallas que causaron más daño al pavimento son hundimientos y las conexiones domiciliarias ejecutas después de su ejecución, para lo cual se recomienda un parcheo de la calzada.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del Método Pavement Condition Index (PCI) se determinó la condición actual del pavimento flexible del Jr. Jiménez Pimentel desde la cuadra 01 hasta la cuadra 14 del Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín – San Martín; de acuerdo a la evaluación y datos obtenidos se obtuvo como resultado la calificación de **BUENO**, la metodología empleada nos conlleva a la evaluación de la condición del pavimento, además inspecciona y evalúa todos los tipos de daños, deterioros o fallas que pueda padecer y con respecto a esta metodología nos facilita a reconocer los rangos de clasificación para una superficie de pavimento en estudio, sus cálculos son para determinar la clasificación de los daños.

Al realizar el levantamiento de información en campo, se pudo visualizar que en la vía no se han realizado trabajos de mantenimiento hasta la fecha, este factor ocasiona el aumento en la severidad de las fallas.

Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento.

Con la aplicación de la metodología (PCI) se puede clasificar el estado de conservación en el que se encuentran los pavimentos flexibles, así como también el tipo de fallas que presentan, a fin de realizar el tratamiento que corresponda para cada una de las secciones estudiadas.

8.2. RECOMENDACIONES

Generalizar el empleo del método PCI (manual o computarizado), como método de evaluación superficial a nivel de proyecto y de gestión de mantenimiento vial en nuestra región.

se recomienda realizar los pasos de evaluación visual al menos en un periodo de cada dos años con la finalidad de analizar las fallas de la estructura, dentro del periodo de vida útil para la cual se ha diseñado el pavimento.

La evaluación del pavimento flexible de las vías estudiadas se deberá efectuar en periodos de 6 a 12 meses, con la finalidad de; conocer si el estado de conservación de la vía se mantiene, identificar la aparición de nuevos daños y analizar la evolución de las fallas ya existentes. Se podrá realizar aplicando la metodología PCI.

Se recomienda realizar un plan de monitoreo del estado del pavimento, para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se puede identificar con anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

Emplear el procedimiento de ejecución según el Manual de Carretera y Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

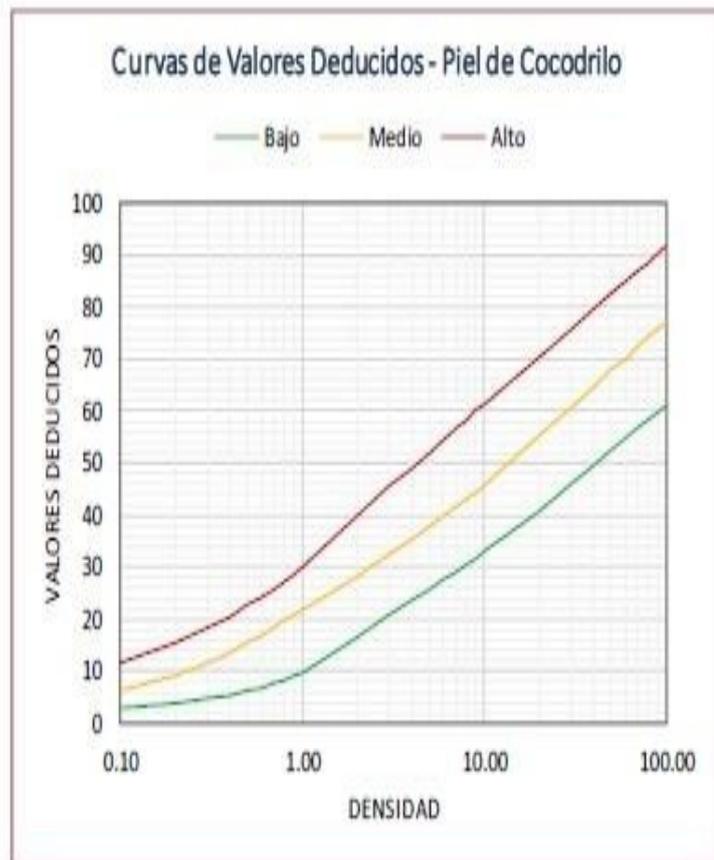
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cantuarias, L. & Watanabe, J. (2017). *Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real de la Urbanización la Rinconada del Distrito de Trujillo* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Medina, A & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- ASTM. (2003). ASTM D-6433-03, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Pensilvania - USA: ASTM.
- MTC. (2007). Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras. Lima: MTC.
- MTC. (2013). Manual de Carreteras: Conservación Vial. Lima: MTC.
- Leguía Loarte, Paola Beatriz y Pacheco Risco, Hans Fernando. 2016. Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index PCI en las vías arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Lima: s.n., 2016.
- Juan Carlos Miranda A. Ingeniero Civil, "Deterioro de Pavimentos- PCI", Universidad de Chile, Chile-2012.
- Leguía, P. & Pacheco, H. (2016). Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) En las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima) (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

ANEXOS:

1. PIEL DE COCODRILO

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

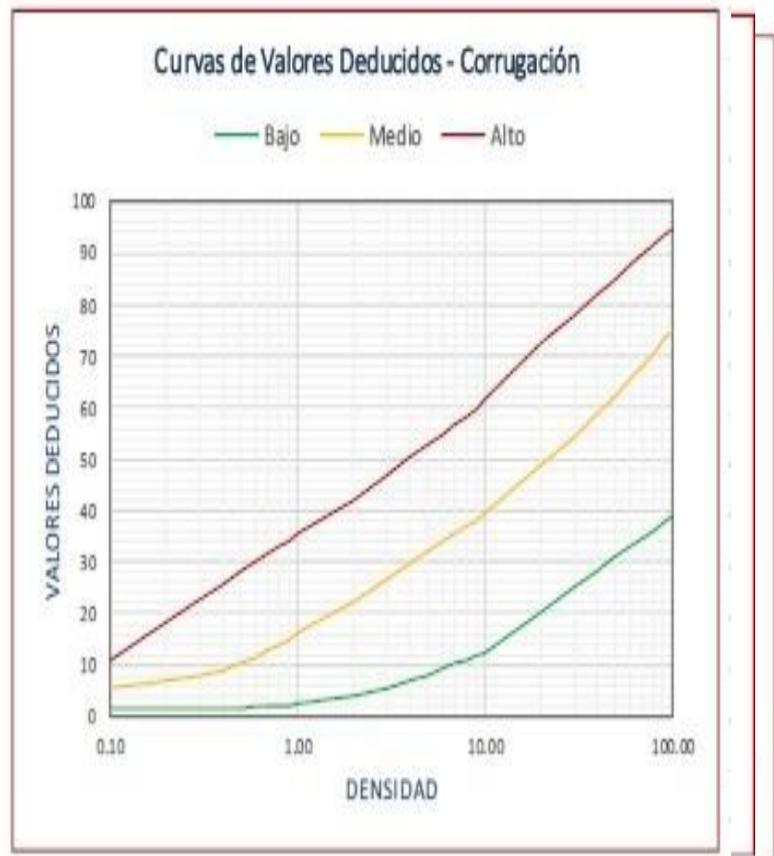


2. EXUDACIÓN

5. CORRUGACION

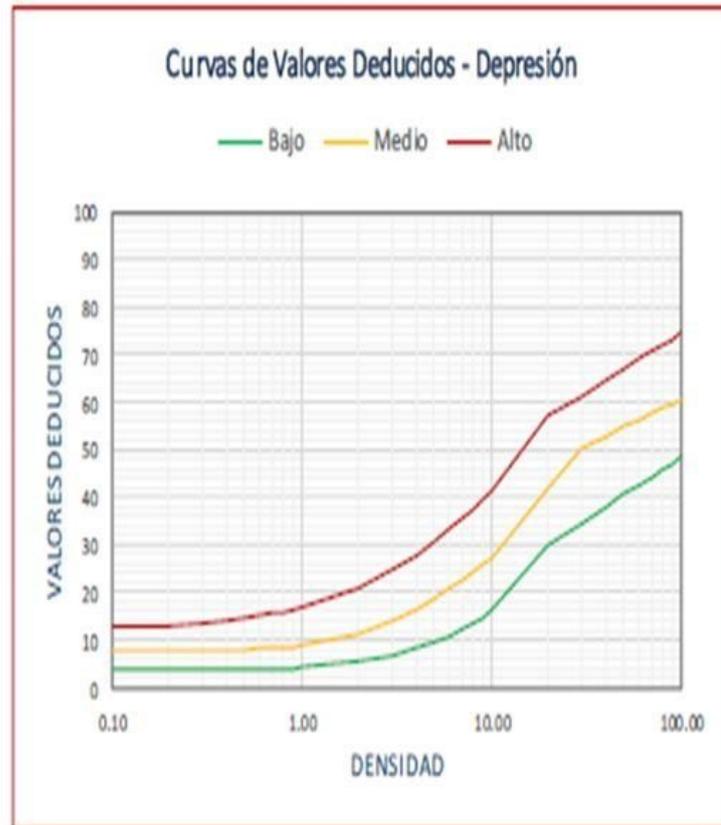
DE

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



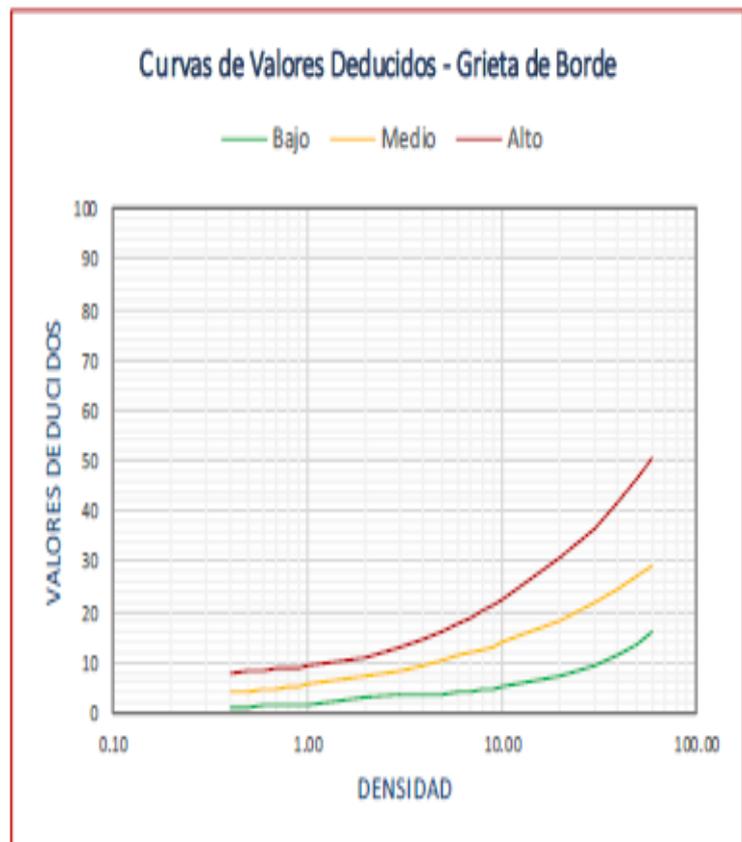
6. DEPRESION

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



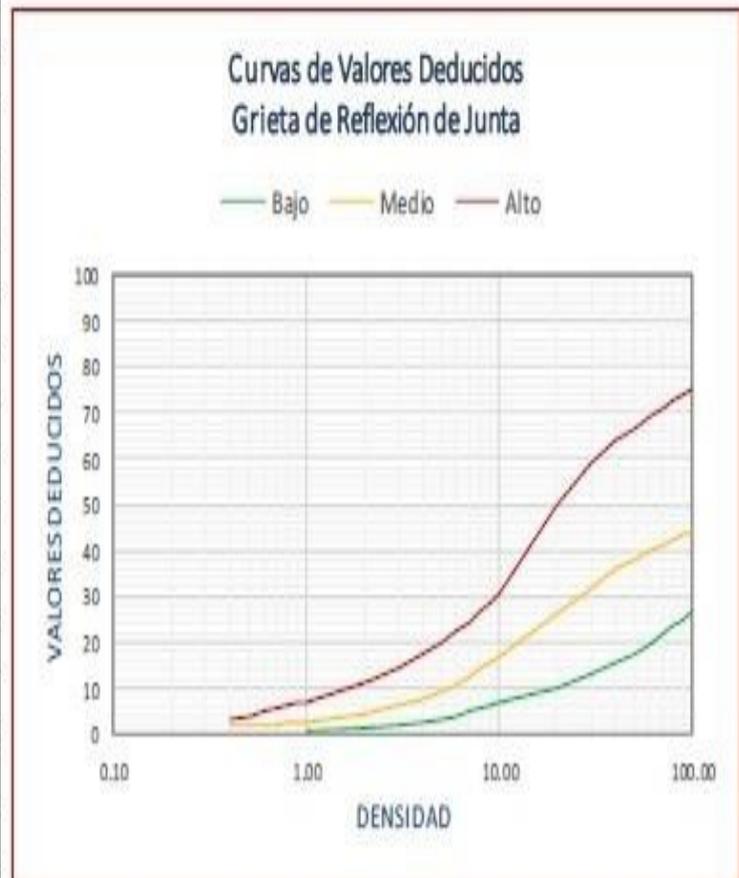
7. GRIETA DE BORDE

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



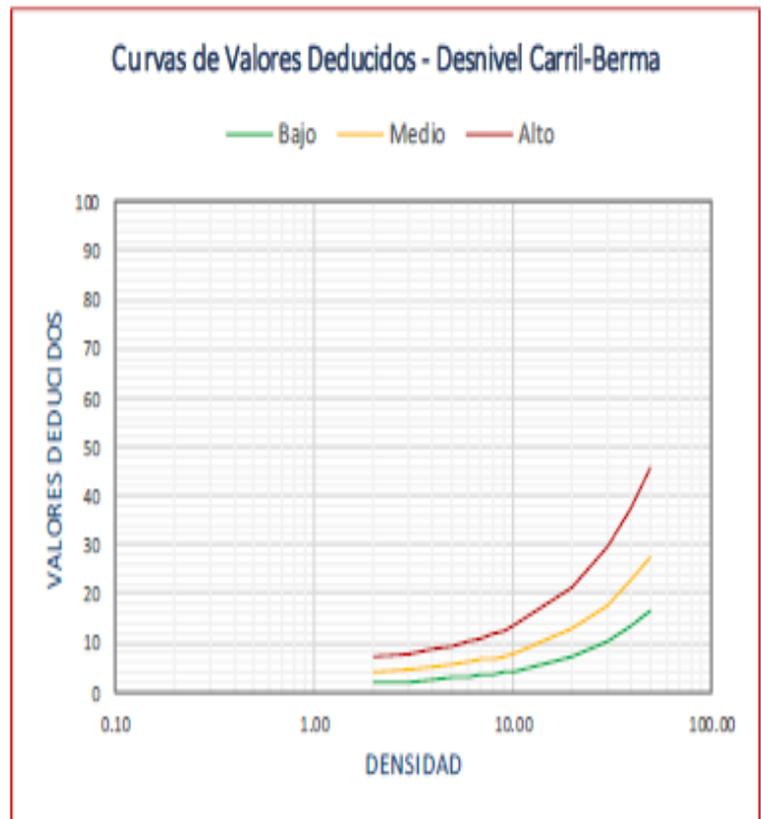
8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA

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



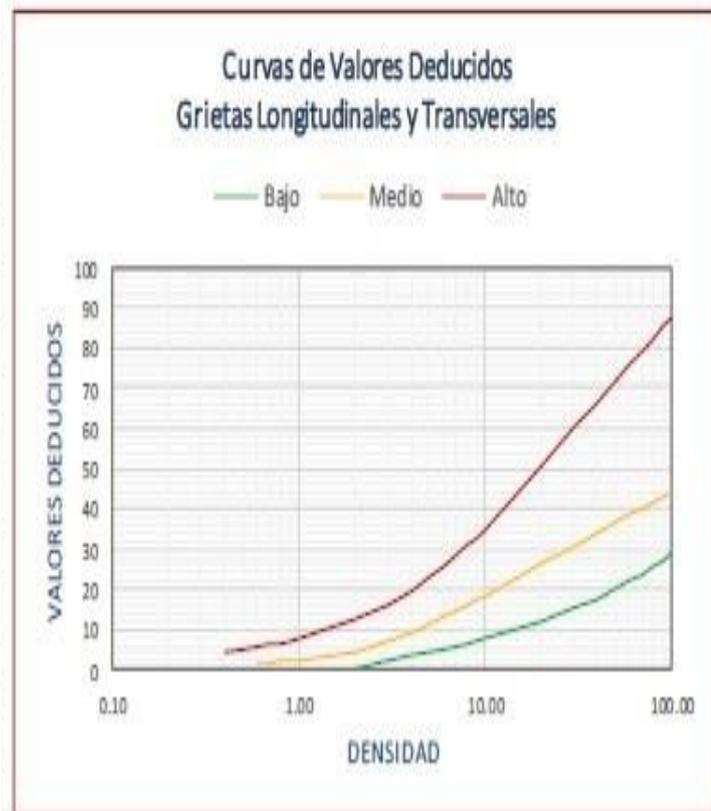
9. DESNIVEL CARRIL-BERMA

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



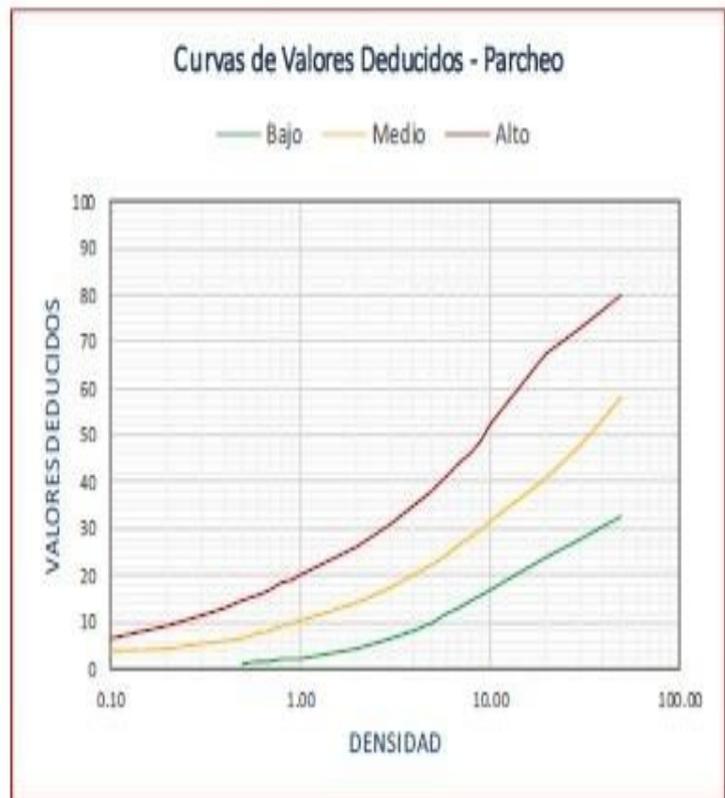
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

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



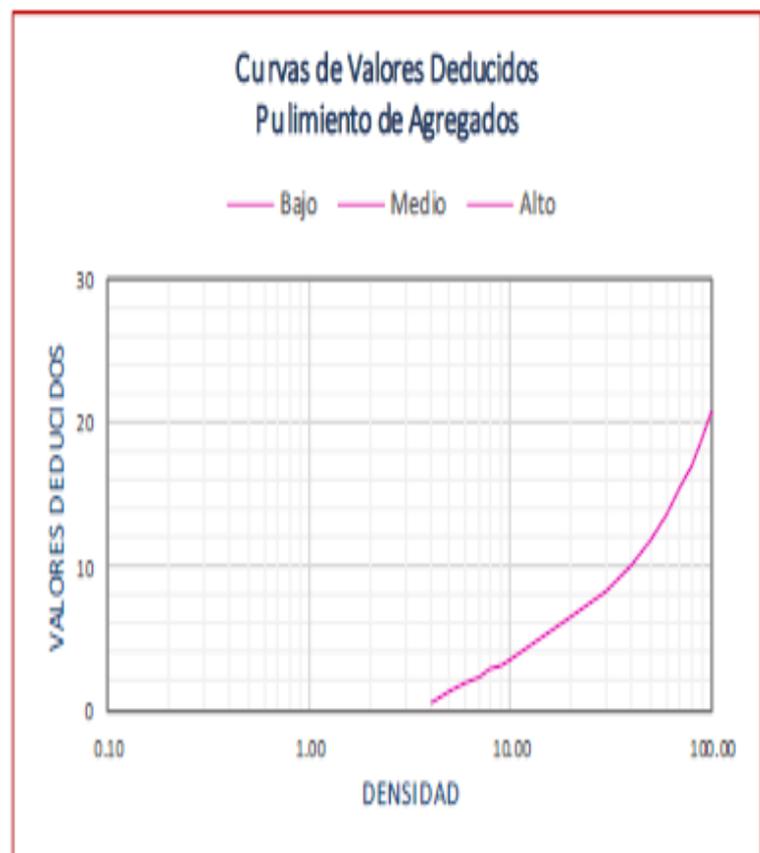
11. PARCHEO

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



12. PULIMENTO DE AGREGADOS

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



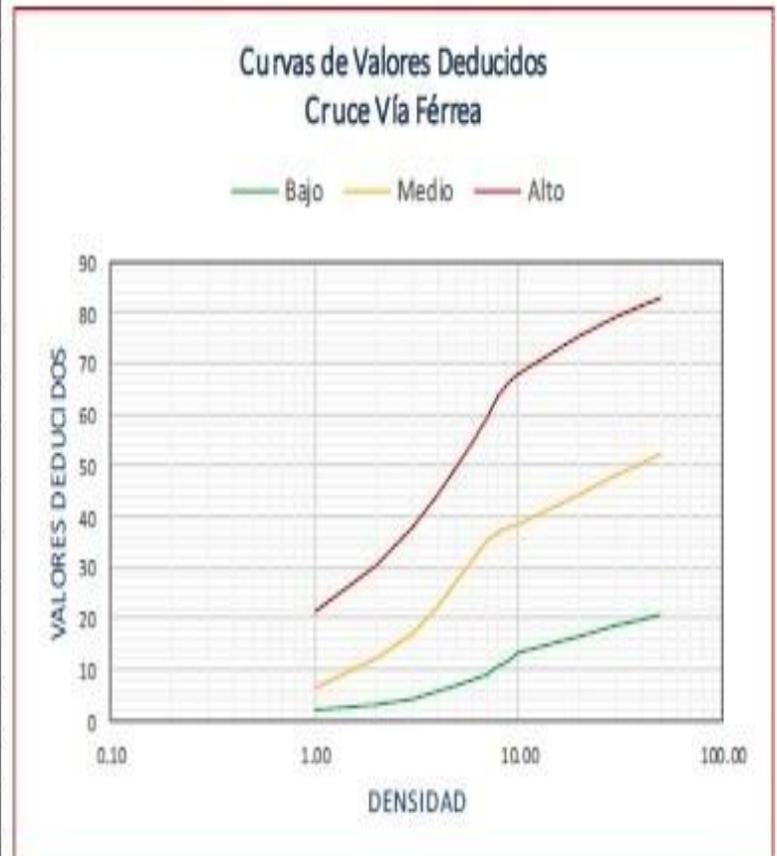
13. HUECOS

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



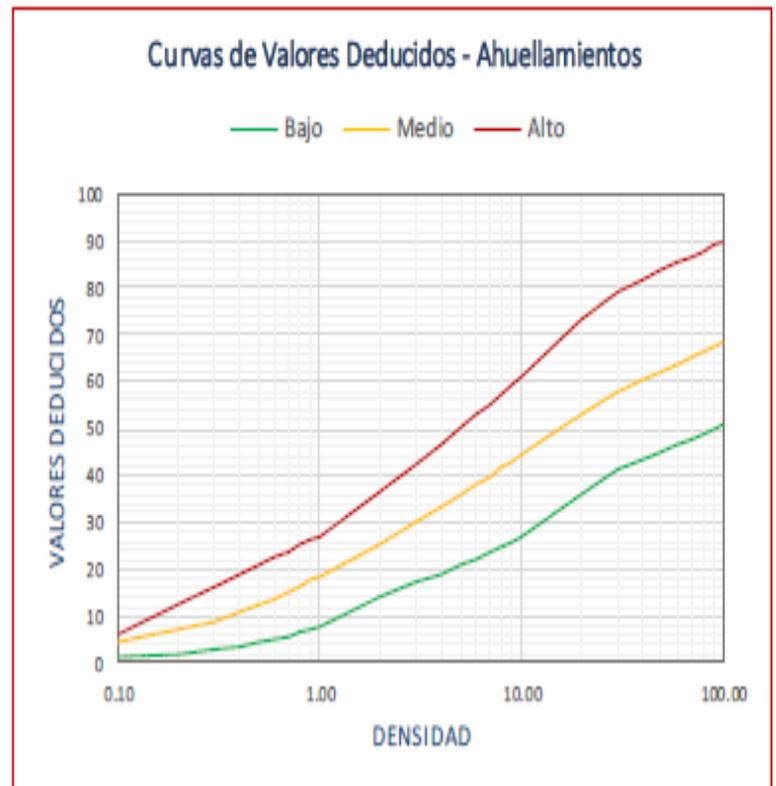
14. CRUCE DE VÍA FÉRREA

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



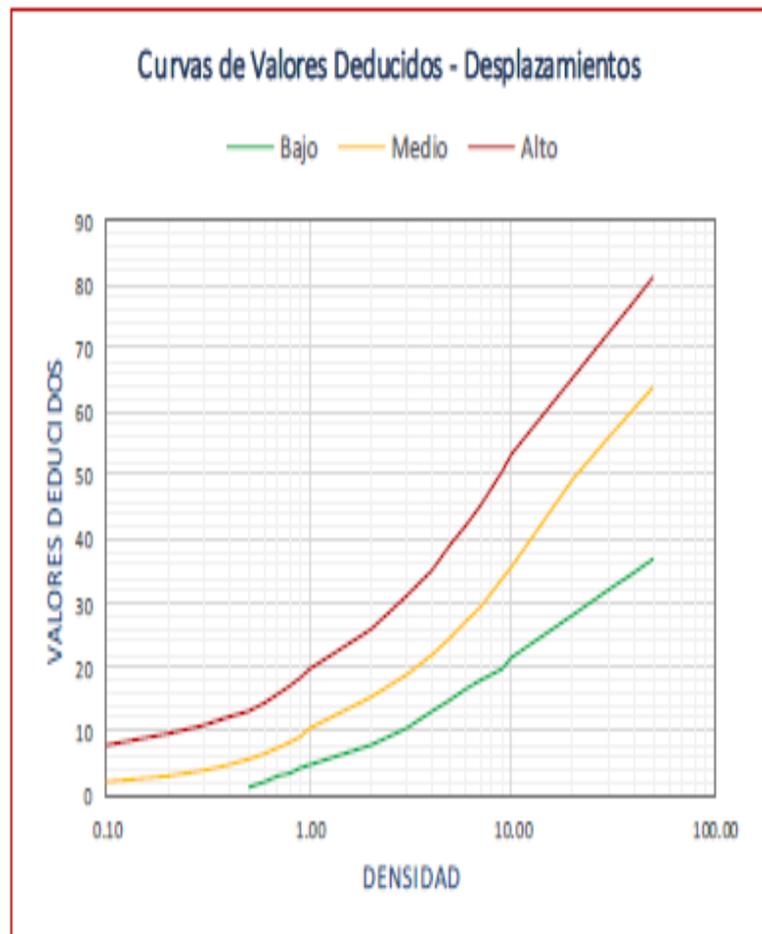
15. AHUELLAMIENTO

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



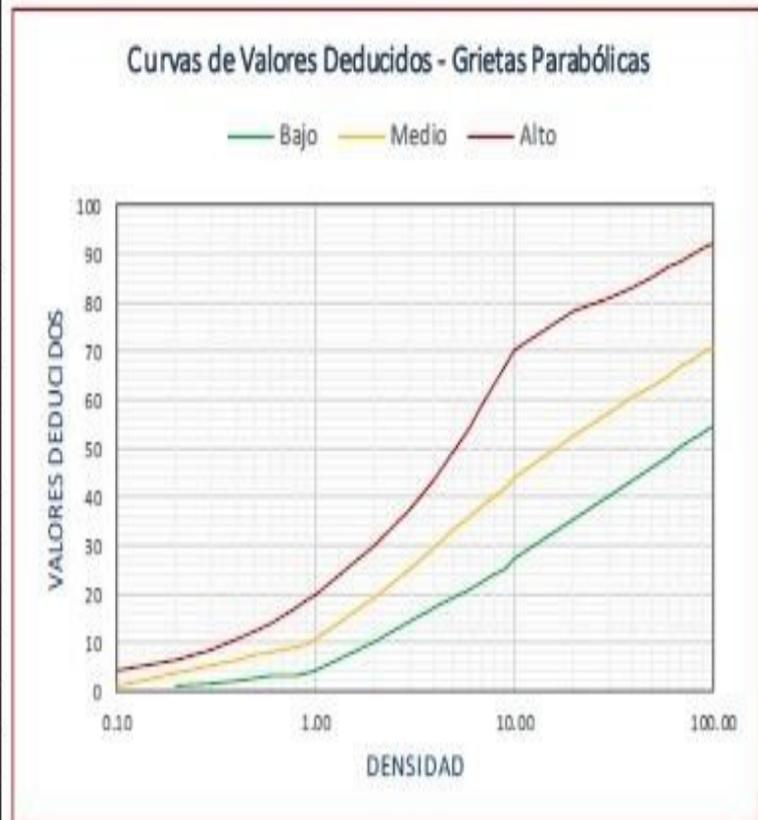
16. DESPLAZAMIENTO

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



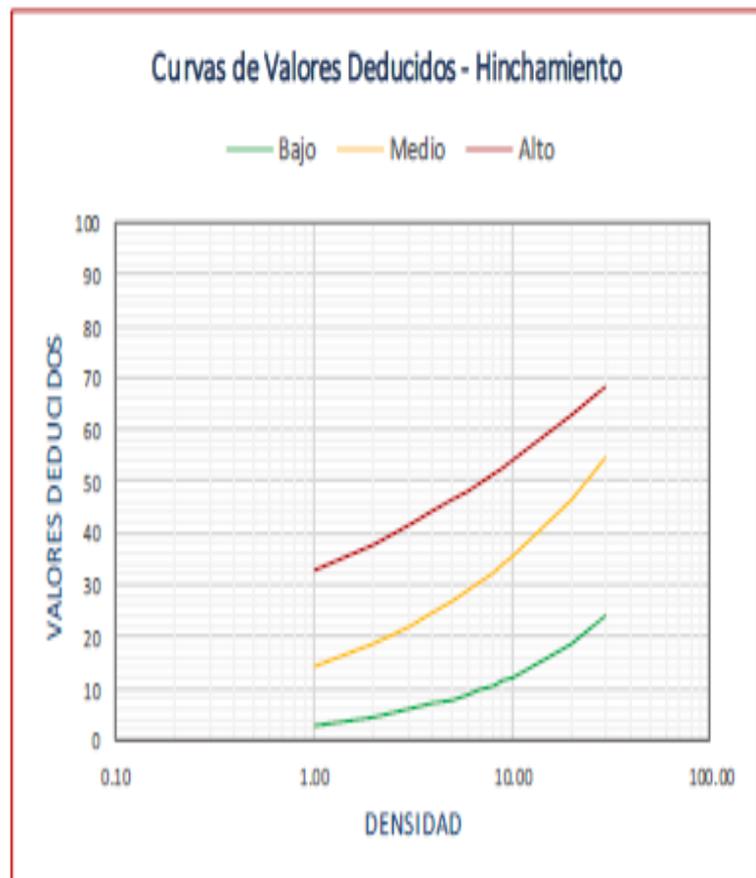
17. GRIETAS PARABÓLICAS

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



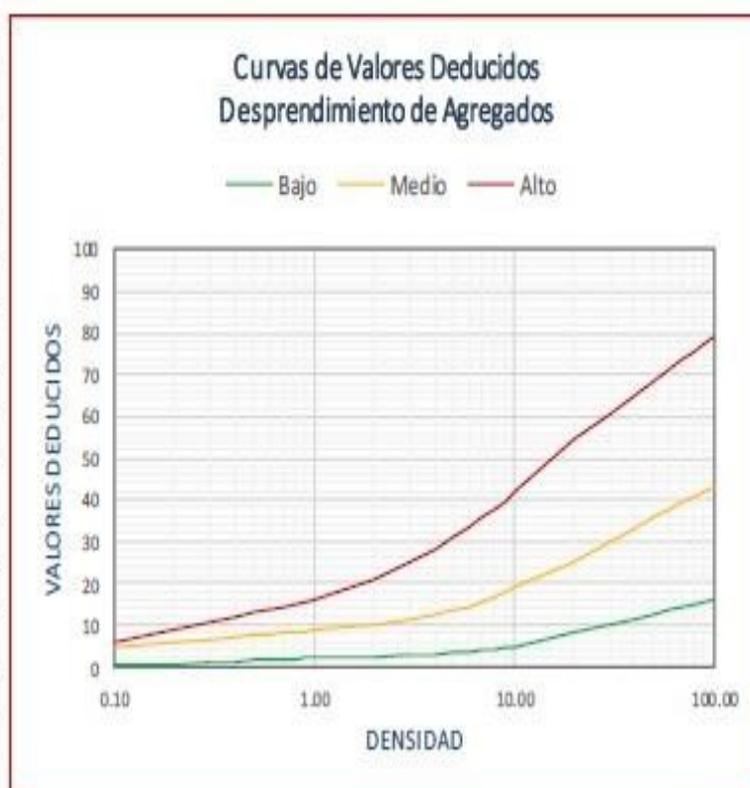
18. HINCHAMIENTO

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



19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

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



VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

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

Curvas de Valores Deducidos Corregidos

— q1 — q2 — q3 — q4 — q5 — q6 — q7

