

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis:

Evaluación superficial del pavimento rígido empleando metodología del PCI en la
avenida Núñez del distrito de Abancay

Asesor

Mgtr. Maldonado Mendivil, Ángel

Autor

Atocsa Cruz, Régulo

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac - Perú

2023



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°009-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| ➤ Mg. GÁLVEZ QUINTANA, Marco Antonio | PRESIDENTE |
| ➤ Dr. SOTO PALOMINO, Wilfredo | DICTAMINANTE |
| ➤ Ph.D. VÁSQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex | REPLICANTE |

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,
Bachiller: **ATOCCSA CRUZ, Regulo con código de matrícula N°201020484-K.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo Universitario N°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: **“Evaluación superficial del pavimento rígido empleando metodología del PCI en la Avenida Núñez del distrito de Abancay”**, habiendo aprobado con la nota de once (11).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 256.

Abancay, 10 de abril 2024.


Mg. GÁLVEZ QUINTANA, Marco Antonio
PRESIDENTE


Dr. SOTO PALOMINO, Wilfredo
DICTAMINANTE


Ph.D. VÁSQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex
REPLICANTE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559

Filial Cusco: Av. Grau 516. Teléfono. (084) 251565

Sub - Sede Andahuaylas: Av. Juan Antonio Trelles 513 Teléfono (083) 421752

www.utea.edu.pe

Evaluación superficial del pavimento rígido empleando metodología del PCI en la avenida Núñez del distrito de Abancay

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	1%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	10%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%

Metadatos Complementarios

Datos del autor	
Apellidos y nombres	: Atoccsa Cruz, Régulo
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 916862357
URL ORCID	:
Datos del asesor	
Apellidos y nombres	: Mgtr. Maldonado Mendivil, Angel
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 06788424
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-9002-1910
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2022-2023
Fuente de financiamiento	: Financiamiento propio
Porcentaje de similitud	: 20%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford# 2.01.01

RESUMEN

El objetivo general fue establecer el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay

Se uso la siguiente metodología: El tipo de investigación es aplicada, con el nivel de investigación descriptiva, el diseño de la investigación es No experimental (Observacionales), la técnica utilizada para la recolección de datos fue mediante la observación de campo, el instrumento de recolección de información fue el formato de exploración de la condición para carreteras con pavimento rígido y el formato de costo anual de mantenimiento vial según PCI con intervención. La población fue los pavimentos de la red viaria urbana de la ciudad de Abancay y la muestra fue los pavimentos de la Av. Núñez específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto.

La conclusión principal fue clasificada como Mala, puesto que el índice de condición del pavimento (PCI) es de valor de 39.30, este resultado fue el promedio ponderado del PCI de las 8 unidades de muestreo, inspeccionadas en la avenida en estudio. Las fallas que se encontró se detallan a continuación: Pulimento de superficie con un porcentaje de 20.71%, grietas longitudinales con un porcentaje de 18.34%, descascaramiento de juntas con un porcentaje de 16.86%, desnivel carril / berma con un porcentaje de 9.02%, grietas de esquina con un porcentaje de 8.43%, descascaramiento de esquina con un porcentaje de 7.69%, grietas de retracción y descamación con un porcentaje de 7.25%, parche grande deteriorado con un porcentaje de 5.18%, y otro tipo de fallas con un porcentaje de 3.86%.

Palabras claves: Evaluación superficial, Metodología, Pavimento.

ABSTRACT

The general objective was to establish the condition index of the rigid pavement on Núñez Avenue between the intersections with Prado Alto and Tamburco Alto avenues, using the PCI methodology of the Abancay district.

The following methodology was used: The type of research is applied, with the level of descriptive research, the research design is Non-experimental (Observational), the technique used for data collection is through field observation, the instrument of Information collection is the condition exploration format for roads with rigid pavement and the annual road maintenance cost format according to PCI with intervention. The population was the pavements of the urban road network of the city of Abancay and the sample was the pavements of Av. Núñez specifically between the intersections with Prado Alto and Tamburco Alto avenues.

The main conclusion was classified as Bad, since the pavement condition index (PCI) is 39.30, this result is the weighted average of the PCI of the 8 sampling units inspected on the avenue under study. The faults found are detailed below: Surface polishing with an incidence of 20.71%, longitudinal cracks with an incidence of 18.34%, flaking of joints with an incidence of 16.86%, lane / berm unevenness with an incidence of 9.02%, cracks of corner with an incidence of 8.43%, corner flaking with an incidence of 7.69%, shrinkage cracks and flaking with an incidence of 7.25%, large deteriorated patch with an incidence of 5.18%, and other types of failures with an incidence of 3.86 %.

Keywords: Surface evaluation, Methodology, Pavement.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
REPORTE DE SIMILITUD	iii
METADATOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I: INTRODUCCIÓN	13
II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2.2 OBJETIVOS	17
2.2.1 <i>Objetivo general</i>	17
2.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
2.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	18
2.4 HIPÓTESIS	19
2.5 VARIABLES	19
III: MARCO TEÓRICO	21
3.1 ANTECEDENTES	21
3.2 BASES TEÓRICAS.....	27
3.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS.....	60
IV: METODOLOGÍA	66
4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	66
4.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL	66
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	67
4.4 INSTRUMENTOS	67
4.5 PROCEDIMIENTOS	70
4.6 ANÁLISIS DE DATOS.....	70
4.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	70

V : RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.1 RESULTADOS.....	71
5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	107
VI: CONCLUSIONES	110
VII : RECOMENDACIONES.....	111
VIII: REFERENCIAS	112
IX : ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 : NIVELES DE SEVERIDAD DE GRIETA EN BLOQUE	34
TABLA 2 : NIVELES DE SEVERIDAD DEL DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.....	36
TABLA 3 : NIVELES DE SEVERIDAD DE DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.....	38
TABLA 4 : NIVELES DE SEVERIDAD DE HUNDIMIENTO	44
TABLA 5 : RANGO Y CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO RÍGIDO	50
TABLA 6 : TIPO DE MANTENIMIENTO SEGÚN PCI.....	55
TABLA 7 : COSTO DE MANTENIMIENTO SUGERIDO	58
TABLA 8.: RATIOS DE DETERIORO REFERENCIALES”	59
TABLA 9 : HORIZONTE DE EVALUACIÓN A CONSIDERAR SEGÚN EL SISTEMA INVIERTE PERÚ	59
TABLA 10 : CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO ESTUDIADO	71
TABLA 11 : TIPOS DE DETERIOROS EN LA UM-1.....	73
TABLA 12 : DV PARA CADA TIPO DE DETERIORO EN LA UM-1	75
TABLA 13 : CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (CDV).....	76
TABLA 14 : PCI Y CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO ESTUDIADAS	78
TABLA 15 : CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.....	79
TABLA 16 : MÁXIMO VALOR DEDUCIDO, TIPO DE DETERIORO Y SEVERIDAD DE CADA UNIDAD DE MUESTREO	80
TABLA 17 : CANTIDAD TOTAL DE FALLAS SEGÚN SU SEVERIDAD.	82
TABLA 18 : FALLAS MÁS FRECUENTES ENCONTRADAS EN LAS UNIDADES DE MUESTRA DE LA VÍA INSPECCIONADA.	84
TABLA 19 : CLASIFICACIÓN SEGÚN SU INCIDENCIA EN LA INTEGRIDAD DE LAS LOSAS .	86
TABLA 20 : TOTAL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL SEGÚN SU INCIDENCIA EN LA INTEGRIDAD DE LAS LOSAS.	86

TABLA 21 : MATRIZ DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL	89
TABLA 22 : DISTRIBUCIÓN ACTUAL SEGÚN EL ESTADO DEL PAVIMENTO	94
TABLA 23 : PROYECCIÓN DE COSTOS ANUAL DE MANTENIMIENTO VIAL DEL PRIMER AÑO	95
TABLA 24 : RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES DE LOS COSTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO VIAL EN UN PERIODO DE 20 AÑOS	96
TABLA 25 : COMPARACIÓN DE ANTECEDENTES NACIONAL Y LOCAL DEL PCI Y CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO ESTUDIADAS.....	107
TABLA 26 : COMPARACIÓN DE ANTECEDENTES INTERNACIONAL Y LOCAL DEL TIPO DE DETERIORO Y DENSIDADES	108

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 : ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS	27
FIGURA 2 : VISTA DE GRIETA LONGITUDINAL.....	29
FIGURA 3 : VISTA DE GRIETA TRANSVERSAL Y/O DIAGONAL	30
FIGURA 4 : VISTA DE GRIETA DE ESQUINA	32
FIGURA 5 : VISTA DE GRIETA DE DURABILIDAD - D	33
FIGURA 6 : VISTA DE GRIETA EN BLOQUE	34
FIGURA 7 : VISTA DE DETERIORO DEL SELLO DE LA JUNTA.....	36
FIGURA 8 : VISTA DE DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	37
FIGURA 9 : VISTA GRIETA DE RETRACCIÓN Y DESCAMACION	38
FIGURA 10 : VISTA DE DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.....	39
FIGURA 11 : VISTA DE PULIMENTO DE SUPERFICIE	40
FIGURA 12 : VISTA DE DESINTEGRACIÓN, AGUJEROS (POPOUTS)	40
FIGURA 13 : VISTA DE BLOWUP – BUCKLINK (LEVANTAMIENTO – PANDEO).....	41
FIGURA 14 : VISTA DE DETERIORO POR ESCALA	42
FIGURA 15 : VISTA DE DETERIORO DE DESNIVEL CARRIL / BERMA	43
FIGURA 16 : VISTA DE HUNDIMIENTO (PUNZONAMIENTO)	44
FIGURA 17 : VISTA DE EXUDACIÓN Y BOMBEO	45
FIGURA 18 : VISTA DE PARCHE PEQUEÑO DETERIORADO (MENOR DE 45 CM2).....	46
FIGURA 19 : VISTA DE PARCHE GRANDE DETERIORADO (MAYOR DE 45 CM2)	47
FIGURA 20 : CRUCE DE VÍA FÉRREA.....	48
FIGURA 21 : CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS.....	48
FIGURA 22 : CURVA DE CORRECCIÓN DE VALORES DEDUCIDOS	49

FIGURA 23 : COMPARACIÓN DE CURVAS DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE	57
FIGURA 24 : CURVA DEL COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO FRENTE A LA EVOLUCIÓN DEL PCI	58
FIGURA 25 : EJEMPLO DEL CÁLCULO DEL DV EMPLEANDO EL NOMOGRAMA RESPECTIVO.....	74
FIGURA 26 : CÁLCULO DEL CDV EMPLEANDO EL NOMOGRAMA RESPECTIVO.....	77
FIGURA 27 : PORCENTAJE DE LAS UNIDADES DE MUESTREO SEGÚN SU CLASIFICACIÓN.	79
FIGURA 28 : PERFIL DE LOS PCI OBTENIDOS PARA CADA UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO INSPECCIONADO.....	81
FIGURA 29 : NUMERO DE FALLAS SEGÚN SU TIPO.....	82
FIGURA 30 : CANTIDAD DE FALLAS SEGÚN SU SEVERIDAD.....	83
FIGURA 31 : PORCENTAJE DE FALLA EN EL TRAMO INSPECCIONADO	85
FIGURA 32 : PORCENTAJE TOTAL DE DETERIORO ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES SEGÚN SU INCIDENCIA EN LA INTEGRIDAD DE LAS LOSAS	87
FIGURA 33 : DESARROLLO EVOLUTIVO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.	97
FIGURA 34 : DESARROLLO DEL COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO (CAM) DEL PAVIMENTO RÍGIDO	98

I: INTRODUCCIÓN

Al evaluar superficialmente los pavimentos, se busca calificar el estado superficial y/o estructural del pavimento mediante el índice de condición del pavimento para determinar deficiencias o insuficiencias de la misma. También al evaluar superficialmente se proporciona soluciones mediante actividades de mantenimiento vial y a la vez optimizar en el costo anual de mantenimiento o conservación vial, ahorrando de esta manera gastos mayores (Fundora, 2019).

En el Perú las vías urbanas son el principal medio de conexión permanente y necesaria entre 2 lugares para el desarrollo de varios aspectos en la metrópoli, pero los estados superficiales de las vías no se encuentran con la serviciabilidad que estas ameritan por no usar metodologías de evaluación del pavimento (Tineo, 2019). La pregunta del problema general de investigación es ¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay ?. La Hipótesis general de la investigación es que, empleando metodología del PCI, el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, es de valor 45. El objetivo general de la investigación es establecer el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay.

Para llevar a cabo el estudio, el trabajo se ha estructurado en 4 capítulos. En el capítulo II “ Planteamiento del problema” se describe la realidad problemática y se formula el problema de investigación; así mismo se detalla los objetivos, justificación y hipótesis. En el capítulo III “Marco Teórico” se describe los antecedentes, bases teóricas y definición de términos. En el capítulo IV “Metodología” en el cual se describe el tipo, nivel de investigación, así mismo se detalla y se describe la población y muestra, técnicas e instrumentos, consideraciones éticas y procedimiento estadístico. Finalmente, en el capítulo V “Resultados y discusión” se muestran los resultados, así mismo se desarrolla la discusión de resultados.

II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción y formulación del problema

2.1.1 Descripción del problema

En Apurímac, especialmente en el distrito de Abancay. Según Ccasani y Ferro (2017) afirma que, en la Av. Núñez al concluir la evaluación y análisis del pavimento, mediante la inspección visual y monitoreo in situ, se observa un deterioro del 70% del pavimento, en la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al tipo de grietas longitudinales. De acuerdo con Varela (2002) manifiesta que, estas grietas longitudinales, que dividen la losa en dos o tres partes, suelen ser causadas por una combinación de cargas de tráfico repetidas y deformaciones provocadas por gradientes térmicos o de humedad.

En la zona elegido para mi tesis que es en la avenida Núñez específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, clasificada como una vía principal, que ha ido permitiendo el movimiento de tránsito entre áreas o partes de la ciudad, pero lamentablemente manifiesta problema de deterioros existentes desatendidos como descamación de esquinas, pulimento de superficie, hundimiento, parches, entre otros que afectan al pavimento en su serviciabilidad, y a la vez afectan a los usuarios de vehículos que lo transitan. Según Solminihac (2005) afirma lo siguiente, “El deterioro de pavimentos es una serie de manifestaciones superficiales de la capa de

rodado, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores” (p. 112).

La causa que puede estar originando estos deterioros son muchas, entre las que hemos detectado están: 1) La falta de evaluación superficial del pavimento rígido por el gobierno municipal, 2) No hay recursos económicos para un mantenimiento vial. En este caso el propósito de la investigación se orienta a estudiar el numero 1) mencionado que es la evaluación superficial del pavimento rígido. Según Fundora (2019) afirma que, al evaluar los pavimentos rígidos, se busca calificar el estado superficial del pavimento mediante el índice de condición del pavimento para determinar deficiencias o insuficiencias de la misma.

Los efectos que pueden traer los deterioros son, entre las que hemos detectado están: 1) Aumento del deterioro de pavimentos a través del tiempo, 2) Disminución de vida de servicio del pavimento rígido. Por ello, la tesis pretende proporcionar soluciones al problema de deterioros existentes a través de: 1) Diversos tipos de actividades de mantenimiento vial, clasificadas de acuerdo al índice de condición del pavimento (PCI), 2) El cálculo del costo anual de mantenimiento vial más razonable para poder solucionar este problema de los deterioros de acuerdo a mi estudio. Según MTC (2018) plantea que, “El mantenimiento vial es un proceso que involucra actividades de obra e instalaciones, que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial”

2.1.2 Formulación de problemas

Problema General

¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay, 2023?

Problemas Específicos

¿Cuál es el estado actual del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay?

¿Cuál es el tipo de actividad de mantenimiento vial a realizar en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay ?

¿Cuál es el costo anual de mantenimiento vial en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay ?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Establecer el índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay, 2023

2.2.2 Objetivos Específicos

Determinar el estado actual del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay

Determinar el tipo de actividad de mantenimiento vial a realizar en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay

Determinar el costo anual de mantenimiento vial en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay

2.3 Justificación e importancia

2.3.1 Justificación de la investigación

El porqué de la tesis se da puesto que se observó que existe problema de deterioros manifestados desatendidos en el pavimento rígido: como descamación de esquinas, pulimento de superficie, hundimiento, parches, entre otros que afectan al pavimento en su serviciabilidad y a los usuarios de vehículos que lo transitan. También Ccasani y Ferro (2017) afirma en su tesis de investigación que el pavimento de la Av. Núñez se observa un deterioro del 70%, en la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al tipo de grietas longitudinales.

2.3.2 Importancia

El para qué de la tesis en el aspecto practico, es para proporcionar información sobre la evaluación superficial del pavimento rígido sirviendo como guía a los Ingenieros civiles y estudiantes de la universidad, para practicar y realizar el correcto procedimiento

de efectuar una evaluación real y apropiada en otras arterias. También los resultados pueden servir de base para otros investigadores que deseen desarrollar con mayor profundidad el tema de estudio.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El índice de condición del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto es 45, según la metodología del PCI

2.4.2 Hipótesis Específicas

El estado actual del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto es regular, según la metodología del PCI.

El tipo de actividad de mantenimiento vial a realizar en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto es de tipo reconstrucción, según la metodología del PCI.

El costo anual de mantenimiento vial en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto es de S/200,000.00 soles, según la metodología del PCI

2.5 Variables

Para llevar a cabo la operacionalización de las variables, se trabajó con la variable independiente “empleando metodología del PCI” que es un procedimiento normado por la ASTM D 6433-03 que contiene información e instrucción confiable. Así mismo se trabajó

con la variable dependiente: “evaluación superficial del pavimento rígido” que busca calificar el estado superficial del pavimento mediante el índice de condición del pavimento para determinar deficiencias o insuficiencias de la misma.

III: MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

3.1.1.1 Puga (2018), señaló en su investigación **“Evaluaciones funcionales de pavimentos rígidos tramo Av Loja-Cuenta”**, Ecuador. El objetivo que se encontró es “Efectuar una evaluación superficial y funcional de aquellos rígidos pavimentos, localizado en la Av Loja longitud Av. de las Americanas – Av 11 de julio, por medio del método del PCI”. La Metodología es de tipo Análisis y el resultado que se encontró indica que; “la condición del pavimento es Bueno en la etapa 1 de la avenida América con avenida Don Bosco, es regular en la etapa 2 en Av. Don Bozco con Av. 1ro de mayo”. La conclusión que se encontró es que “se determinó fallas que han dañado principalmente el área de la tesis, y son: grietas longitudinal en 70%, parche grande en 60%, losa dividida en 42%, deterioros pulidos de agregado en 81% presente en los 2.4 km”.

3.1.1.2 Aristizáball et al. (2020), desarrollaron la investigación **“Evaluaciones del estado de pavimentos rígidos en el tramo de vías de la Av. ferrocarriles entre avenidas 36 y 30 de la localidad de Ibagui Tolim”**, Colombia. El objetivo que se encontró es las “Evaluaciones de la condiciones de los pavimentos rígidos en la zona de la calle de la Av. ferrocarriles en medio de calles 36 y 30 de la ciudad de Ibagué - Tolim” El método es tipo cuantitativo, el nivel de investigación fue descriptivo. La conclusión es que “se concluye

que el PCI, en general manifiesta la condición regular, con reincidencia en la patología como fallas del sellantes, punzonamiento, losa fragmentada, escalonamiento y grietas lineales”.

3.1.1.3 Gómez y Ramírez (2018), desarrollaron la investigación “**Evaluaciones de fallas de las capas superficiales de pavimentos de los concretos hidráulicos de un 1 km de la vía entendido en medio de la carretera 10 no. 8- 68 y la carretera 13 no. 8 - 14 de la municipalidad de Melgarejo Tolim**”, Colombia. El objetivo que se encontró es “realización un diagnóstico, mediante la evaluación visual, para mejoramiento de las losas de concreto hidráulico que muestran afectaciones y deterioros; que garanticen las calidades, funcionalidades, durabilidades y el confort de transeúntes y población en general”. Para alcanzar el objetivo que se planteó, el nivel de investigación fue descriptivo con enfoque cualitativo y diseño no experimental (Observacionales). La muestra fue . “un km de vía entendido entre la Carrera 12 No. 7 – 70 hasta la Carrera 13 No. 7 – 14”. El instrumento fue la hoja de dato en campo y el resultado que se encontró es “el tipo de deterioro más frecuente, en las pieza de concreto es el descascaramiento, lo que llevo a opinar, que el concreto de la losa sufrió contracción en efecto de la exudación del mortero y del agua”. La conclusión fue que “se pudo formar la falla, por la vinculación con el empleo de materiales de baja calidad, ya que las actividades tan primordiales como el sellado de aquellas juntas, se mostró que estaba parcialmente y en casos generalmente desprendido de las juntas”.

3.1.1.4 Cardoso y Sandino (2020), desarrollaron la investigación “**Evaluaciones funcionales de la carretera en concreto desde la calle 4 con carrera 22 hasta el principio de la vía Mariño de Girardo – Condinamarca**”, Colombia. El objetivo que se encontró es “evaluar la funcionalidad de la vía en concreto calle 4 con carrera 22 hasta el principio de la carretera Nariño por medio del método PCI.” La conclusión 1 fue el “índice

PCI=21, donde revela que la vía está en condición malo, y su porcentaje de falla está dentro del 86% de daños y la carretera debe ser rehabilitada casi en su conjunto”. La conclusión 2 fue “en base al formato del PCI se consiguió el porcentaje de incidencia mayor, es decir: 20% pulimento de agregados, 20% grieta longitudinal y 10% descascaramiento”.

3.1.1.5 Morales y Ortega (2019), explicaron la investigación “**Evaluaciones funcionales de pavimentos rígidos por medio del método PCI. caso estudio: la via 19 entre la calle 14 al 23**”, Colombia. El objetivo que se encontró es “determinar las evaluaciones funcionales de los pavimentos rígidos de la vía 19 en medio de la vía 16 al 23 en Girardor Condinamarca, empleando la metodología PCI 2017”. La metodología es de tipo cuantitativo y “su nivel de investigación es experimental porque se utilizó el Software-índice de condición de pavimento de concreto”. La conclusión fue que “determinando la metodología PCI-2016, se evidencia que la carretera que se estudió se encuentra en condición regular y los daños que más presenta la vía son grietas lineales bajas y medias, pulimento de los agregados y descascaramiento de junta”.

3.1.2. A nivel nacional

3.1.2.1 Zamora (2019), señaló en su investigación “**Evaluaciones de la condición de conservaciones de las avenidas del área monumentales de la localidad de Celendín empleando el metodología de índices de condiciones de pavimentos (PCI)**”, Cajamarca. El objetivo que se encontró es “evaluar la condición de mantenimiento de las vías del area monumentales de la localidad de Celendín, empleando la metodología de Índices de condición del pavimento (PCI)”, el instrumento fue hojas de datos, regla y una cinta métrica. La conclusión 1 fue “el estado actual del pavimento rígido de las vías de la zona monumentales de la localidad de Celendín evaluadas por la metodología de Índices de condiciones del pavimento (PCI), se califica como regular con un PCI ponderado de

47.10” y la conclusión 2 fue “las patologías que más incidentes se encontró son: desconchamiento con 16.45%, parche grande con 25.35%, grietas lineales con 12.18%, grieta de esquina con 10.62%, losa dividida con 10.48% respectivamente. Por tanto, la integridad funcional del pavimento en estudio está en descenso”.

3.1.2.2 Memdoza (2019), señaló en su tesis “**Evaluaciones del estado de los pavimentos rígidos mediante el método del PCI de la calle la paz**”, Cajamarca. El objetivo que se encontró es “evaluar la condición de los pavimentos rígidos en la calle la Paz a partir de la manzana 10 a la manzana 21 por medio de la metodología del PCI, Cajamarca 2019.” La muestra fue “la calle la Paz del tramo comprendido entre la cuadra 10 y la cuadra 21” y el instrumento es la hoja de inspección. La conclusión 1 fue “de conformidad del valor del PCI computado en la manzana 10, la etapa inspeccionada de la calle la Paz desde la manzana 10 hasta la manzana 21 tiene una condición de pavimentos de BUENO” y la conclusión 2 es que “los deterioros hallados son: 9.49% de incidencia de descamación y grietas de retracción, 21.87% de descascaramientos de juntas, 5.87% de grietas de esquina, 29.18% de pulimento de superficie, 3.98% de parche grande deteriorado y 9.99% de grietas longitudinales”.

3.1.2.3 Calle et al (2020), señaló en su investigación “**Evaluaciones superficiales de los pavimentos flexibles en la Av. el Carmelo encuentro con Av. Pacíficos y Av. Nacional, Urb. Las Brisa de la Prov. de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, del Distrito de Chiclayo**”, Lambayeque. El objetivo que se encontró es “llevar a cabo unas evaluaciones superficiales de los pavimentos de la Av. El Carmem de la Urb. La Brisa del dist. de Chiclayo para establecer su condición de mantenimiento o deterioro”. La muestra fue “los pavimentos flexibles de la Av. el Carmem, en medio de la Av. Pacíficos y la Av. Nacional de la Urb. Las Brisa del dist. de Chiclayo” y el instrumento fue que “la elaboración de los datos conseguidos en el reconocimiento superficial se materializo a través de

Microsoft Excel". La conclusión 1 fue que de acuerdo a la evaluación superficial del pavimento se determinan que se halla en una condición global de regular, pero que cuenta con enorme parte de sección en su recorrido, con deterioros de severidad alta (H) y la conclusión 2 fue que "de acuerdo a la evaluación de las fallas presentadas las de superior influencia son los huecos y las de Desprendimiento/ Meteorización del agregado que, de conformidad al manual, son deterioros de desprendimientos de agregados de alta severidad".

3.1.2.4 Granda (2019), señaló la tesis "***Evaluaciones de las condiciones de los pavimentos rígidos por la metodología pci en los anillos viales etapa chaupimarca – yanacancha en pasco – 2019***", Pasco. El objetivo que se encontró es "evaluaciones del estado de los pavimentos rígidos por la metodología PCI en los Anillos Viales etapa Chaupimarca – Yanacamcha - Pasco - 2019." El método es de tipo aplicada y la muestra "son las calles que forman parte de los recorridos de la RUTA TUE – 14". El instrumento. "Para la variable dependiente se empleó el Formato de Evaluación PCI-03 como instrumentos de recolecciones de datos y para las variables independientes se recolecto datos usando los cuestionarios con preguntas con respecto de la metodología PCI para cada unidad de muestra". La conclusión fue que "al aplicar la Metodología PCI se obtuvo el pavimento en condición MALO, ya que tiene un PCI de 32, además, se identificó 19 tipos de deterioro, las que predominan son losas divididas, Pulimento de Agregados, descascaramiento de Junta y Popouts".

3.1.2.5 Dávila et al. (2017), desarrollaron en la tesis "***Aplicaciones de la metodología del PCI en la evaluaciones superficiales de los pavimentos rígidos de la calle canales de la Av Chiclayo provincia de Chiclayo, del distrito José Leonard Ortizz periodo 2017***", Chiclayo. El objetivo fue "determinar el diagnóstico de los Pavimentos Rígidos de la Vía Canales de la Av.Chiclayo, del Distrito de José Leonard Ortiz, de la Provincia de

Chiclayo , por medio de la aplicación del metodología del PCI”. La metodología fue descriptiva y “el diseño de investigación es la observación, transversal correlacional, la muestra fue las unidades inspeccionadas”. El Instrumento fue el “registro de la información, Formatos de Exploraciones de Condición para pavimentos rígido del Manual del PCI”. La conclusión fue “el 84% de la vía canales de la Av. Chiclayo que halla en MAL ESTADO y el tipo de deterioro de mayor influencia es la falla Grietas Longitudinales de severidades de media a alta”.

3.1.3. A nivel regional y local

3.1.3.1 Casani y Ferro (2017), desarrollaron en su tesis “Evaluaciones e Análisis en los Pavimentos en la localidad de Apurimac, por Proponer unas Mejores Alternativas Estructurales en los Diseños de Pavimento”, Abancay. El objetivo fue “determinación de la mejoras de la evaluaciones y análisis de los pavimentos en la estructuras del pavimento en la localidad de Abancay, 2017.” La metodología es descriptiva y el “diseño de la tesis es no experimental con corte transversal y el nivel de la tesis es Descriptivo-Explicativo”. La muestra fue las principales Av. de la localidad de Abancay y los instrumento fue “las observaciones, Instrumento mecánico y/o electrónicos y Prueba estandarizada e inventario”. La conclusión 01 fue que “se hallaron deterioros con mejor frecuencia; fisuras en bloque producto de la combinación de fisuras trasversales y longitudinales, las vías muestran una superficie de rodadura demasiadamente lisa debido a efecto del pulimento del agregados que la forman” y la conclusión 02 fue que “se observa unas deficiencias de materiales de sellos de las juntas las cuales posibilitan una significativa infiltración de agua el cual perjudica a la subbase de las estructuras de los pavimentos”.

3.1.3.2 Ocsa (2021), desarrolló la investigación “Evaluaciones superficiales de los pavimentos flexibles bicapas aplicando la metodología del PCI, zona

chuquibambilla, abran lliullita km 69+610-74+600 de Apurímac – 2021”, Apurímac. El objetivo fue “las evaluaciones superficiales de los pavimentos flexibles bicapas por medio de la metodología pci para establecer la condición de la conservación de la zona de chuquibambilla, área lliullite km 0+112.5-0+113.5 zona Apurímac”. La metodología fue descriptiva y el “diseño de la tesis es no experimental, nivel de la tesis es descriptivo”. La muestra fue que “en esta tesis se eligió como muestra la vía de Abancay– Chuquibanbilla en el km 69+600-74+600 abran lliulita. que tiene una distancia de 06 km”. El Instrumento fue de forma observacional. La conclusión fue “la vías asfaltadas de la progresivas 69+600-73+600, abran lliulita. Zona Abancay - chuquibanbilla, se obtuvo su evaluación por medio del método del PCI, tenemos un resultado PCI =48.84; por consecuente, se establece que el pavimento se halla en condición de regular”.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Pavimento Rígido

Fundora (2019) plantea que el pavimento rígido está compuesto por una losa de concreto, que puede o no descansar sobre una subbase de suelo seleccionado o tratado, cuyo objetivo no es estructural sino el de propiciar un apoyo uniforme a la losa y la construcción de esta. En este tipo de pavimento la losa actúa como capa de base y de rodadura al mismo tiempo.

Figura 1

Estructura de los pavimentos rígidos



Nota. Elaboración propia.

3.2.2 Metodología del PCI

La metodología del PCI es un procedimiento normado por la ASTM D 6433-03 que contiene información e instrucción confiable (tipos de deterioro, nivel de severidad y curvas de valores deducidos) con ciertos detalles de manera más precisa de efectuar una evaluación real y apropiada de los pavimentos para determinar el estado de la misma a través de las observaciones de campo.

3.2.2.1. Tipos de deterioro y nivel de severidad

3.2.2.1.1 GRIETA LONGITUDINALES

“Grieta lineal de la losa en dirección del eje del pavimento, dividiendo la losa en 2 o 3 partes” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

- **Bajo (L):** Condiciones:

1.- “Grieta no sellada (incluye sellado obsoleto) con anchura inferior que 1.2 cm o grieta sellada de cualquier anchura con llenante en estado adecuado. No existe escala (profundidad)” (Varela, 2002).

- **Medio (M):** Condiciones:

1.- “Si la grieta es sellada de cualquier anchura con escala (profundidad) menor que 1 cm” (Varela, 2002).

2.- “Grieta no sellada de anchura hasta 5.1 cm con escala (profundidad) menor que 10 mm” (Varela, 2002).

3.- “Grieta no sellada con anchura entre 1.2 cm y 5.1 cm” (Varela, 2002).

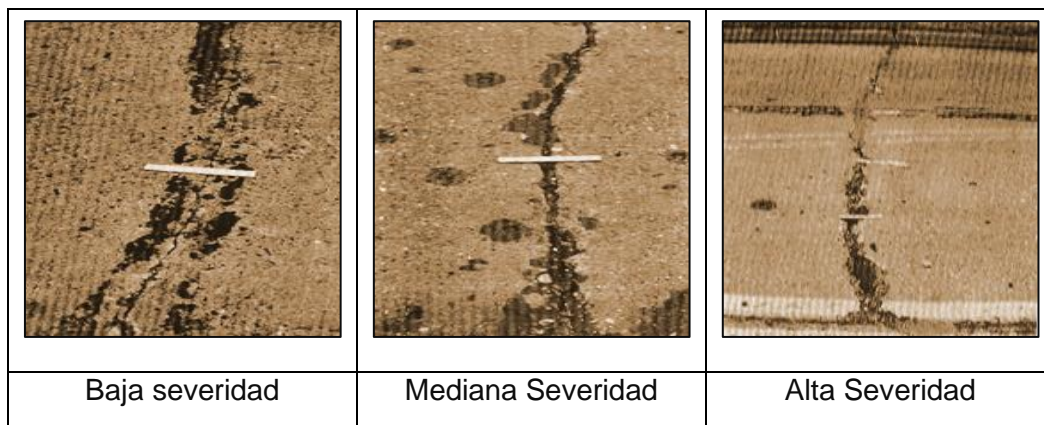
- **Alto (H):** Condiciones:

1.- “Si la grieta es sellada o no, de cualquier anchura con escala (profundidad) mayor que 1 cm” (Varela, 2002).

2.- “Grieta no sellada con anchura superior que 5.1 cm” (Varela, 2002).

Figura 2

Vista de grieta longitudinal



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.2 GRIETA TRANSVERSALES Y/O DIAGONALES

“Grieta lineal de la losa que sucede casi perpendicularmente a dirección del eje del pavimento, o en forma oblicua a este, de manera que separa la losa en 2 o 3 partes” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

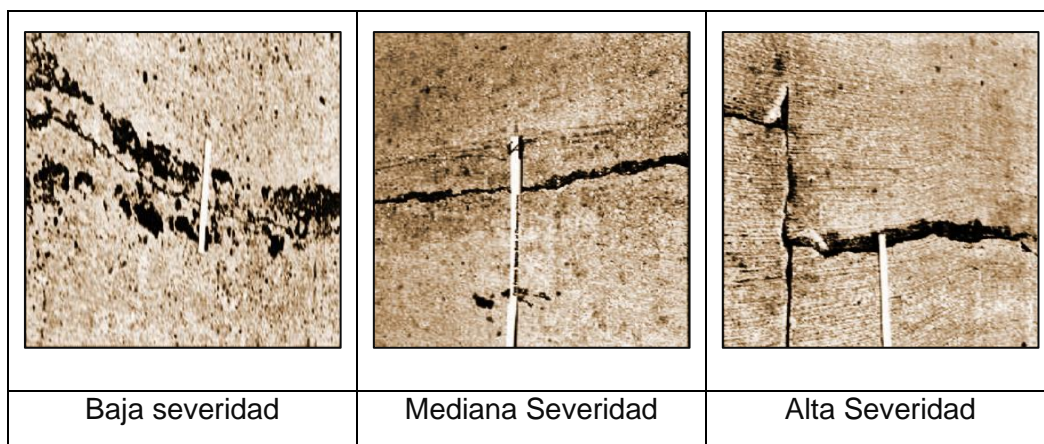
- **Bajo (L):** Condiciones:

1.- “Grieta no sellada (incluye sellado obsoleto) con anchura inferior que 1.2 cm o grieta sellada de cualquier anchura con llenante en estado adecuado. No existe escala (profundidad)” (Varela, 2002).

- **Medio (M):** Condiciones:
 - 1.- “Si la grieta es sellada de cualquier anchura con escala (profundidad) menor que 1 cm” (Varela, 2002).
 - 2.- “Grieta no sellada de anchura hasta 5.1 cm con escala (profundidad) menor que 10 mm” (Varela, 2002).
 - 3.- “Grieta no sellada con anchura entre 1.2 cm y 5.1 cm” (Varela, 2002).
- **Alto (H):** Condiciones:
 - 1.- “Si la grieta es sellada o no, de cualquier anchura con escala (profundidad) mayor que 1 cm” (Varela, 2002).
 - 2.- “Grieta no sellada con anchura superior que 5.1 cm” (Varela, 2002).

Figura 3

Vista de grieta Transversal y/o diagonal



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.3 GRIETA DE ESQUINA

“Que corta las juntas de una losa a una longitud inferior o igual que la mitad de la distancia de la losa en ambos lados, con medición desde la esquina de la misma” (Varela, 2002). La grieta de esquina se esparce verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Nivel de severidad• **Bajo (L):** Condiciones:

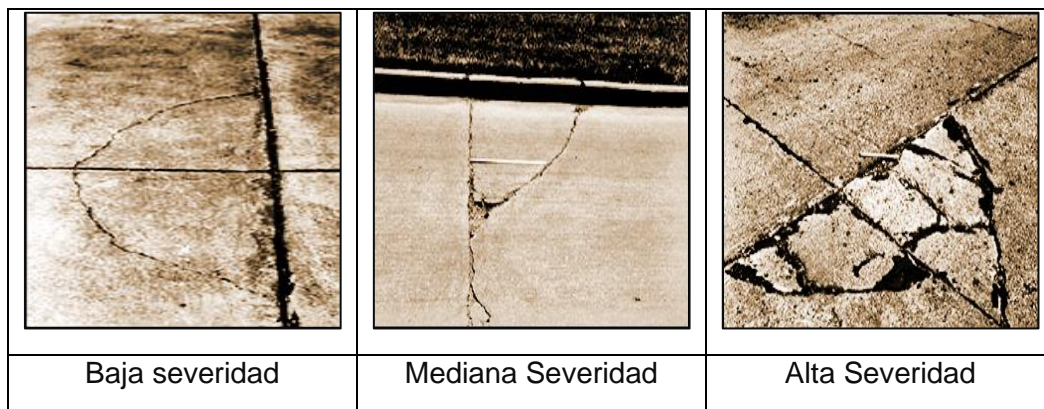
- 1.- “Si tiene un ancho menor a 1.3 cm” (Varela, 2002).
- 2.- “Alguna fisura rellenada de manera eficiente, sin escala (profundidad)” (Varela, 2002).
- 3.- “El espacio entre la grieta y las juntas puede estar ligeramente fisurada o no fisurada” (Varela, 2002).

• **Medio (M):** Condiciones:

- 1.- “Si tiene un ancho mayor a 1.3 cm y menor a 5 cm” (Varela, 2002).
- 2.- “Grieta sin relleno de anchura menor a 5 cm con escala (profundidad) menor a 1 cm” (Varela, 2002).
- 3.- Cualquier grieta con relleno y con escala (profundidad) menor a 1 cm.

• **Alto (H):** Condiciones:

- 1.- “Si el espacio entre la grieta y las juntas esta severamente fisurada” (Varela, 2002).
- 2.- “Puede ser una grieta sin relleno de ancho mayor a 5cm” (Varela, 2002).
- 3.- “Cualquier grieta con o sin relleno con escala (profundidad) mayor a 1 cm” (Varela, 2002).

Figura 4*Vista de grieta de Esquina**Nota.* Elaboración propia.**3.2.2.1.4 GRIETA DE DURABILIDAD - D**

Deterioro que aparece como malla de grietas paralelas y cercanas a una grieta lineal o a una junta. “Puesto que el concreto se satura cercano a las grietas y las juntas, es usual encontrar una acumulación de oscuro color en las inmediaciones de las grietas de durabilidad” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

- **Bajo (L):** Condiciones:

1.- “Si las grietas de durabilidad abarcan menos del 15% del espacio de la losa y la mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido” (Varela, 2002).

- **Medio (M):** Condiciones:

1.- “Si la Grieta de durabilidad abarcan más del 15% del espacio de la losa y la mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas se han desprendido o pueden retirarse fácilmente” (Varela, 2002).

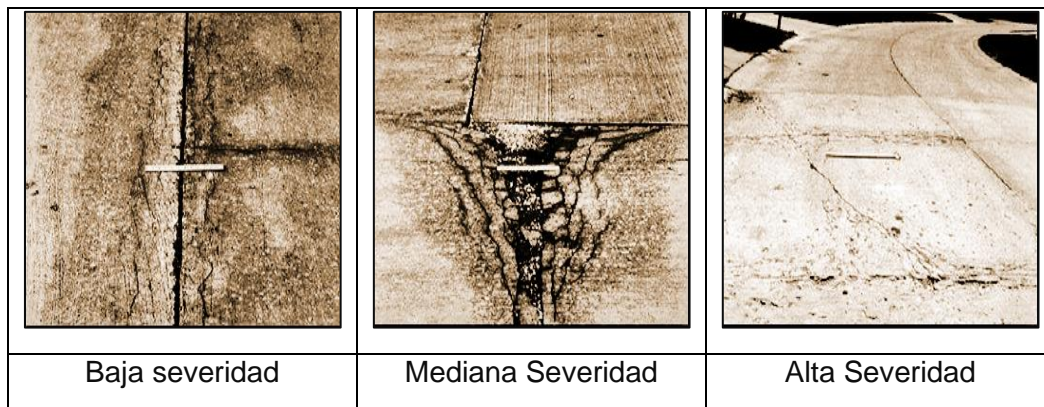
2.- “Las grietas de durabilidad abarcan menos del 15% del espacio de la losa y la mayoría de las piezas se han desprendido o pueden retirarse con facilidad” (Varela, 2002).

- **Alto (H):** Condiciones:

1.- “Si las grietas de durabilidad abarcan más del 15% del espacio de la losa y la mayoría de las piezas se han desprendido o pueden retirarse fácilmente” (Varela, 2002).

Figura 5

Vista de grieta de durabilidad “D”



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.5 GRIETAS EN BLOQUE

“Fracturamiento de la losa de forma de malla amplia, mezclando grietas longitudinales, transversales y/o diagonales, que dividen en 4 o más pedazos” (Varela, 2002).

Niveles de severidad

La tabla muestra los niveles de severidad.

Tabla 1*Niveles de severidad de grieta en bloque*

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NUMERO DE PEDAZOS EN LA LOSA AGRIETADA		
	4 A 5	6 A 8	8 A MAS
Bajo (L)	L	L	M
Medio (M)	M	M	H
Alto (H)	M	M	H

Nota. ASTM D6433-03**Evaluación**

Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño (Varela, 2002).

Figura 6*Vista de grieta en bloque**Nota.* Elaboración propia.**3.2.2.1.6 DETERIORO DEL SELLO DE LA JUNTA**

Es cualquier estado o condición que posibilita que, suelo o material incompresible se amontone en las juntas o que posibilita la penetración de agua. "El amontonamiento de

material incompresible dificulta el desplazamiento de la losa, posibilitando que se produzca otros deterioros como levantamiento/pandeo (Blowup/Buckling) o descascaramiento de junta” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

- **Bajo (L):** Condiciones:

1.-“Si el material de sello se encuentra en estado bueno en forma total en toda la sección o muestra examinada. Se comporta adecuadamente, con uno o más tipos de deterioro que acontece en un grado leve” (Varela, 2002).

- **Medio (M):** Condiciones:

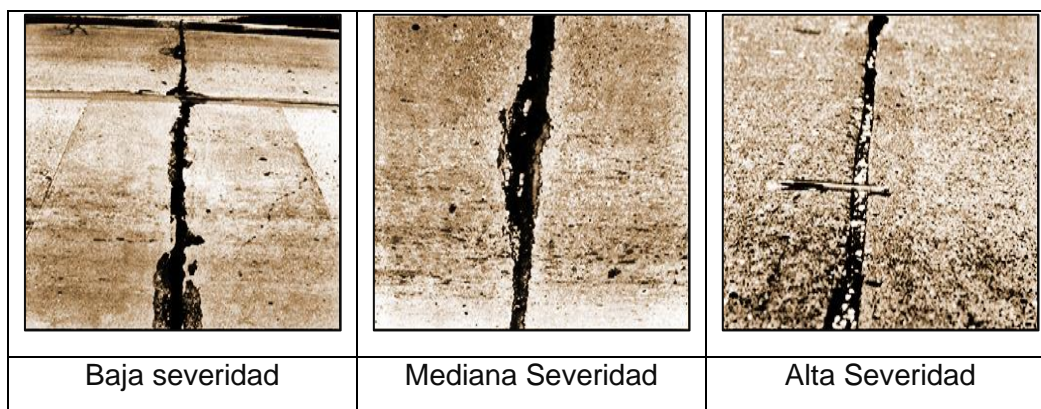
1.- “La Grieta es de mediana severidad, si el material de sello se encuentra en estado regular en forma total en toda la sección o muestra examinada, con uno o más tipos de deterioro que acontece en un grado moderado” (Varela, 2002). El material de sellado necesita ser reemplazado dentro de 2 a 3 años.

- **Alto (H):** Condiciones:

1.- “La Grieta es de alta severidad, si el material de sello se encuentra en estado malo en forma total en toda la sección o muestra examinada, con uno o más tipos de deterioro que acontece en un grado severo” (Varela, 2002).

Figura 7

Vista de deterioro del sello de la junta



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.7 DESCASCAMIENTO DE JUNTA

“Es la fractura de los bordes de la losa dentro de los 60 cm de la junta. Comúnmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que interseca la junta en ángulo” (Varela, 2002). El descascamiento puede presentarse también acompañado de grietas.

Nivel de severidad (Ver tabla 2).

Tabla 2

Niveles de severidad del descascamiento de junta

PIEZAS O TROZOS DEL DESCASCAMIENTO	ESCALA (PROFUNDIDAD) DEL DESCASCAMIENTO	ANCHO DEL DESCASCAMIENTO	LARGO DEL DESCASCAMIENTO	
			< 60 CM	> 60 CM
Firmes	-	< 10.2 cm	L	L
	-	> 10.2 cm	L	L
Pueden ser removidos	< 2.5 cm	< 10.2 cm	L	M
	< 2.5 cm	> 10.2 cm	L	M
Removidos	> 2.5 cm	< 10.2 cm	L	M
	> 2.5 cm	> 10.2 cm	M	H

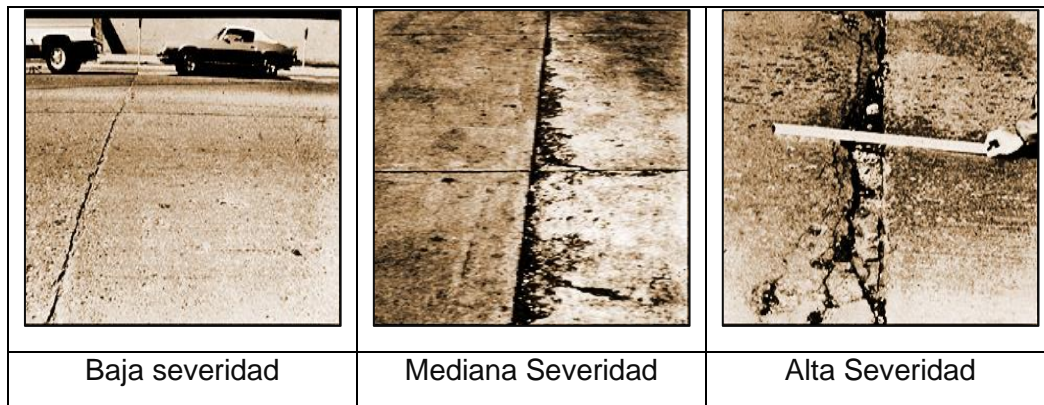
Nota. “Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento portlant”.

Evaluación

“El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta” (Varela, 2002, p.79).

Figura 8

Vista de descascaramiento de junta



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.8 GRIETA DE RETRACCIÓN Y DESCAMACIÓN

“Son grietas capilares (espesor de un cabello) que ocurre en la superficie del concreto fresco durante el fraguado y curado que comúnmente tiene una longitud menor a 2 m y no se extienden a lo largo de toda la losa” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

“No existe nivel de severidad. Basta señalar que están presentes” (Varela, 2002).

Figura 9*Vista de grieta de retracción y descamación**Nota.* Elaboración propia.**3.2.2.1.9 DESCASCAMIENTO DE ESQUINA**

“Es la rotura de los bordes de las losas dentro de los 60 cm de una esquina aproximadamente. Este deterioro comúnmente desciende hasta interceptar la junta en un ángulo” (Varela, 2002).

Nivel de severidad (Ver tabla 3).

Tabla 3*Niveles de severidad de descascamiento de esquina*

PROFUNDIDAD DEL DESCASCAMIENTO	DIMENSIONES DE LOS LADOS DEL DESCASCAMIENTO	
	12.7 CM X 12.7CM A 30.5 CM X 30.5	MAYOR QUE 30.5 CM A 30.5 CM
Menor de 2.5 cm	L	L
>2.5 cm a 5.1 cm	L	M
Mayor de 5.1 cm	M	H

Nota. “Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento portland”.

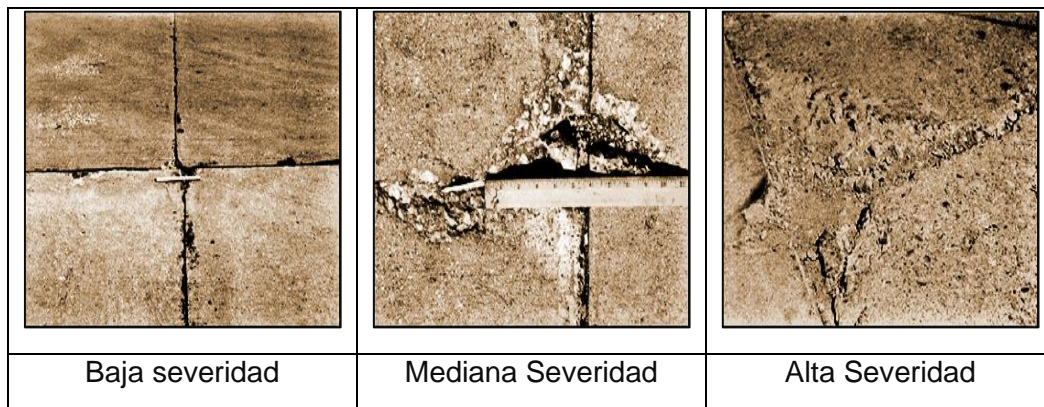
Como contar

Se contabiliza como una sola losa, si ocurre que en una misma losa existe uno o más descascaramiento de esquina con el mismo nivel de severidad.

Si sucede más de un nivel de severidad en la losa, entonces se cuenta como una losa con el más alto nivel de severidad presente (Varela, 2002).

Figura 10

Vista de descascaramiento de esquina.



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.10 PULIMENTO DE SUPERFICIE

“Este deterioro es producido por cargas repetidas del tránsito vehicular. Los agregados de la superficie se vuelven lisos y suaves entonces la adherencia con los neumáticos vehiculares se reduce considerablemente” (Varela, 2002).

Niveles de severidad

“No se precisan niveles de severidad, es suficiente con señalar que existe un pulimento en la superficie. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser claramente notable antes de incluirlo en un inventario y calificarlo como un deterioro” (Varela, 2002).

Figura 11*Vista de pulimento de superficie**Nota.* Elaboración propia.**3.2.2.1.11 “DESINTEGRACIÓN, AGUJEROS (POPOUTS)”**

“Pequeños trozos de pavimento que se desprende de la superficie del mismo formando pequeños vacíos. Varía en dimensión con diámetros entre 2.5 cm y 10.2 cm y en espesor de 1.3 cm a 5.1 cm” (Varela, 2002).

Nivel de severidad

“No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente 3 por m² en toda el área de la losa” (Varela,2002, p.67).

Figura 12*Vista de desintegración, agujeros (popouts)**Nota.* Elaboración propia.

3.2.2.1.12 BLOWUP - BUCKLINK (LEVANTAMIENTO - PANDEO)

Consiste en la sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizadas generalmente en zonas contiguas a una junta o grieta transversal que no es lo suficientemente espaciosa para permitir la dilatación de la losa, acompañada de rotura del concreto en esa zona y suceden en tiempos cálidos (Varela, 2002).

Nivel de severidad

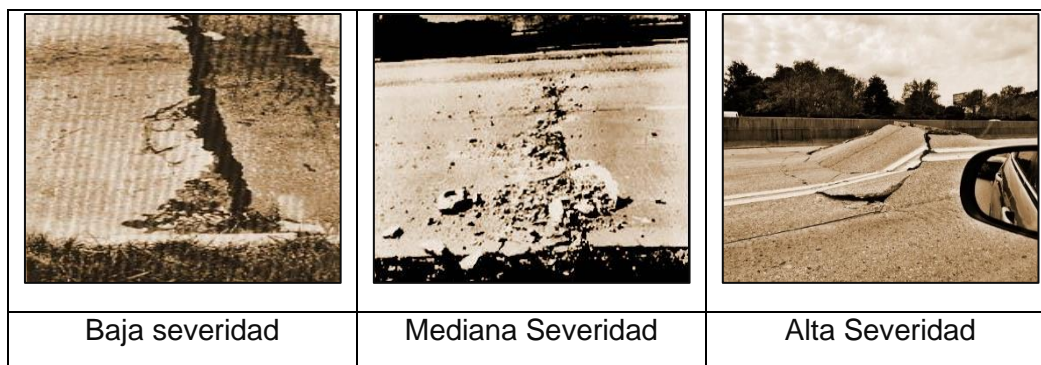
- ✓ **L:** “La Grieta es de baja severidad, si tiene una baja incidencia en la comodidad para la circulación vehicular, apenas perceptible en velocidad promedio” (Varela, 2002).
- ✓ **M:** “Si tiene una moderada incidencia en la comodidad para la circulación vehicular, obliga a disminuir la velocidad promedio” (Varela, 2002).
- ✓ **H:** “Si tiene una alta incidencia en la comodidad para la circulación vehicular, condiciona la velocidad y produce severa incomodidad” (Varela, 2002).

Como contar

“En una grieta, un blowup se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del blowup deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato” (Varela,2002, p.46)

Figura 13

Vista de Blowup – Bucklink (Levantamiento – Pandeo)



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.13 ESCALA

“Es la desigualdad de nivel a través de la junta” (Varela,2002, p.54).

Niveles de severidad

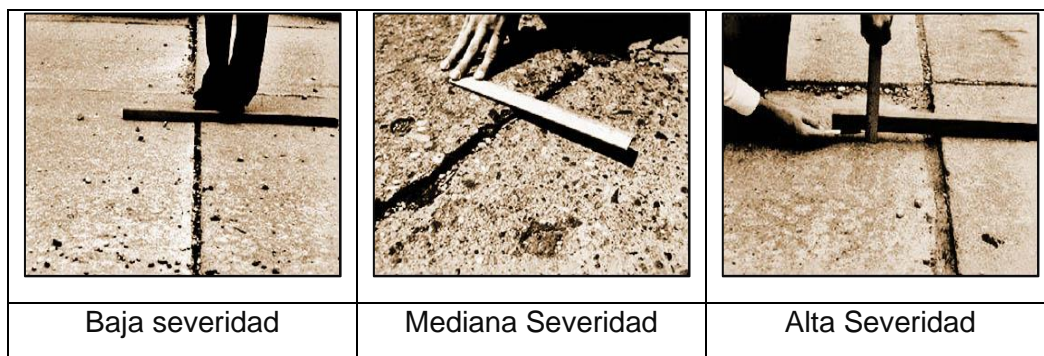
- ✓ **L:** “La Grieta es de baja severidad, si la diferencia en elevación es de 3 mm a 1 cm” (Varela, 2002).
- ✓ **M:** “Si la diferencia en elevación es de 1 cm a 1.9 cm” (Varela, 2002).
- ✓ **H:** “Si la diferencia en elevación es mayor a 1.9 cm” (Varela, 2002).

Como contar

“La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas” (Varela,2002, p.54).

Figura 14

Vista de deterioro por Escala



Nota. “Elaboración propia”.

3.2.2.1.14 DESNIVEL CARRIL / BERMA

“Es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la

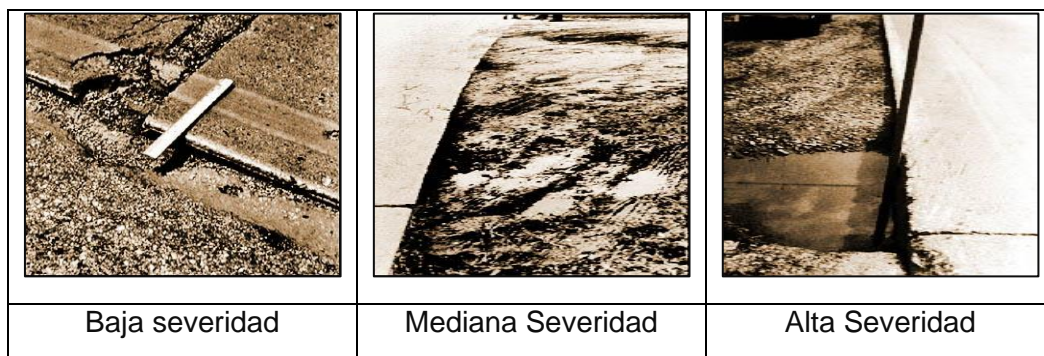
seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua” (Varela, 2002, p. 54).

Nivel de severidad

- ✓ **L:** “La Grieta es de baja severidad, si la diferencia entre la berma y el borde del pavimento es de 2.5 cm a 5 cm” (Varela, 2002).
- ✓ **M:** “La Grieta es de mediana severidad, si la diferencia de nivel es de 5 cm a 10 cm” (Varela, 2002).
- ✓ **H:** Si la diferencia de nivel es mayor que 10 cm (Varela, 2002).

Figura 15

Vista de deterioro de desnivel carril / berma



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.15 HUNDIMIENTO (PUNZONAMIENTO)

“Caída de la superficie del pavimento en una zona localizada, seguido de agrietamiento significativo por el asentamiento de losas” (Mendoza, 2019, p. 58).

Nivel de severidad de hundimiento (punzonamiento) (Ver tabla 4).

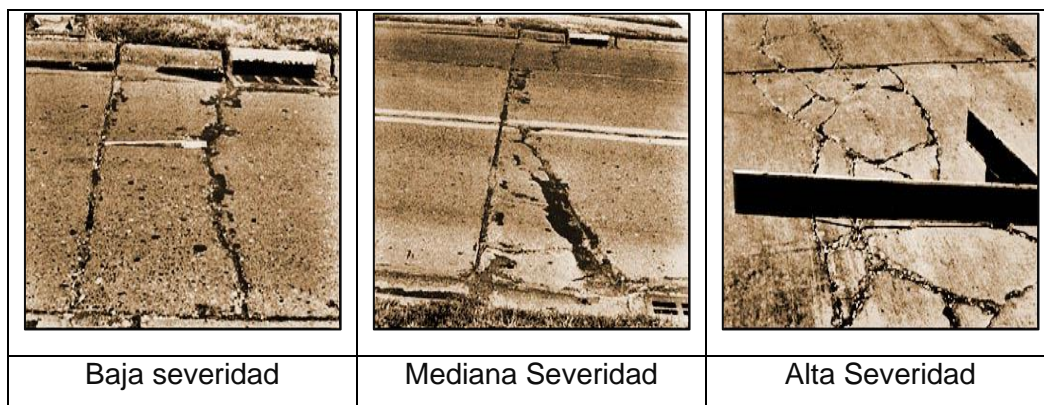
Tabla 4*Niveles de severidad de hundimiento*

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PIEZAS (PEDAZOS)		
	2 A 3	4 A 5	MAS DE 5
Bajo(L)	L	L	M
Medio(M)	L	M	H
Alto(H)	M	H	H

Nota. Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento portland.

Como contar

“Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente” (Varela, 2002, p.70).

Figura 16*Vista de hundimiento (Punzonamiento)*

Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.16 EXUDACIÓN Y BOMBEO

“Es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas” (Varela, 2002, p.68).

Nivel de severidad

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia (Varela, 2002).

Figura 17

Vista de exudación y bombeo



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.17 PARCHE PEQUEÑO DETERIORADO (MENOR DE 45 cm²)

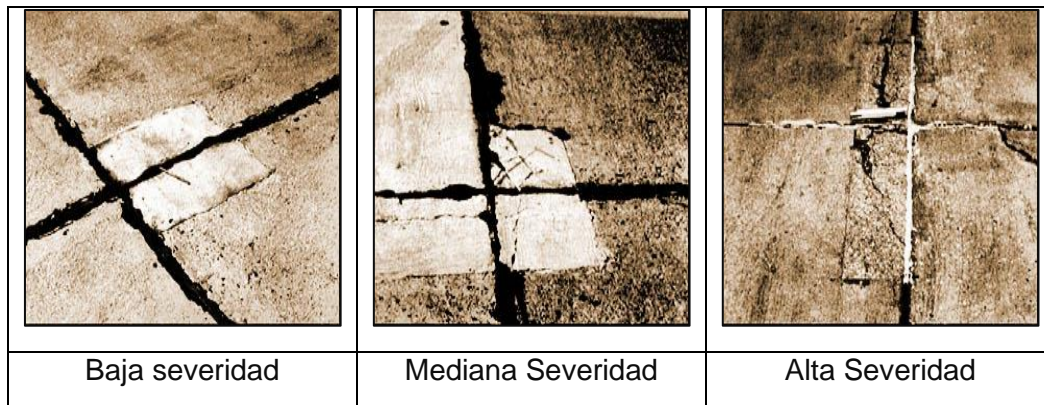
“Es un área donde el pavimento original ha sido removido y remplazado por un material de relleno” (Varela, 2002, p.64).

Nivel de severidad

- ✓ **L:** Si el parche está yendo bien, con poco o ningún daño.
- ✓ **M:** “Si el parche esta moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser apartado con esfuerzo considerable” (Varela, 2002).
- ✓ **H:** “La Grieta es de alta severidad, si el parche está muy deteriorado. El área del daño exige remplazo” (Varela, 2002).

Figura 18

Vista de parche pequeño deteriorado (menor de 45 cm²)



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.18 PARCHES GRANDES DETERIORADOS (MAYOR DE 45 cm²)

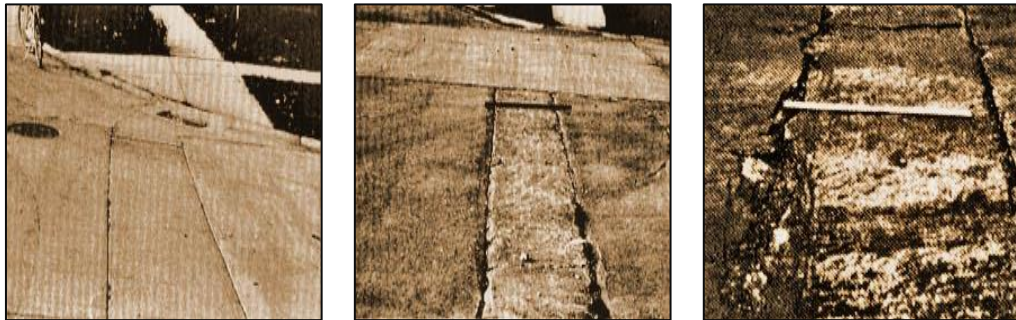
“Es una zona donde el pavimento original ha sido revuelto y remplazado por un material nuevo” (Varela, 2002, p.62).

Nivel de severidad

- ✓ **L:** Si el parche está marchando bien, con poco o ningún daño.
- ✓ **M:** Si el parche está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.
- ✓ **H:** La grieta es de alta severidad, si el parche está muy deteriorado. El área del daño exige remplazo (Varela, 2002).

Figura 19

Vista de parche grande deteriorado (mayor de 45 cm²)



Baja severidad

Mediana Severidad

Alta Severidad

Nota. Elaboración propia.

3.2.2.1.19 CRUCE DE VÍA FÉRREA

“Se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles” (Varela, 2002, p.72).

Nivel de severidad

- ✓ **L:** “La Grieta es de baja severidad, si el cruce de vía férrea realiza calidad de tránsito de baja severidad” (Varela, 2002).
- ✓ **M:** “La Grieta es de mediana severidad, si el cruce de la vía férrea realiza calidad de tránsito de severidad media” (Varela, 2002).
- ✓ **H:** “La Grieta es de alta severidad, si el cruce de la vía férrea realiza calidad de tránsito de alta severidad (Varela, 2002)”.

Figura 20

Cruce de vía férrea



Baja severidad

Mediana Severidad

Alta Severidad

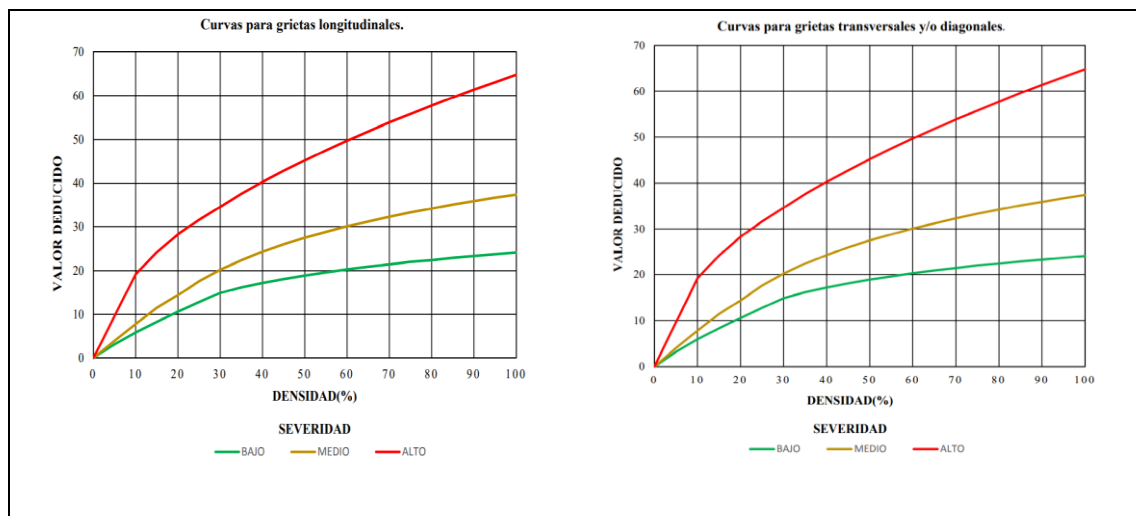
Nota. Elaboración propia.

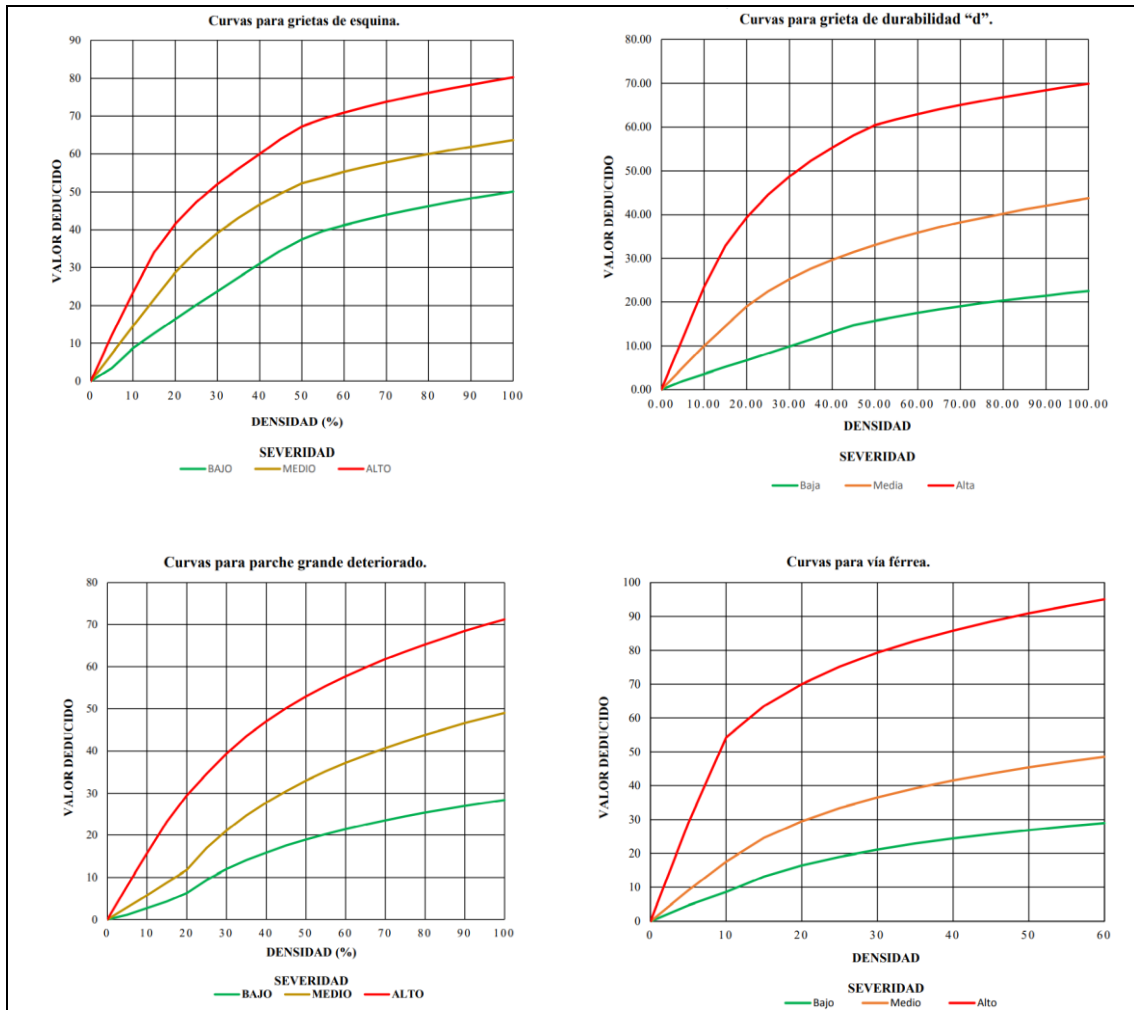
3.2.2.2. Curvas de valores deducidos

La metodología del PCI proporciona curvas de deterioro para determinar el valor deducido del daño. El valor deducido se determina mediante el valor de la densidad del eje de las abscisas, cortando la curva, según la severidad que corresponda, y se desplaza horizontalmente con el eje de las ordenadas que se encuentra el valor deducido correspondiente al daño que se trate.

Figura 21

Curvas de valores deducidos

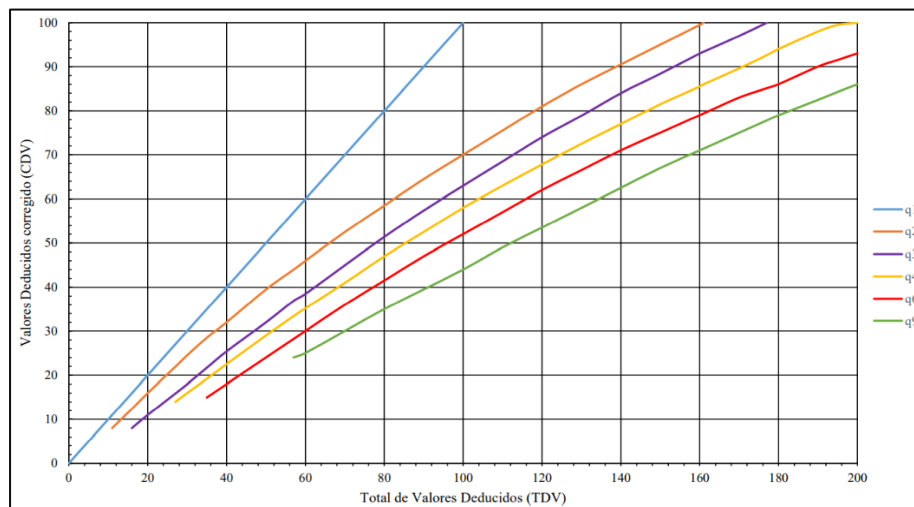




Nota. ASTM D6433-03

Figura 22

Curva de corrección de valores deducidos



Nota. ASTM D6433-03.

3.2.3 Evaluación Superficial

Al evaluar superficialmente los pavimentos, se busca calificar el estado superficial y/o estructural del pavimento mediante el índice de condición del pavimento para determinar deficiencias o insuficiencias de la misma. También al evaluar superficialmente se proporciona soluciones mediante actividades de mantenimiento o conservación vial y a la vez optimizar en el costo anual de mantenimiento o conservación vial, ahorrando de esta manera gastos mayores (Fundora, 2019).

3.2.3.1. PCI (Pavement Condition Index) y Clasificación del estado del pavimento

Es un rango numérico del estado del pavimento de 0 a 100, siendo cero la peor condición posible y 100 la mejor condición posible (ASTM, 2004). De igual manera se puede clasificar en escala cualitativa según corresponde con los rangos numéricos del PCI.

Tabla 5

Rango y clasificación del estado del pavimento rígido

RANGO	CLASIFICACIÓN
85-100	“Excelente”
70-85	“Muy Bueno”
55-70	“Bueno”
40-55	“Regular”
25-40	“Malo”
10-25	“Muy Malo”
0-10	“Colapsado”

Nota. ASTM D6433-03.

3.2.3.1.1 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La primera fase corresponde a tarea del campo, para eso se usa el formato1: “Formato de exploración de la condición para carreteras con pavimento rígido”, que fue diseñado según la metodología del PCI abalado por la norma ASTM D6433-03.

Unidad de muestreo

La unidad de muestreo para pavimento rígido se determina por 20+-8 losas en promedio

Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

Se usará la siguiente ecuación:

Ecuación 1

Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

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

Donde:

n: "Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar".

N: "Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento".

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

σ : "Desviación estándar del PCI entre las unidades".

Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se usa la ecuación siguiente:

Ecuación 2

Intervalo de muestreo

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

Donde:

N: "Número total de unidades de muestreo disponible"

n: "Número mínimo de unidades para evaluar"

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

3.2.3.1.2 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Etapa 1: *Calculo de valores deducidos.*

Contabilizar el número de losas afectadas, estas losas tendrán una combinación de tipo de deterioro, nivel de severidad, según **formato 1** (ver ANEXO 2).

Etapa 2: *Calculo del número admisible máximo de deducidos (m).*

Determine el Número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la ecuación:

Ecuación 3

Número máximo admisible de valores deducidos(m)

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

Etapa 3: *Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV).*

- Determine "q" (número de valores deducidos), mayores que 2.
- Determine el "valor deducido total" sumando todos los valores deducidos individuales

Etapa 4: *Calculo del PCI restando de 100 el máximo CDV.*

3.2.3.2 Tipo de mantenimiento o conservación vial

La conservación vial es el conjunto de actividades técnicas de naturaleza preventiva, correctivo mayor, correctivo menor, reconstrucción y rehabilitación, que deben

realizar las autoridades responsables de la gestión vial (municipales y/o gobiernos locales) para cuidar las carreteras y mantenerlas en estado óptimo de operación (Salomon, 2003).

❖ **Mantenimiento Preventivo o mínimo**

“Corresponde a una estrategia planificada destinada a retardar la aparición de deterioros y mantener o mejorar la serviciabilidad sin un aumento significativo de la capacidad estructural del pavimento” (Solminihac ,2019, p.296). Generalmente se aplica a pavimentos en buenas condiciones que aun cuentan con una vida de servicio remanente importante. Dentro de las operaciones asociadas a esta estrategia se encuentra: Sellado de grietas, tratamientos superficiales, recapados ultradelgados, cepillado, reparación de barras de traspaso de cargas, reparación aislada de losas en todo su espesor, reparación de grietas de esquina y desconches. Según Sotil (2014),” Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden necesitar acciones de mantenimiento mínimo preventivo” (p. 17).

❖ **Mantenimiento correctivo menor**

“Se refiere a las actividades de mantenimiento del día a día para mantener la serviciabilidad en niveles adecuados. Entre estas actividades se cuentan, la limpieza de canaletas longitudinales, mantención de demarcaciones, bacheo, sellado de grietas y recapados en lugares específicos” (Solminihac ,2019, p.296). Generalmente se realizan por administración directa, Según Sotil (2014),” Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo” (p.17).

❖ **Mantenimiento correctivo mayor o intensivo**

“Corresponde a aquellas operaciones de mantenimiento que se aplican como respuesta a deterioros que impactan la vida de servicio, seguridad o comprometen la

integridad del pavimento” (Solminihac ,2019, p.296). Es de naturaleza reactiva y tiene por función llevar la serviciabilidad a un nivel aceptable ante la presencia de deterioro imprevistos. Considera tratamiento de baches, colocación de parches, corrección de separación de junta berma-pavimento, reparación de junta y remplazo de losa en todo su espesor en lugares específicos. Según Sotil (2014), ”Pavimento en condición regular o dudosa, con fallas visibles que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y posiblemente una rehabilitación a mediano plazo” (p.17).

❖ **Rehabilitación menor (Refuerzo estructural)**

“Corresponde a mejoras no estructurales destinadas a retardar el envejecimiento” (Solminihac ,2019, p.296). Según Sotil (2014),” Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles” (p.17).

❖ **Rehabilitación mayor**

Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor en el corto plazo. “Consiste en mejoras estructurales que generalmente consisten en recapados estructurales” (Solminihac ,2019, p.296). Según Sotil (2014),” Pavimento en condición muy defectuoso, con fallas severas generadas que requieren una rehabilitación mayor, posiblemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo” (p.17).

❖ **Reconstrucción**

“Considera la reposición total del pavimento, cuando este ha quedado estructural y funcionalmente obsoleto, por lo cual permite redefinir totalmente sus propiedades. Puede realizarse totalmente o en capas” (Solminihac ,2019, p.294). La reconstrucción en capas consiste en remplazar parte o la totalidad de las capas del pavimento sin aumentar en

forma significativa la cota. También puede realizarse mediante reciclado, que consiste en utilizar los materiales del pavimento existente como materia prima para el nuevo pavimento. Según Sotil (2014), "Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo" (p.17).

Tabla 6

Tipo de mantenimiento según PCI

RANGO PCI	TIPO	DESCRIPCIÓN
100 a 85	"Mantenimiento Preventivo o mínimo"	"Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo" (Sotil ,2014, p17)
85 a 70	"Mantenimiento correctivo menor"	"Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo" (Sotil ,2014, p17)
70 a 55	"Mantenimiento correctivo mayor o intensivo"	"Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie 3. Re - encarpado delgado" (Sotil ,2014, p17)
55 a 40	"No se propone actividad"	No se propone actividad de mantenimiento alguna
40 a 25	"Rehabilitación menor" (Refuerzo estructural)	"Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generación de daños irreversibles" (Sotil ,2014, p17)
< 25	"Rehabilitación mayor" "Reconstrucción"	"Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo" (Sotil ,2014, p17)

Nota. Sotil, C.A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos

3.2.3.2.1 Comparación de curvas de deterioro del pavimento en el ciclo de vida fatal y deseable

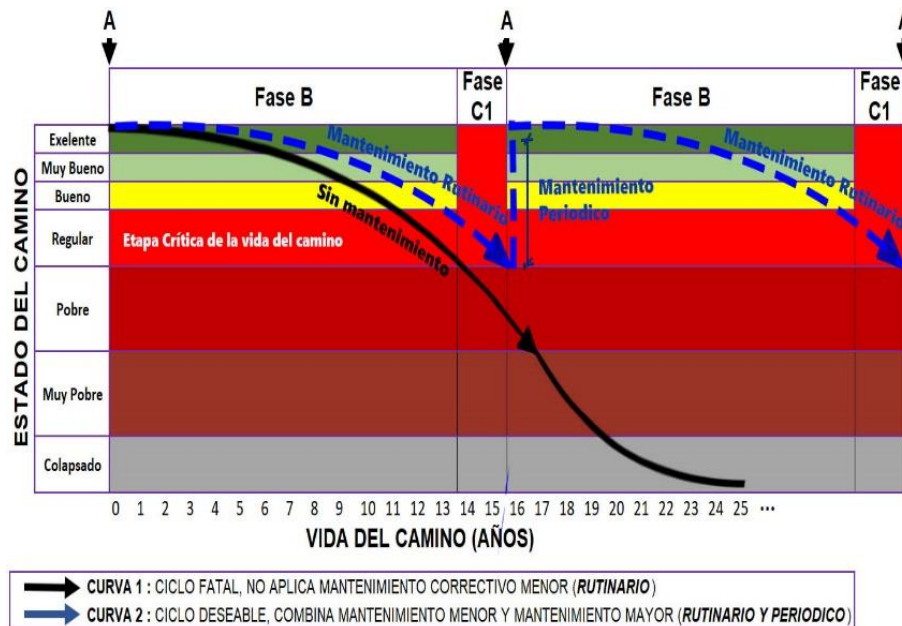
“El ciclo inicia con un camino nuevo o recientemente rehabilitado, este se encontrará en un estado óptimo de servicio. Si no se desarrollan adecuadas actividades de mantenimiento, el camino entra en un proceso acelerado de deterioro” (Salomon, 2003, p.12) como lo señala la curva sin mantenimiento (Ver la figura 24).

Pero si la autoridad vial desarrolla un sistema de mantenimiento correctivo menor y preventivo, “Este deterioro tendera a ser más lento y prolongara en el tiempo la necesidad de intervenir con un mantenimiento de tipo correctivo mayor, es decir de reponer la capa de concreto en los caminos pavimentados” (Salomon, 2003, p.13). (Ver curva con mantenimiento correctivo menor y correctivo mayor de la figura 24). Si esta forma de conservación se desarrolla de manera sostenida, el pavimento no debería volver a necesitar de una rehabilitación o reconstrucción completa.

“El estado de conservación de muy bueno a regular puede prolongarse por un periodo aproximado de 2 a 3 años si es que no se le da un mantenimiento rutinario” (Salomón, 2003, p.13). Pero si se le brinda mantenimiento rutinario, este periodo se puede prolongar por 4 o 5 años.

Figura 23

Comparación de curvas de deterioro del pavimento en ciclo de vida fatal y deseable



Nota. Adaptado de Solminihac et al. (2019).

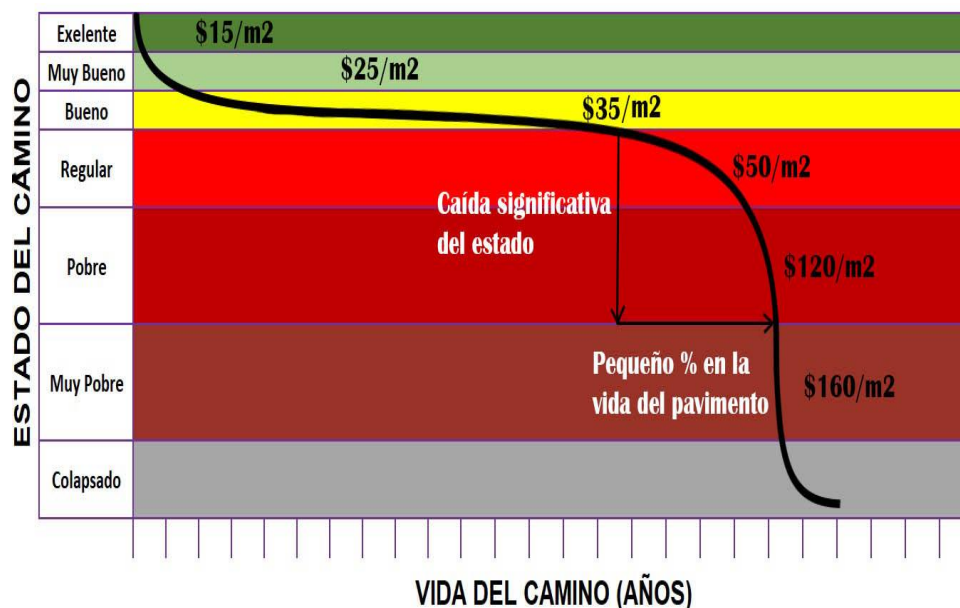
3.2.3.3 Costo anual de mantenimiento o conservación vial

3.2.3.3.1 Curva del costo anual de mantenimiento frente a la evolución del PCI

La figura 25 esquematiza como va deteriorándose el pavimento y cuáles son los costos de conservación en diferentes momentos a través de su vida de servicio. “Sin embargo, este proceso tiene que ser realizado con evaluaciones de costo a nivel municipal o local. Para proteger esta limitación, se adoptan los valores unitarios estimados conforme a la tabla 7” (Gaspar, 2018, p.70).

Figura 24

Curva del costo anual de mantenimiento frente a la evolución del PCI



Nota. Adaptado de Fundora (2019) y Sotil (2014)

Tabla 7

Costo de mantenimiento sugerido

ESTADO PCI	COSTO (\$/m ²)
A	15
B	25
C	35
D	50
E	120
F	160

Nota. Sotil (2014)

3.2.3.3.2 Cálculo del costo anual de mantenimiento según PCI

“Contiene la proyección del deterioro en las unidades de muestreo analizadas, basada en la aplicación de tasas de deterioro progresivo. Para ello se evaluarán dos modelos” (Gaspar, 2018, p.70).

❖ Modelo sin intervención

“Suponiendo que determinadas autoridades locales no hacen ninguna acción de mantenimiento o conservación vial sobre su red ya sea por corto presupuesto, falta de decisión o de interés en este espacio, se experimentara un deterioro progresivo del pavimento” (Gaspar, 2018, p.70).

Tabla 8

Ratios de deterioro referenciales

ACTUAL CONDICIÓN	FUTURO	
	CONDICIÓN	PORCENTAJE
A	A	90.00%
	B	10.00%
B	B	80.00%
	C	20.00%
C	C	50.00%
	D	50.00%
D	D	70.00%
	E	30.00%
E	E	80.00%
	F	20.00%
F	F	100%

Nota. Sotil (2014)

Tabla 9

Horizonte de Evaluación a considerar según el sistema Invierte Perú

TIPO DE PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (PIP)	PERIODO DE BENEFICIOS
“Carreteras con tratamiento superficial bicapa”	15 años
“Carreteras a nivel de afirmado y sin afirmar”	10 años
“Carreteras a nivel de pavimentos con soluciones básicas”	10 años
“Carreteras pavimentadas (flexible y rígido)”	20 años
“Puentes aislados”	20 años

Nota. MEF (2003).

Una vez evaluada la condición de la vía, los costos de mantenimiento se expresan en dólares como se muestra en la Tabla 7. El monto resultante es la inversión necesaria para restaurar completamente el sistema y se denomina costo anual de mantenimiento (CAM).

Ecuación 4.

Determinación del costo Anual de Mantenimiento

$$\text{CAM} = (\%i) \cdot (\text{Atotal}) \cdot (\text{Cmnto})$$

CAM : “Costo Anual de Mantenimiento”

%i : “Porcentaje de distribución por nivel de condición”

Atotal : “Área total del tramo en análisis”

Cmnto: “Costo de mantenimiento por nivel de condición”

❖ **Modelo con intervención**

También cabe resaltar que puede ser modificada el porcentaje a asignar anualmente según los recursos económicos del gobierno municipal para una búsqueda de mejores resultados

3.3 Definiciones de términos

Metodología del PCI

La metodología del PCI es un procedimiento normado por la ASTM D 6433-03 que contiene información e instrucción confiable con ciertos detalles de manera más precisa de efectuar una evaluación real y apropiada de los pavimentos para determinar el estado del pavimento a través de las observaciones de campo. Por otro lado, es de fácil implementación que no requiere equipos especializados (Gutiérrez, 2018).

PCI (Índice de condición del pavimento)

Es un rango numérico del estado del pavimento de 0 a 100, siendo cero la peor condición posible y 100 la mejor condición posible (ASTM, 2004).

Evaluación superficial

Al evaluar superficialmente los pavimentos, se busca calificar el estado superficial y/o estructural del pavimento para determinar deficiencias o insuficiencias de los pavimentos y proporcionar soluciones de mantenimiento y la optimización de los costos de mantenimiento, ahorrando de esta manera gastos mayores (Fundora, 2019).

Deterioro de pavimentos

“En términos generales se entenderá por deterioro de pavimentos a una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodado, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores” (Solminihac, 2005, p.112).

Mantenimiento Vial

“es un proceso el mantenimiento vial, que incluye actividades de ingeniería e instalación que se realizan de manera permanente o continua en los tramos que conforman la red vial.” (MTC, 2016, p.24). El mantenimiento vial es crucial para asegurar la seguridad, la durabilidad y el rendimiento de las infraestructuras de transporte, como carreteras, puentes y túneles. Este proceso incluye una variedad de actividades que buscan mantener y, en su caso, mejorar la condición de las vías para que se mantengan en óptimo estado durante su vida útil.

Importancia del mantenimiento Vial

El mantenimiento adecuado de las carreteras y demás infraestructuras viales no solo mejora la seguridad, sino que también reduce los costos a largo plazo al prevenir reparaciones mayores. Además, contribuye a la eficiencia del transporte, minimizando el tiempo de viaje y el consumo de combustible.

Mantenimiento Preventivo o mínimo

“El pavimento está en muy buen estado. En ocasiones, no es necesario el mantenimiento correctivo inmediato.” (Sotil ,2014, p17). Se refiere a las acciones que se realizan de manera regular y anticipada para evitar el deterioro mayor de las carreteras o pavimentos. Este tipo de mantenimiento se enfoca en preservar la infraestructura en su estado actual, evitando que pequeñas fallas o daños se conviertan en problemas más graves y costosos de reparar. El objetivo del mantenimiento preventivo es extender la vida útil de la carretera, reducir la frecuencia de reparaciones mayores y garantizar la seguridad de los usuarios. Este enfoque es generalmente más económico a largo plazo, ya que previene el deterioro acelerado y la necesidad de intervenciones costosas.

Mantenimiento correctivo menor

“El pavimento se encuentra en buen estado, pero presenta daños incipientes que necesitan mantenimiento correctivo inmediato y/o de corto plazo.” (Sotil ,2014, p17). El mantenimiento correctivo menor se refiere a las intervenciones que se realizan en la infraestructura vial para corregir defectos o deterioros que han surgido, pero que no requieren de una rehabilitación completa o de un mantenimiento correctivo mayor. Este tipo de mantenimiento es necesario para mantener la funcionalidad y seguridad de la vía sin la necesidad de cerrar el tramo afectado por períodos prolongados. Este tipo de mantenimiento es esencial para prolongar la vida útil de la infraestructura vial y asegurar

que se mantenga en condiciones seguras y operativas hasta que se pueda realizar una intervención de mayor envergadura si fuera necesario.

Mantenimiento correctivo mayor o intensivo

“Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo.” (Sotil ,2014, p17). Se refiere a las actividades y trabajos realizados para restaurar significativamente la capacidad funcional y estructural de una infraestructura vial o cualquier otra estructura civil. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando el deterioro ha alcanzado un nivel tal que no puede ser abordado mediante mantenimientos preventivos o correctivos menores. Este tipo de mantenimiento es crucial para garantizar la seguridad y funcionalidad de infraestructuras que han sufrido un desgaste significativo o daños severos.

Rehabilitación Menor

“La vía se encuentra en mal estado y actualmente presenta desperfectos que deberán ser restaurados en poco tiempo para evitar daños irreparables.” (Sotil ,2014, p.17). La rehabilitación menor es un tipo de intervención en el mantenimiento de carreteras que se enfoca en corregir defectos superficiales y menores del pavimento sin necesidad de realizar reconstrucciones profundas. Estas intervenciones son esenciales para mantener la integridad de las carreteras y evitar daños mayores que requieran reparaciones más costosas y complejas. La rehabilitación menor es especialmente útil en pavimentos que aún no han alcanzado un nivel crítico de deterioro, permitiendo extender su vida útil de manera efectiva.

Rehabilitación Mayor

“La carretera está en muy mal estado y tiene muchos defectos graves que requieren una renovación importante y un alto ritmo de reconstrucción en poco tiempo” (Sotil ,2014, p17). La rehabilitación mayor es un proceso integral dentro del mantenimiento de infraestructuras viales. Se refiere a intervenciones más significativas y de mayor alcance en comparación con la rehabilitación menor. Este tipo de rehabilitación generalmente implica restaurar o reemplazar capas importantes del pavimento, mejorar la base estructural y, en algunos casos, modificar la geometría de la carretera. La rehabilitación mayor suele ser necesaria cuando el pavimento ha experimentado un deterioro significativo que no puede ser reparado adecuadamente con técnicas de rehabilitación menor. Este proceso puede requerir una inversión considerable, pero es crucial para garantizar la longevidad y seguridad de la infraestructura vial.

Ratio

“Se utiliza como sinónimo de razón, en el sentido del cociente de los números o de cantidades comparables” (Real Academia Española ,2021, p.52). El término "ratio" generalmente se refiere a la relación o proporción entre dos cantidades. Es un concepto matemático ampliamente utilizado en diversos campos, incluido el de la ingeniería civil, para comparar magnitudes o medir la eficiencia de ciertos procesos. En el contexto del mantenimiento vial, un "ratio" podría utilizarse para calcular la eficiencia de recursos, comparar costos por kilómetro de carretera mantenido, o para evaluar la durabilidad de materiales de construcción en comparación con otros.

PIP

Proyecto de inversión pública. Es un sistema que reduce la brecha social y económica seleccionando diferentes proyectos en función de las necesidades de la población. Los Proyectos de Inversión Pública (PIP) son iniciativas impulsadas por el

gobierno para mejorar la infraestructura y los servicios públicos, con el objetivo de generar beneficios sociales y económicos a largo plazo. Estos proyectos se financian con fondos públicos y están orientados a sectores clave como transporte, salud, educación, agua y saneamiento, energía, entre otros. Estos proyectos son esenciales para garantizar un transporte seguro y eficiente, reduciendo costos de operación y tiempo de desplazamiento, y promoviendo el desarrollo económico y social de las regiones involucradas.

IV: METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de Investigación

4.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue aplicada porque se caracteriza en dar solución a los problemas, con la finalidad de generar bienestar a la sociedad.

4.1.2 Nivel de investigación

De acuerdo con el nivel de investigación, el presente estudio se ubicó en el nivel **descriptivo**, porque permitirá medir y describir las características más importantes de los hechos o fenómenos de la evaluación superficial del pavimento rígido en la avenida analizada. Según Ríos (2018), " Los problemas son abordados con el enfoque cuantitativo y se caracteriza por medir el comportamiento de los valores de una variable en un grupo, espacio y tiempo definidos" (p. 110).

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.2.1 Temporal

Se inicio en abril del 2023 y se concluyó en octubre del 2023

4.2.2 Espacial

La tesis se realizó en la Av. Núñez específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto del distrito de Abancay, departamento de Apurímac

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Pavimentos de la red viaria urbana de la ciudad de Abancay

4.3.2 Muestra

Pavimentos de la Av. Núñez específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto

4.4 Instrumentos

Formato 1: *“Formato de exploración de la condición para carreteras con pavimento rígido”.*

Formato 2: Formato de costo anual de mantenimiento vial según PCI con intervención.

Formato 2: Formato de costo anual de mantenimiento vial según PCI con intervención

FECHA _____
 PROG.INICIAL _____ PROG.FINAL _____
 INSPECCIONADO POR _____




Nº	UM	PROG. INICIAL	PROG. FINAL	PCI (Para cada unidad de muestra)	ESTADO DEL PAVIMENTO					
					F	E	D	C	B	A
					MUY POBRE Y COLASADO 0-25	POBRE 25-40	REGULAR 40-55	BUENA 55-70	MUY BUENO 70-85	EXCELENTE 85-100
1	UM-1									
2	UM-2									
3	UM-3									
4	UM-4									
5	UM-5									
6	UM-6									
7	UM-7									
8	UM-8									
SUMA										
TOTAL										
DISTRIBUCION ACTUAL (%)										
TOTAL (%)										

AÑO 1	%ACT	DETERIORO						%FUT	PCI-FUTURO		CAM \$
		A	B	C	D	E	F		PROMEDIO	PONDERADO	
A											
B											
C											
D											
E											
F											
TOTAL											

% Asignado	
% C.A.M-US\$	
% Area reparable	

Condic	%Fut	Condic	%Fut	PCI	CAM
A		A			
B		B			
C		C			
D		D			
E		E			
F		F			
TOTAL		TOTAL			

Fuente: Sotil, C.A. (2014). Adaptado de la propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales

 Mag. Saul José Chipa Cahuana Ingeniero Civil CIP. Nº 193001	 Mag. Ing. Charles Néstor Checya Alata	 Mag. Ing. Luis Huanca Astoquillca Ingeniero Civil CIP. Nº 116399
Aprobado por el experto 1 Mag. Ing. Saul José Chipa Cahuana	Aprobado por el experto 2 Mag. Ing. Charles Néstor Checya Alata	Aprobado por el experto 3 Mag. Ing. Luis Huanca Astoquillca

Nota. Adaptado de Sotil, C.A. (2014).

Se usó para recolectar la información o dato con la particularidad de proyectar el PCI afectado por el deterioro año a año haciendo uso de los ratios de deterioro referencial.

4.5 Procedimientos

- ❖ **Etapa inicial**
- ❖ Es la recolección de datos
- ❖ **Tabulación y agrupación de datos**
- ❖ Los datos se ordenan, clasifican y tabulan
- ❖ **Medición de datos**
- ❖ Comienza la elaboración matemática y la medición de los datos.
- ❖ **Inferencia estadística**
- ❖ La teoría de la probabilidad se hace presente

4.6 Análisis de datos

El tipo de análisis de datos es “El análisis descriptivo”, cuyo propósito es resumir y describir las características básicas de los datos recopilados.

4.7 Consideraciones éticas

Durante el trabajo no experimental se hace referencia al permiso institucional y a las declaraciones del comité de ética. Cada proyecto de investigación debe ser aprobado por el Comité de Ética Institucional de UTEA

V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados

5.1.1 Índice de condición del pavimento rígido y estado Actual del pavimento rígido en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay.

5.1.1.1 Cálculo de las unidades de muestreo

En el presente trabajo de investigación solo se tomó una parte de la avenida Núñez, comprendido específicamente entre la Av. Prado Alto y Tamburco Alto, esta parte de vía está constituida por una calzada con 2 carriles de circulación.

Tabla 10

Características del tramo estudiado

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO ESTUDIADO	
NÚMERO DE CARRILES	2
ANCHO DE CARRIL PROMEDIO (M)	3.60
LONGITUD DEL TRAMO (M)	326.71

El cálculo de losas en ambas direcciones dio como resultado un total de 176 placas, correspondientes a 8 unidades de muestreo con un área de 22 losas.

5.1.1.1.1 “Cálculo del número mínimo de unidades de muestreo”:

Usando la ecuación 1, descrita en el ítem 2.2.3.1.1.2. , se tiene lo siguiente:

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

$$N = \frac{\text{NÚMERO DE LOSAS DE LA SECCIÓN}}{\text{LOSAS POR UNIDAD DE MUESTREO}} = \frac{176}{22} = 8$$

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

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.(σ=15)

$$n = \frac{8 \times 15^2}{\frac{5^2}{4}x(8-1) + 15^2} = 6.69 \approx 7$$

5.1.1.1.2 “Selección de las unidades de muestreo para inspección”:

Usando la ecuación 2, descrita en el ítem 2.2.3.1.1.3. , se tiene lo siguiente:

$$i = \frac{N}{n} \quad ; \quad i = \frac{N}{n} = \frac{8}{7} = 1.19 \approx 1.00$$

Redondeamos a un número entero menor y el intervalo de muestreo será 1. Este valor indica que se evaluará las 8 unidades de muestreo del tramo en estudio.

5.1.1.2 Ejemplo de aplicación para el cálculo del PCI

Tomando como ejemplo el cálculo del PCI para la UM-1, la información es la siguiente:

- i. “En el diagrama de pavimento presentado en el Anexo 3 (UM-1) registró todos los deterioros presentes en cada losa de la unidad de muestreo evaluada, como se muestra en la Tabla 11”.

Tabla 11

Tipos de deterioros en la UM-1

ABSCISA	DIAGRAMA DEL PAVIMENTO	
11	7L, 3L, 10, 1M	1H, 10, 3M, 14L
10	10, 1M	7H, 1H
9	10, 1H, 7M	1H, 7M, 1M
8	3L, 10	10, 14L, 7L
7	3L, 10, 18M, 9L	10, 14L, 7L, 9L
6	3L, 10, 8	3M, 14L, 7L
5	3L, 10, 8	1M, 14M, 3L, 10
4	3L, 10, 2L, 7L, 15L	1H, 10
3	3L, 10, 8	1M, 10, 7M
2	1M, 10, 3L	3L, 10, 14M, 5M
1	1L, 3L, 7L, 10, 1H	14M, 15L, 1H, 10
Ordenadas	1	2

Nota. Elaboración propia.

- ii. “Contamos los tipos de deterioro en función de la severidad de cada losa y calculamos la densidad de cada una de ellas. Por ejemplo, para el deterioro 1M, su densidad se calcula de la siguiente manera”:

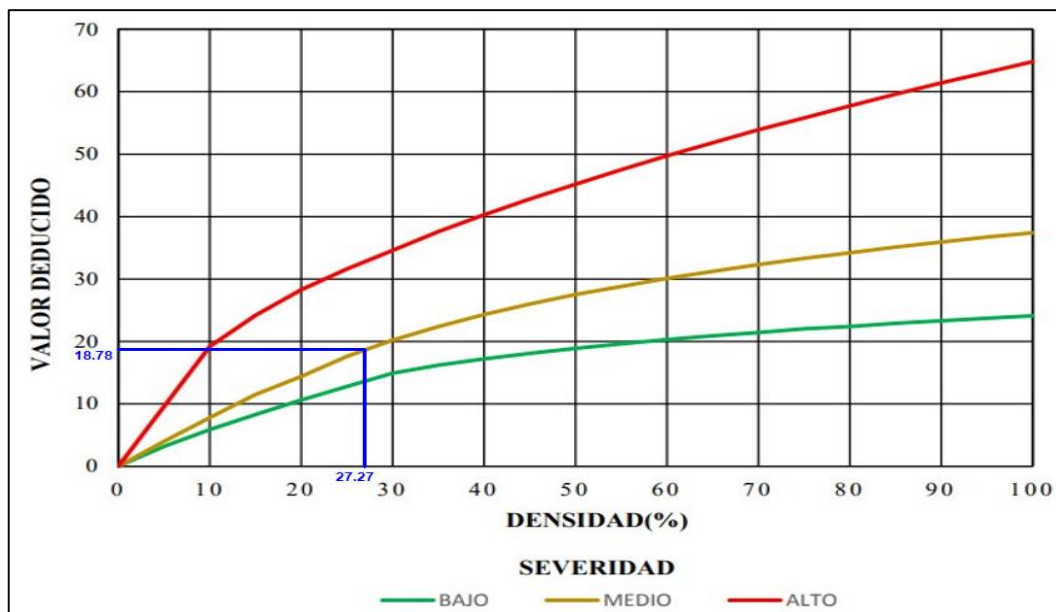
$$Densidad(\%) = \frac{6 * 100}{22} = 27.27 \%$$

Así es como se calculan todas las densidades para cada tipo de deterioro encontrada.

iii. "Calculamos los valores deducidos para cada tipo de deterioro usando los nomogramas de la figura 21, descrita en el ítem 2.2.2.2". Por ejemplo, para un deterioro 1M (grieta longitudinal de severidad media), el valor de entrada del eje X es 27.27% y la curva de densidad media es interceptado para obtener un valor deducido de 18.78 como se muestra en la Figura 26. De igual forma los DV se calcula para todos los deterioros de la UM-1 encontrados, como se muestra en la Tabla 12.

Figura 25:

Ejemplo del cálculo del DV empleando el nomograma respectivo.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 12*DV para cada tipo de deterioro en la UM-1*

FALLA	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1L	1	4.55	2.91
1M	6	27.27	18.78
1H	7	31.82	35.69
2L	1	4.55	2.91
3L	11	50.00	37.50
3M	2	9.09	13.17
5M	1	4.55	9.73
7L	6	27.27	5.89
7M	3	13.64	5.52
7H	1	4.55	6.37
8	3	13.64	0
9L	2	9.09	2.21
10	19	86.36	9.15
14L	4	18.18	1.85
14M	3	13.64	5.91
15L	2	9.09	13.18
18M	1	4.55	2.63

Nota. Elaboración propia

iv. Se utilizó la Ecuación 3 para calcular el número máximo admisible de los valores deducidos (m_i).

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDVi) \leq 10$$

Donde:

HDVi = 37.50 (Valor deducido más alto)

Remplazando en la Ecuación 03 tenemos.

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}(100 - 37.50) = 6.74 \approx 6 \leq 10$$

v. "Calculamos (CDV) siguiente procedimiento iterativo"

- "Se determina "q" mayor que 2, dado el número máximo admisible de los valores deducidos (mi), en este caso q=6".
- "El valor deducido total se determinó totalizando todos los valores derivados individuales: $37.50+35.69+18.78+13.18+13.17+9.73=128.05$, en este caso se utiliza el valor q=6".
- "El menor valor deducido individual mayor a 2 se reduce a 2, y luego se repite la operación anterior hasta que se concluya la condición "q" igual a 1, como se observa en la Tabla 13".

Tabla 13

Cálculo de los valores deducidos corregidos (CDV)

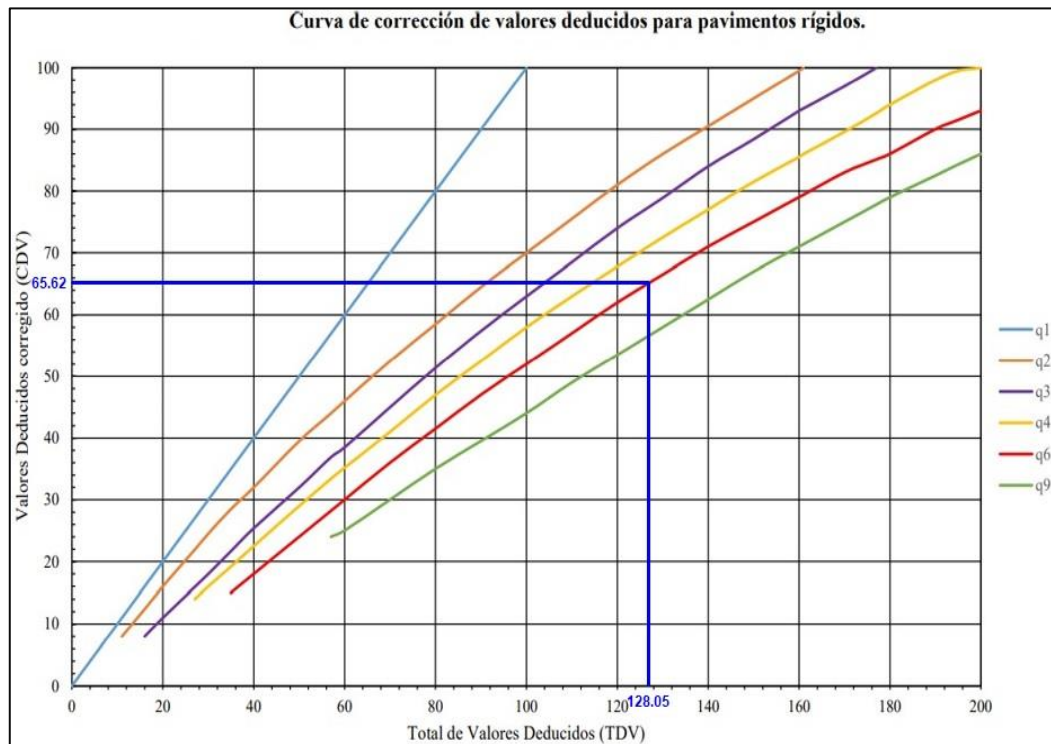
#	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV
1	37.50	35.69	18.78	13.18	13.17	9.73	128.05	6	65.62
2	37.50	35.69	18.78	13.18	13.17	2.00	120.32	5	65.04
3	37.50	35.69	18.78	13.18	2.00	2.00	109.15	4	62.57
4	37.50	35.69	18.78	2.00	2.00	2.00	97.97	3	61.86
5	37.50	35.69	2.00	2.00	2.00	2.00	81.19	2	59.21
6	37.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	47.50	1	47.50

Nota. Elaboración Propia

- "El valor de CDV se determinó a partir de la (q) correspondiente y el valor deducido total usando la curva de corrección para pavimentos", en nuestro ejemplo ingresa un valor de 128.05 en el eje X e intercepta la curva en q=6, dando un CDV de 65.62 como se muestra en la Figura 27.

Figura 26:

Cálculo del CDV empleando el nomograma respectivo



Nota. Elaboración propia

- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso. Max. CDV=65.62.

vi. Finalmente calculamos el PCI para la UM-1, restando de 100 el Max. CDV obtenido.

$$\text{PCI} = 100 - \text{Max. CDV}$$

$$\text{PCI} = 100 - 65.62$$

$$\text{PCI} = 34.38$$

CLASIFICACIÓN: MALO

5.1.1.3 PCI del tramo estudiado

En la Tabla 14, se muestra el valor del PCI para cada unidad de muestreo inspeccionada, así como la clasificación final del tramo.

Tabla 14*PCI y clasificación de las Unidades de Muestreo estudiadas*

UNIDAD DE MUESTREO	PCI	CALIFICACIÓN	NUMERO DE PAÑOS(N)	PCI x N
UMt-01	34.38	Malo	22-paños	756.36
UMt-02	36.34	Malo	22-paños	799.48
UMt-03	32.81	Malo	22-paños	721.82
UMt-04	27.84	Malo	22-paños	612.48
UMt-05	52.88	Regular	22-paños	1163.36
UMt-06	44.92	Regular	22-paños	988.24
UMt-07	29.52	Malo	22-paños	649.44
UMt-08	55.72	Bueno	22-paños	1225.84
Total			176	6917.02
PCI del Tramo Inspeccionado			6917.02 / 176	39.30
Clasificación			MALO	

Nota. Elaboración propia

Según la tabla 14, el índice de condición del pavimento (PCI) para el tramo de vía estudiada fue el valor de 39.30, que según la metodología usada este valor corresponde a un rango de clasificación de condición de MALO.

Figura 27:

Porcentaje de las unidades de muestreo según su clasificación.



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 15

Clasificación de las Unidades de muestreo

CALIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	Nº de UM	%
Bueno	1	12.50%
Regular	2	25.00%
Malo	5	62.50%
Σ	8	100%

Nota. Elaboración propia

De la Tabla 15 y la Figura 28 se puede observar que el 12,50% de las unidades de muestreo inspeccionadas pertenecen a clasificación de BUENO, el 25% de unidades se clasifican como REGULAR y el 62.50% de unidades se clasifican como MALO.

Tabla 16

Máximo valor deducido, tipo de deterioro y severidad de cada Unidad de Muestreo

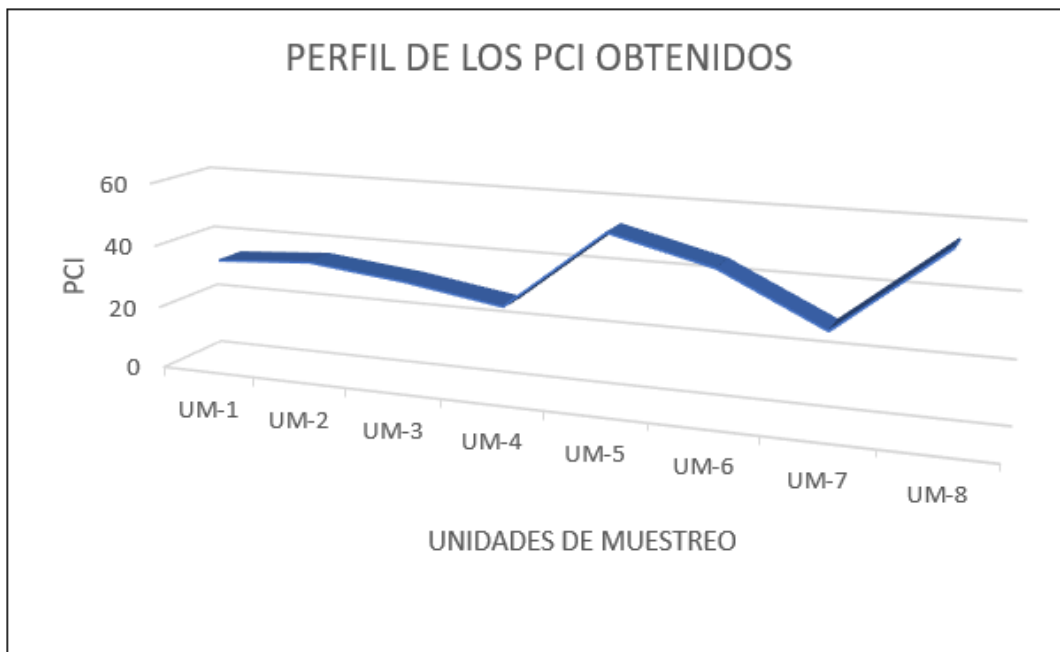
UM	MAX V.D	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	PCI
UMt-01	37.5	Grietas De Esquina.	L	34.38
UMt-02	45.2	Grietas Longitudinales.	H	36.34
UMt-03	53.13	Grietas Longitudinales.	H	32.81
UMt-04	38.33	Grietas Longitudinales.	H	27.84
UMt-05	32.96	Grietas Longitudinales.	H	52.88
UMt-06	32.96	Grietas Longitudinales.	H	44.92
UMt-07	35.69	Grietas Longitudinales.	H	29.52
UMt-08	22.84	Grietas Longitudinales.	H	55.72

Nota. Elaboración propia

De la Tabla 16 se puede observar que la grieta longitudinal es la falla que mayor daño ocasiona, ya que enseña el máximo valor deducido en las unidades de muestreo UMt-2, UMt-3, UMt-4, UMt-5, UMt-6, UMt-7, UMt-8.

Figura 28:

Perfil de los PCI obtenidos para cada Unidad de Muestreo del tramo inspeccionado



Nota. Elaboración Propia

En la Figura 28 se muestra el perfil de PCI obtenido para cada unidad muestral, se puede observar que la UM-4 obtuvo un valor mínimo de 27,84 como PCI, clasificándola como MALO, mientras que la UM-8 obtuvo un valor máximo de 55,72 como PCI, clasificándola como BUENO.

5.1.1.4 Resultados obtenidos según el tipo y severidad de falla existente en el pavimento rígido.

De las 8 unidades de muestreo inspeccionadas se dedujo que existen 676 combinaciones de deterioro a lo largo de todo el tramo vial. La Tabla 17 proporciona una descripción general de los tipos de deterioro y la severidad de los daños del pavimento rígido.

Tabla 17

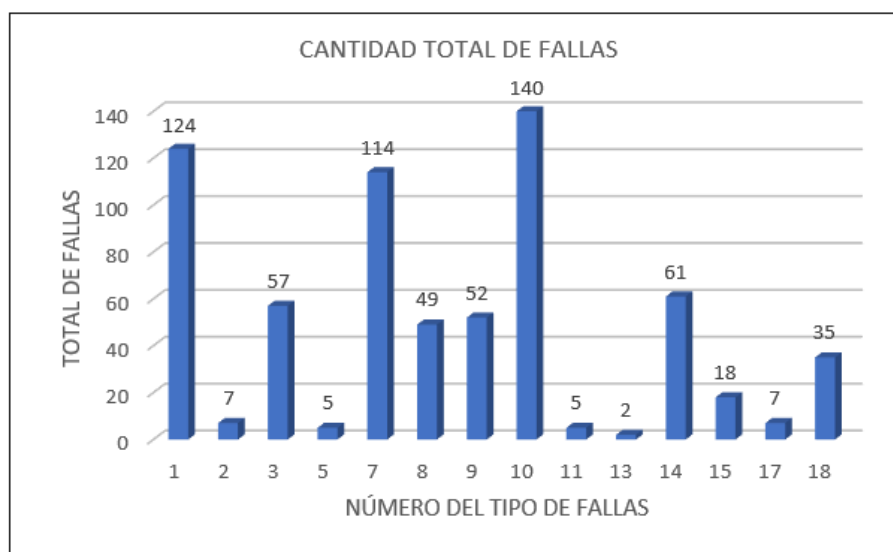
Cantidad total de fallas según su severidad.

Nº	TIPO DE FALLA DEL PAVIMENTO RÍGIDO	SEVERIDAD			TOTAL	DENSIDAD (%)
		BAJA	MEDIA	ALTA		
1	Grietas Longitudinales	34	27	63	124	18.34%
2	Grietas Transversales Y/O Diagonales	4	3	0	7	1.04%
3	Grietas De Esquina	44	13	0	57	8.43%
5	Grietas En Bloque	1	4	0	5	0.74%
7	Descascaramiento De Juntas	86	21	7	114	16.86%
8	Grietas De Retracción Y Descamación		49		49	7.25%
9	Descascaramiento De Esquina	47	5	0	52	7.69%
10	Pulimento De Superficie		140		140	20.71%
11	Desintegración, Agujeros (Popouts)		5		5	0.74%
13	Escala	2	0	0	2	0.30%
14	Desnivel Carril / Berma	43	17	1	61	9.02%
15	Hundimiento (Punzonamiento)	13	5	0	18	2.66%
17	Parche Pequeño Deteriorado	0	6	1	7	1.04%
18	Parche Grande Deteriorado	1	34	0	35	5.18%
Total de Fallas					676	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura 29:

Numero de fallas según su tipo

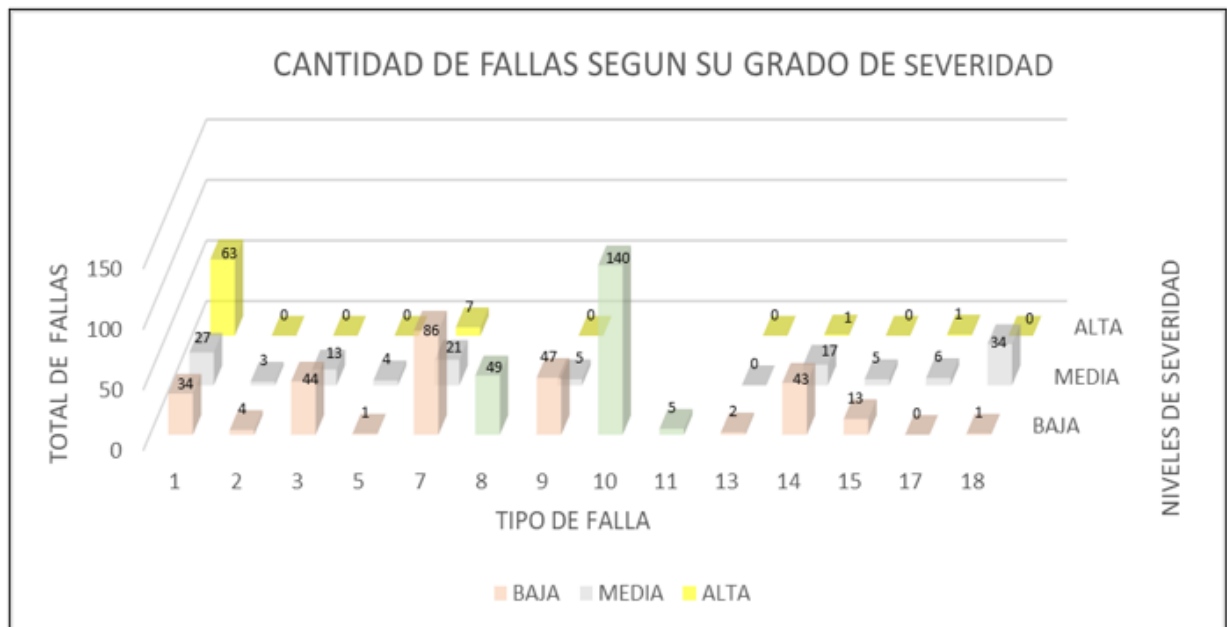


Nota. Elaboración Propia

Se puede observar en la fig. 29 que la falla causada por el pulido superficial se encontró en 140 losas, que es la más común en todo el tramo inspeccionado. También cabe señalar que 124 losas presentan un grieta longitudinal, que puede provocar un mayor deterioro a corto plazo del estado de la vía, y la fig. 30 muestra el número de deterioros por su grado de severidad del pavimento rígido.

Figura 30:

Cantidad de fallas según su severidad.



Nota : Los deterioros 8,10 y 11 no poseen tipo de severidad

En la tabla 18 se repartió a los tipos de deterioro resultantes en forma descendente según su cantidad, logrando lo siguiente: El deterioro más frecuente es por pulimento de superficie, consecutivamente por las grietas longitudinales, descascaramiento de juntas y la falla desnivel carril / berma.

Tabla 18

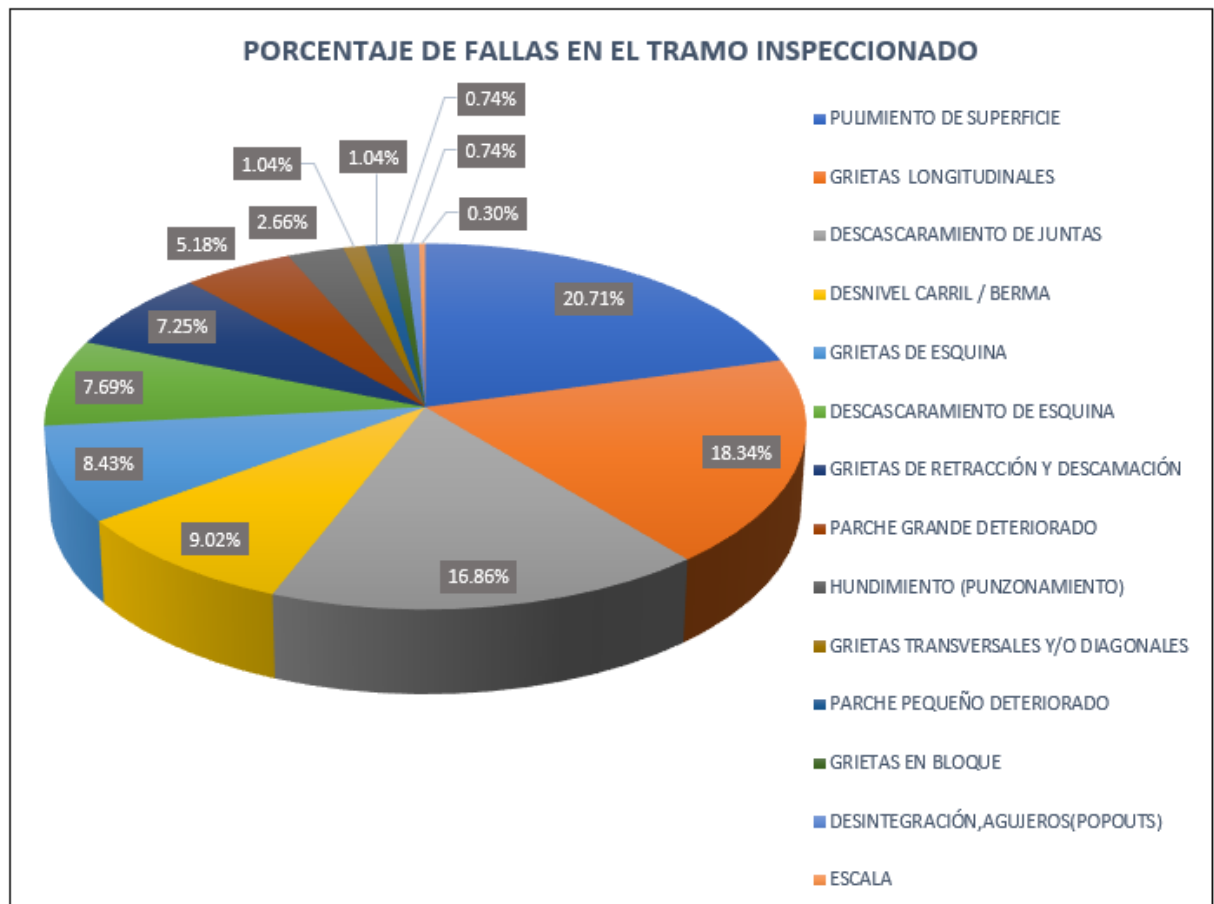
Fallas más frecuentes encontradas en las unidades de muestra de la vía inspeccionada.

Nº	TIPO DE FALLA EN PAVIMENTO RÍGIDO	TOTAL DE FALLAS	(%)
10	Pulimento De Superficie	140	20.71%
1	Grietas Longitudinales	124	18.34%
7	Descascaramiento De Juntas	114	16.86%
14	Desnivel Carril / Berma	61	9.02%
3	Grietas De Esquina	57	8.43%
9	Descascaramiento De Esquina	52	7.69%
8	Grietas De Retracción Y Descamación	49	7.25%
18	Parche Grande Deteriorado	35	5.18%
15	Hundimiento (Punzonamiento)	18	2.66%
2	Grietas Transversales Y/O Diagonales	7	1.04%
17	Parche Pequeño Deteriorado	7	1.04%
5	Grietas En Bloque	5	0.74%
11	Desintegración, Agujeros (Popouts)	5	0.74%
13	Escala	2	0.30%
TOTAL		676	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura 31:

Porcentaje de falla en el tramo inspeccionado



Nota. Elaboración propia.

5.1.1.5 Clasificación según su incidencia en la integridad de las losas

En la tabla 19, se presenta la clasificación según su incidencia en la integridad de las losas y en el tabla 20 la cantidad total de fallas estructurales y funcionales.

Tabla 19

clasificación según su incidencia en la integridad de las losas

CLASIFICACIÓN	Nº	TIPO DE FALLA EN PAVIMENTO RÍGIDO	TOTAL DE FALLAS	%
Fallas Estructurales	1	“Grietas Longitudinales”	124	18.34%
	2	“Grietas Transversales y/o Diagonales”	7	1.04%
	3	“Grieta de esquina”	57	8.43%
	5	“Grieta en Bloque”	5	0.74%
Fallas Funcionales	10	“Pulimento de Superficie”	140	20.71%
	7	“Descascaramiento de Juntas”	114	16.86%
	8	“Grieta de Retracción y Descamación”	49	7.25%
	9	“Descascaramiento de esquina”	52	7.69%
	18	“Parche Grande Deteriorado”	35	5.18%
	14	“Desnivel Carril / Berma”	61	9.02%
	15	“Hundimiento (Punzonamiento)”	18	2.66%
	11	“Desintegración, agujeros (Popouts)”	5	0.74%
	17	“Parche Pequeño deteriorado”	7	1.04%
13	“Escala”	2	0.30%	
TOTAL			676	100%

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 20

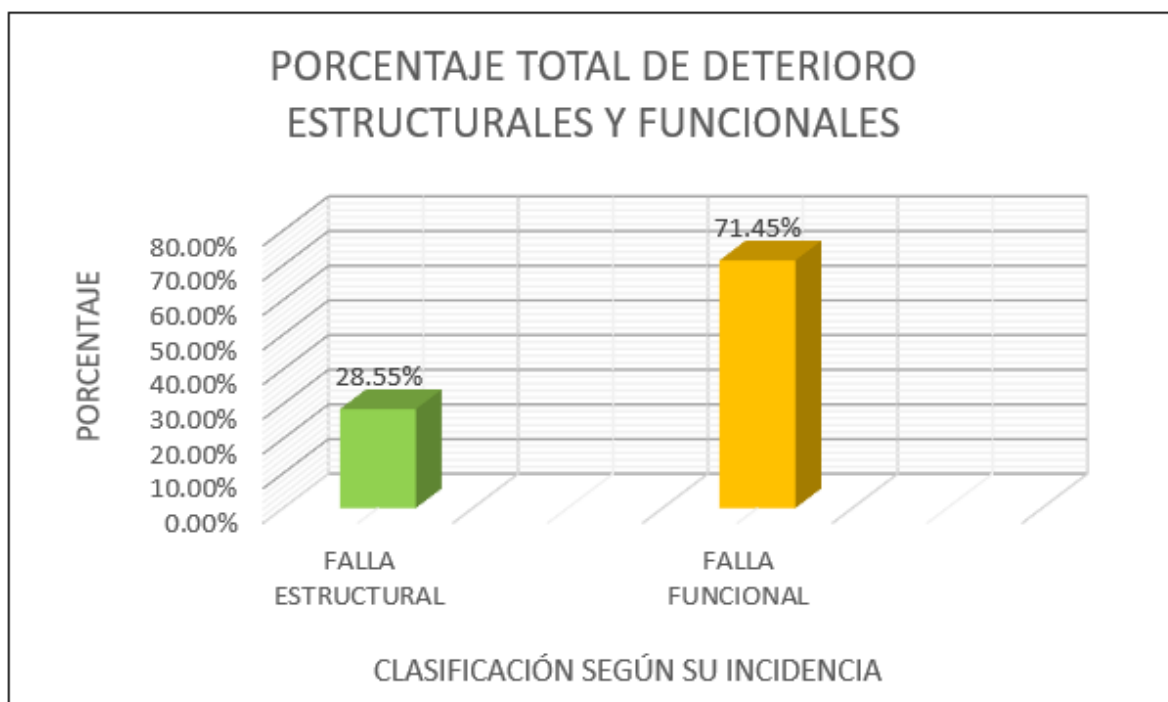
Total de deterioro estructural y funcional según su incidencia en la integridad de las losas.

CLASIFICACIONES	TOTALES	PORCENTAJE
Fallas Estructurales	193	28.55%
Fallas Funcionales	483	71.45%
Σ =	676	100%

Nota. Elaboración propia

Figura 32:

Porcentaje total de deterioro estructurales y funcionales según su incidencia en la integridad de las losas



Nota. Elaboración propia

De la tabla 19 y 20 se afirma lo siguiente:

- Se detectaron 483 casos de deterioro de orden funcional con una tasa de incidencia del 71,45%; 193 casos de deterioro de orden estructural con una tasa de incidencia del 28,55%.
- En términos de daño estructural, las grietas longitudinales detectadas con mayor incidencia ocurrieron en 124 losas del tramo inspeccionado, mientras que las grietas en bloque ocurrieron con menor incidencia en 5 losas.
- En términos de daño funcional, el pulimento de la superficie detectadas con mayor incidencia ocurrió en 140 losas del tramo inspeccionado, mientras que la falla por escala ocurrió con menor incidencia en 2 losas.

- Los daños funcionales son aquellos que afectan el confort de la circulación, y los daños estructurales ponen en riesgo la integridad de la estructura, lo que a su vez afecta negativamente el estado funcional.




5.1.2 Tipo de actividad de mantenimiento vial a realizar en la Av. Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay

Se aplicó el método PCI a un tramo de longitud 326.71 m con 2 carriles, en la Avenida Núñez, específicamente entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto para obtener un valor cuantitativo de condición del pavimento igual a 39.30 , lo que permitió la identificación según la Tabla 6, que se debe realizar actividades de tipo REHABILITACIÓN MENOR (REFUERZO ESTRUCTURAL), que son rehabilitaciones de corto plazo para evitar la generación de daños irreversibles.

Además, durante la etapa de inspección se detectaron 14 tipos de deterioros, y en la Tabla 21 se muestra la matriz de actividades de mantenimiento vial por severidad de cada deterioro según el método PCI.




Tabla 21

Matriz de Actividad de mantenimiento vial - I

N°	DETERIORO	POSIBLES CAUSAS	SEVERIDAD	INTERVENCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
1	Grietas Longitudinales	"Combinación de cargas de tránsito y alabeo por gradiente térmico o humedad" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	Baja	"No se hace nada o un sellado de grietas más anchas que 3.0 mm" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	
			Media	Sellado de grietas	
			Alta	"Sellado de grietas, parcheo profundo o un reemplazo de la losa" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	
2	Grietas Transversales y/o Diagonales.	"Combinación de cargas de tránsito y alabeo por gradiente térmico o humedad" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	Baja	"No se hace nada o un sellado de grietas más anchas que 3.0 mm" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	
			Media	Sellado de grietas	
			Alta	"Sellado de grietas, parcheo profundo o un reemplazo de la losa" (ASTM D6433-03, 2004, p. 57)	
3	Grieta de Esquina.	"Sobrecargas en las esquinas, repetición de cargas combinadas con la pérdida de soporte, alabeo térmico, asentamiento de la base y/o subrasante" (ASTM D6433-03, 2004, p. 47)	Baja	"No se hace nada o un sellado de grietas más anchas que 3.0 mm" (ASTM D6433-03, 2004, p. 47)	
			Media	Sellado de grietas o un parcheo profundo.	
			Alta	Parcheo profundo.	


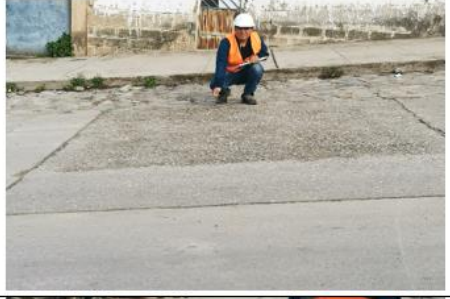

Nota. Elaboración propia.

Matriz de Actividad de mantenimiento vial - II

N°	DETERIORO	POSIBLES CAUSAS	SEVERIDAD	INTERVENCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
5	Grietas en Bloque	"Carga de tráfico muy alta, mala ubicación de las dovelas, corrosión de los pasadores, diámetros de barras muy pequeñas" (ASTM D6433-03, 2004, p. 49)	Baja	"No se hace nada o se procede con un sellado de grietas de más de 3mm" (ASTM D6433-03, 2004, p. 49)	
			Media	Reemplazo de la losa	
			Alta	Reemplazo de la losa	
7	Descascaramiento de junta	"Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles, concreto débil en la junta por exceso de manipulación" (ASTM D6433-03, 2004, p. 71)	Baja	No se hace nada	
			Media	Parcheo parcial	
			Alta	"Parcheo parcial o reconstrucción de la junta" (ASTM D6433-03, 2004, p. 71)	
8	Grietas de retracción y descamación	"Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa" (ASTM D6433-03, 2004, p. 69)	No posee severidad	No se hace nada	

Nota. Elaboración propia.

Matriz de Actividad de mantenimiento vial - III



Nº	DETERIORO	POSIBLES CAUSAS	SEVERIDAD	INTERVENCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
9	Descascaramiento de esquina	"Concreto débil en la esquina por exceso de manipulación" (ASTM D6433-03, 2004, p. 69)	Baja	No se hace nada	
			Media	Parqueo parcial	
			Alta	Parqueo parcial	
10	Pulimento de superficie	"Tránsito que produce el desgaste superficial de los agregados, mala terminación superficial del concreto, concreto mal dosificado o de mala calidad" (ASTM D6433-03, 2004, p. 61)	No posee severidad	"Ranurado de la superficie o una sobrecarpeta" (ASTM D6433-03, 2004, p. 61)	
11	Desintegración, agujeros (popouts)	"Mala dosificación del concreto, concreto Malo y/o con exceso de mortero, agregados de inapropiada granulometría, proceso constructivo inadecuado" (ASTM D6433-03, 2004, p. 62)	No posee severidad	No se hace nada	

Nota. Elaboración propia.

Matriz de Actividad de mantenimiento vial – IV

N°	DETERIORO	POSIBLES CAUSAS	SEVERIDAD	INTERVENCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
13	Escala	"Asentamiento debido a una fundación blanda, bombeo o erosión del material debajo de la losa" (ASTM D6433-03, 2004, p. 52)	Baja	No se hace nada o un fresado	
			Media	Fresado	
			Alta	Fresado	
14	Desnivel Carril / Berma	"Asentamiento de la berma por compactación insuficiente, descompactación producida por la penetración de la helada en suelos, erosión de la capa superficial por agua" (ASTM D6433-03, 2004, p. 55)	Baja	"Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril" (ASTM D6433-03, 2004, p. 55)	
			Media	"Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril" (ASTM D6433-03, 2004, p. 55)	
			Alta	"Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril" (ASTM D6433-03, 2004, p. 55)	
15	Hundimiento (Punzonamiento).	"Deficiente compactación inicial o por movimiento de la propia estructura, repetición de cargas pesadas, espesor inadecuado de la losa, pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto" (ASTM D6433-03, 2004, p. 64)	Baja	no se hace nada. sellado de grietas	
			Media	Parqueo profundo.	
			Alta	Parqueo profundo	

Nota. Elaboración propia.

N°	DETERIORO	POSIBLES CAUSAS	SEVERIDAD	INTERVENCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
17	Parche Pequeño Deteriorado	“La retracción del fraguado puede separar el parche de concreto antiguo, si no se utiliza un epoxico como material de adhesión, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción” (ASTM D6433-03, 2004, p. 60)	Baja	No se hace nada	
			Media	Reemplazo del parche	
			Alta	Reemplazo del parche	
18	Parche grande deteriorado	“Una excavación de servicios públicos es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas” (ASTM D6433-03, 2004, p. 59)	Baja	No se hace nada	
			Media	Reemplazo del parche	
			Alta	Reemplazo del parche	

Nota. Elaboración propia.

5.1.3 Costo Anual de mantenimiento vial en la Avenida Núñez entre las intersecciones con las Avenidas Prado Alto y Tamburco Alto, empleando metodología del PCI del distrito de Abancay.

La proyección del costo anual de mantenimiento se efectuó, representado por un porcentaje fijo del 5% del costo anual del mantenimiento vial del primer año de evaluación económica. Este porcentaje del 5% del costo anual puede reparar el 4.35% del área de la vía en condición Colapsado (G) y muy malo (F). Las mayores variaciones del pavimento se observan en la condición ya mencionadas (Colapsado y Muy malo) y por causa de la rehabilitación, se incorpora dichas áreas a la condición de excelente (A).

La Tabla 22 muestra la distribución actual según el estado del pavimento. Esta distribución actual son datos porcentuales preliminares para el desarrollo de la proyección de costos anuales de mantenimiento vial.

Tabla 22

Distribución actual según el estado del pavimento

Nº	UM	PROG. INICIAL	PROG. FINAL	PCI (PARA CADA UNIDAD DE MUESTRA)	ESTADO DEL PAVIMENTO						
					F	E	D	C	B	A	
					MUY MALO Y COLAPSADO	MAL O	REGULAR	BUENA	MUY BUENO	EXCELENTE	
					0-25	25-40	40-55	55-70	70-85	85-100	
1	UM-1	0+000.00	0+040.70	34.38		E					
2	UM-2	0+040.70	0+082.04	36.34		E					
3	UM-3	0+082.04	0+121.79	32.81		E					
4	UM-4	0+121.79	0+161.01	27.84		E					
5	UM-5	0+161.01	0+201.65	52.88			D				
6	UM-6	0+201.65	0+243.35	44.92			D				
7	UM-7	0+243.35	0+285.48	29.52		E					
8	UM-8	0+285.48	0+326.71	55.72				C			
SUMA						0	5	2	1	0	0
TOTAL								8			
DISTRIBUCIÓN ACTUAL (%)						0.00	62.50	25.00	12.50	0.00	0.00
TOTAL (%)								100.00			

Nota. Sotil, C.A. (2014).

A continuación, en la tabla 23 se detalla la proyección del costo anual de mantenimiento vial del primer año.

Tabla 23

Proyección de Costos Anual de mantenimiento vial del primer año

AÑO 1	%ACT	DETERIORO						%FUT	PCI-FUTURO		CAM
		A	B	C	D	E	F		PROMEDIO	PONDERADO	
									\$		
A	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	92.50	0.00	0.00
B	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	77.50	0.00	0.00
C	12.50%	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	6.25%	62.50	3.91	1322.69
D	25.00%	0.00	0.00	0.06	0.18	0.00	0.00	23.75%	47.50	11.28	7180.34
E	62.50%	0.00	0.00	0.00	0.08	0.50	0.00	57.50%	32.50	18.69	41721.54
F	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	12.50%	25.00	3.13	12093.20
TOTAL	100%							100%		37.00	\$62,317.77
<i>S/ 230,575.75</i>											

% Asignado	5.00%
% C.A.R-US\$	3,115.89
% Area reparable	4.35%

Condic	%Fut
A	0.00%
B	0.00%
C	6.25%
D	23.75%
E	57.50%
F	12.50%
TOTAL	100%

Condic	%Fut	PCI	CAM
A	4.35%	4.02	394.54
B	0.00%	0.00	0.00
C	6.25%	3.91	1322.69
D	23.75%	11.28	7180.34
E	57.50%	18.69	41721.54
F	8.15%	2.04	7884.77
TOTAL	100%	39.94	\$ 58,503.88
<i>S/ 216,464.35</i>			

Nota. Elaboración propia

En el ANEXO 5, se evaluó las proyecciones de los costos anuales de mantenimiento vial en un periodo de 20 años y el impacto del porcentaje asignado (5%) en el PCI futuro, con base de la tabla 23 de proyección de evaluación económica anual del primer año de la sección vial.

En la tabla 24, se resume el PCI futuro y los costos anuales de mantenimiento de acuerdo a su aporte porcentual (5%) asignado a la sección vial de estudio.

También se puede apreciar que se ha detenido el proceso de deterioro del pavimento y ha mejorado el estado de la vía, llegando a un PCI igual a 64.68, que es el efecto de la inversión y refleja principalmente el pavimento en estado excelente (A), que ha crecido a través de los años.

Tabla 24

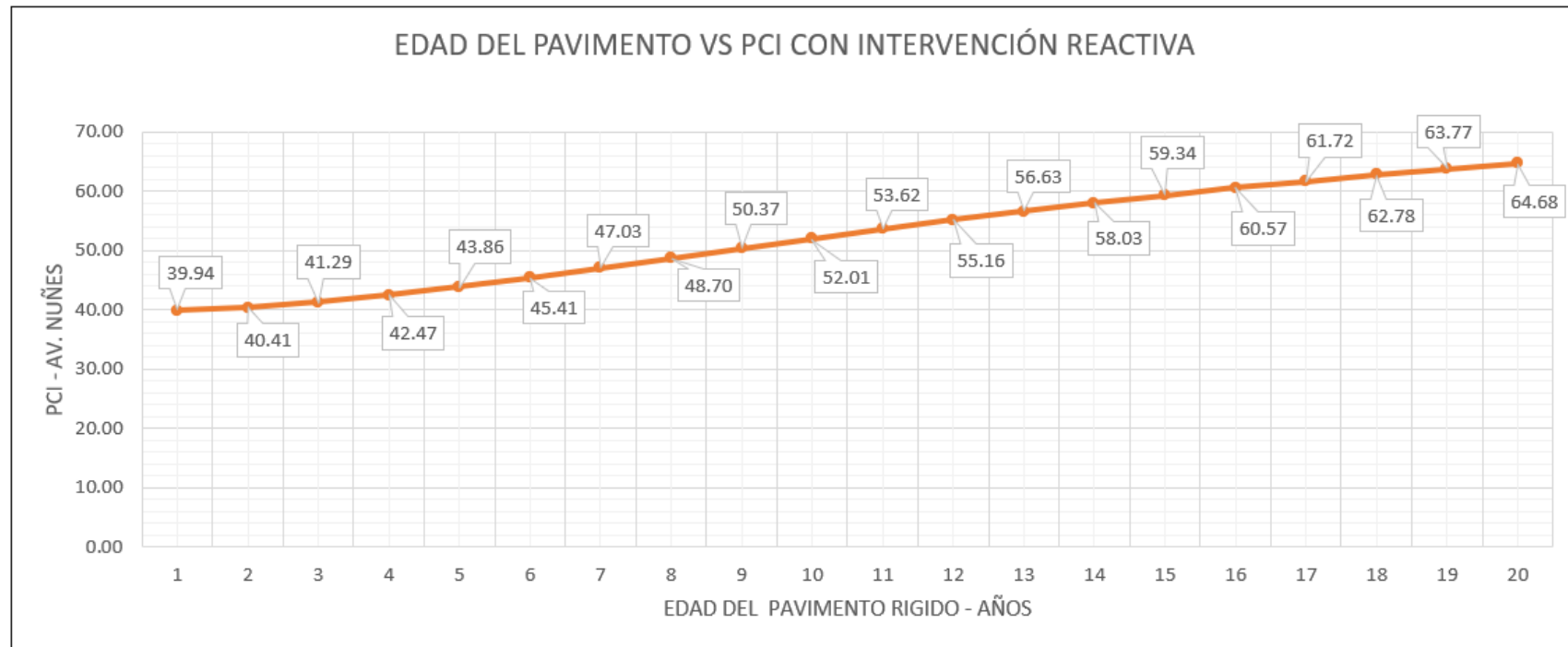
Resumen de los resultados de las proyecciones de los costos anuales de mantenimiento vial en un periodo de 20 años

AÑO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						PCI	C.A.M \$	C.A.M S./
	A	B	C	D	E	F	PROMEDIO	VALOR FUTURO	VALOR FUTURO
1	4.35%	0.00%	6.25%	23.75%	57.50%	8.15%	39.94	\$58,503.88	S/ 216,464.35
2	8.27%	0.44%	3.13%	19.75%	53.13%	15.30%	40.41	\$60,796.90	S/ 224,948.53
3	11.79%	1.17%	1.65%	15.39%	48.43%	21.58%	41.29	\$62,257.59	S/ 230,353.09
4	14.96%	2.12%	1.06%	11.60%	43.36%	26.91%	42.47	\$62,900.32	S/ 232,731.20
5	17.81%	3.19%	0.95%	8.65%	38.16%	31.23%	43.86	\$62,820.27	S/ 232,434.98
6	20.38%	4.33%	1.11%	6.53%	33.13%	34.51%	45.41	\$62,139.99	S/ 229,917.96
7	22.69%	5.51%	1.42%	5.13%	28.46%	36.79%	47.03	\$60,983.80	S/ 225,640.05
8	24.77%	6.67%	1.81%	4.30%	24.31%	38.13%	48.70	\$59,466.11	S/ 220,024.61
9	26.65%	7.82%	2.24%	3.92%	20.74%	38.64%	50.37	\$57,686.93	S/ 213,441.66
10	28.33%	8.92%	2.68%	3.86%	17.76%	38.44%	52.01	\$55,730.84	S/ 206,204.12
11	29.85%	9.97%	3.13%	4.05%	15.37%	37.64%	53.62	\$53,667.64	S/ 198,570.27
12	31.21%	10.96%	3.56%	4.40%	13.51%	36.37%	55.16	\$51,553.78	S/ 190,748.97
13	32.44%	11.89%	3.97%	4.85%	12.13%	34.72%	56.63	\$49,434.02	S/ 182,905.86
14	33.55%	12.76%	4.36%	5.38%	11.16%	32.79%	58.03	\$47,343.13	S/ 175,169.58
15	34.54%	13.56%	4.73%	5.95%	10.54%	30.67%	59.34	\$45,307.47	S/ 167,637.62
16	35.44%	14.30%	5.08%	6.53%	10.22%	28.43%	60.57	\$43,346.40	S/ 160,381.68
17	36.25%	14.99%	5.40%	7.11%	10.13%	26.13%	61.72	\$41,473.58	S/ 153,452.23
18	36.97%	15.61%	5.70%	7.68%	10.24%	23.80%	62.78	\$39,698.00	S/ 146,882.60
19	37.62%	16.19%	5.97%	8.22%	10.50%	21.50%	63.77	\$38,024.97	S/ 140,692.38
20	38.21%	16.71%	6.22%	8.74%	10.86%	19.25%	64.68	\$36,456.84	S/ 134,890.30

Nota. Elaboración propia.

Figura 33

Desarrollo evolutivo de la condición del pavimento.

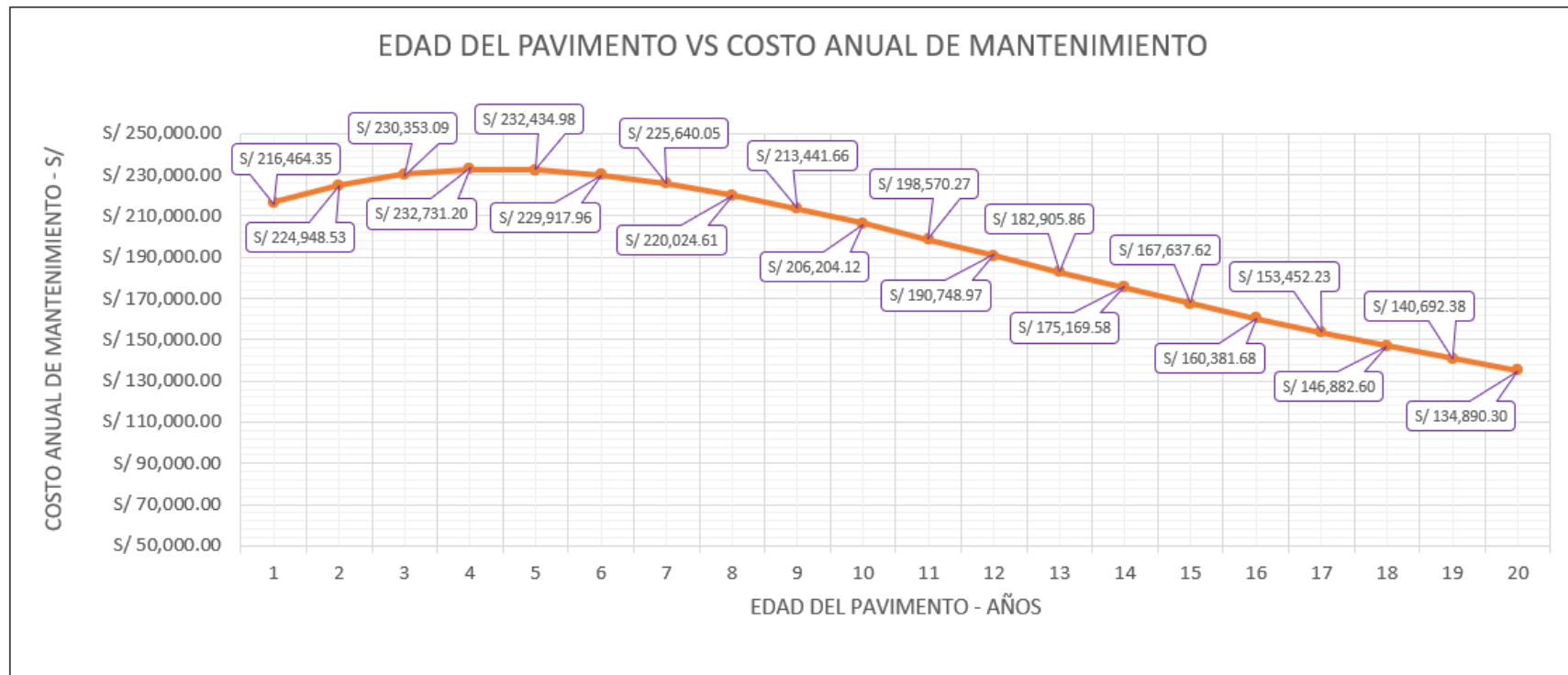


Nota. Elaboración propia.

La Figura 34 muestra que el proceso del deterioro de la condición del pavimento se ha frenado, incluso se aprecia un incremento, debido a que la intervención se centró sobre pavimentos en condición muy malo (F), la cual supone mayores costos pues implica la rehabilitación de esta porción del tramo en estudio.

Figura 34

Desarrollo del Costo Anual de Mantenimiento (CAM) del pavimento rígido



Nota. Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 35, sufre un descenso progresivo, pues la variación porcentual entre el CAM inicial respecto al CAM de 20 años es de 160.47%. Pues el monto necesario para poner a punto la vía en el año 1 es mayor en S/ 81,574.05 sobre el monto de restauración proyectado de 20 años.

5.2 Discusión de resultados

Al aplicar el método del índice de condición del pavimento (PCI) en el tramo estudiado, se pudo obtener la evaluación del estado del pavimento rígido, dando como resultado general una clasificación de MALO, con un valor PCI de 39.30, como se muestra en la Tabla 14. Estos resultados son similares al PCI de un valor de 32.00 y a la clasificación de MALO presentado en la Tabla 25, aunque en otra dimensión espacial y temporal, por Granda, C. (2019) en la tesis “Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI en el anillo vial tramo chaupimarca – Yanacancha – pasco – 2018” [tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel_A..Carrión]. Archivo digital. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/622>

Tabla 25

Comparación de antecedentes nacional y local del PCI y clasificación de las Unidades de Muestreo estudiadas

UNIDAD DE MUESTREO	Local		Nacional	
	PCI	CALIFICACIÓN	PCI	CALIFICACIÓN
UM-1	34.38	Malo	43.06	Malo
UM-2	36.34	Malo	50.98	Malo
UM-3	32.81	Malo	44.75	Malo
UM-4	27.84	Malo	22.23	Malo
UM-5	52.88	Regular	15.86	Regular
UM-6	44.92	Regular	28.09	Regular
UM-7	29.52	Malo	19	Malo
UM-8	55.72	Bueno	32.03	Bueno
PCI del Tramo Inspeccionado	39.30		32.00	
Clasificación	Malo		Malo	

Nota. Elaboración propia

De la Tabla 25 los resultados discutidos son bajos y favorecen el trabajo de investigación científica desarrollada. El índice de condición del pavimento (PCI) y el rango de clasificación establecen el tipo de actividad de mantenimiento vial

En la Fig. 29, se observa. que los valores del PCI son todos diferentes por cada unidad de muestreo, el PCI más bajo lo obtuvo la UM-4 con un valor de 27.84, perteneciente a la clasificación de MALO, mientras que el PCI más alto lo obtuvo la UM-8 con un valor de 55.72 con una clasificación de BUENO. Sotil (2014) plantea que se debe realizar actividades de REHABILITACIÓN MENOR (REFUERZO ESTRUCTURAL), que son rehabilitaciones de corto plazo para evitar la generación de daños irreversibles.

En la tabla 17 se muestran los tipos de deterioros y sus densidades, donde se identificaron 14 tipos de deterioros siendo el pulimento de la superficie con una densidad de 20.71%, grieta longitudinal con una densidad de 18.34% y el descascaramiento de juntas con densidad de 16.86%. esto es similar en la tesis de Cardoso y Sandino (2020). “Evaluación funcional de la vía en concreto desde la calle 3 con carrera 21 hasta el inicio de la vía Nariño de Girardot – Cundinamarca” [tesis de pregrado, Universidad piloto de Colombia seccional alto Magdalena]. Cardoso y Sandino (2020) afirman que: “En base a los formatos del PCI se consiguió el porcentaje de incidencia, es decir: 20% pulimento de superficie; 20% grieta longitudinal y 10% descascaramiento de juntas”(p.65)

Tabla 26

Comparación de antecedentes internacional y local del tipo de deterioro y densidades

UNIDAD DE MUESTREO	LOCAL	INTERNACIONAL
pulimento de la superficie	20.71%	20%
grieta longitudinal	18.34%	20%
descascaramiento de juntas	16.86%	10%

Nota. Elaboración propia

Por otro lado, la Tabla 20 de esta tesis muestra el total de deterioros según su incidencia en la integridad de las losas (483 deterioros de tipo funcional y 193 deterioros de tipo estructural). Los deterioros funcionales son aquellos que afectan directamente a los

usuarios de la vía, ya que durante el rodaje condicionan su seguridad, comodidad y economía y los deterioros estructurales ponen en riesgo la integridad y capacidad estructural para soportar las sollicitaciones de tráfico y clima y a su vez los deterioros estructurales afectan negativamente la situación funcional.

VI: CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

El índice de condición del pavimento, dio como resultado un valor de 39.30, este resultado es el promedio ponderado del PCI de las 8 unidades de muestreo, inspeccionadas en la avenida Núñez entre las intersecciones con las avenidas Prado Alto y Tamburco Alto.

CONCLUSIÓN ESPECÍFICOS

De acuerdo al valor del PCI calculado en la tabla 14, el tramo inspeccionado de la avenida Núñez tiene un estado de pavimento malo.

De acuerdo a la tabla 6, se recomienda una intervención del tipo de actividad de mantenimiento rehabilitación menor, que consta de un mantenimiento inmediato de las fallas más severas.

De acuerdo a la tabla 23, la proyección del costo anual de mantenimiento vial es de S/ 216,464.35 soles mediante ratios de deterioro y costos por metro cuadrado.

VII: RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN GENERAL

El índice de condición del pavimento realizada mediante la metodología del PCI puede ser complementada con software EvalPav.

RECOMENDACIÓN ESPECIFICAS

La condición del pavimento rígido realizada mediante la metodología del PCI puede ser complementada con el método de evaluación estructural.

El tipo de actividad de mantenimiento realizada mediante la metodología del PCI puede ser complementada con el manual de Mantenimiento Vial del MTC.

El costo anual de mantenimiento vial realizada mediante la metodología del PCI puede ser complementada con el sistema de costo preventivo de mantenimiento.

VIII: REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- Gutiérrez, W. (2018). "Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte" (1ra ed.). Macro.
- Fundora, G. (2019). Conservación de carreteras (1ra ed.). Félix Varela.
- Varela, V. (2002). Ingeniería de pavimentos. Ingepav
- Salomón, E. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Guía conceptual* (1era ed.). Oficina Subregional de los países Andinos
- Solminihac, H et al. (2019). "Gestión de infraestructura vial" (3ra ed.). Universidad católica de Chile.
- Solminihac, H. (2005). "Gestión de infraestructura vial" (3ra ed.). Universidad católica de Chile.
- Sotil, A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Revista Infraestructura vial*, 16(28),13-24.
- Ríos, B. W. (2018). *Diseño del proyecto de investigación científica*. San Marcos.
- MTC (2018). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Tineo, I. (2019). "Evaluación del estado del pavimento asfáltico aplicando los métodos PCI y VIZIR para proponer alternativas de mantenimiento – av. canto grande" [tesis de pregrado, universidad Ricardo palma]. Archivo digital. http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2584/CIV_Tineo%20Oropeza%20Ivellise_Tesis%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ccasani, M y Ferro, Y. (2017). "Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos" [tesis de pregrado, universidad Tecnológica de los Andes]. Archivo digital. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/107>
- Puga, A. (2018). "Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida loja-cuenca. evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida loja-cuenca" [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Archivo digital.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31534/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

Aristizábal, M et al. (2020). "Evaluación del estado del pavimento rígido en el segmento de vía de la avenida ferrocarril entre calles 37 y 31 de la ciudad de Ibagué Tolima" [tesis de pregrado, universidad cooperativa de Colombia]. archivo digital.

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/19814/1/2020_Evaluaci%C3%B3n_Estado_Pavimento.pdf

Gómez, K y Ramírez, E (2018). "Evaluación de deterioros de la capa superficial del pavimento de concreto hidráulico de un 1 kilómetro de vía comprendido entre la carrera 11 no. 7- 69 y la carrera 12 no. 7 - 15 del municipio de Melgar Tolima" [tesis de pregrado, universidad piloto de Colombia seccional alto magdalena]. archivo digital.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5713/evaluaci%C3%B3n%20de%20deterioros%20de%20la%20capa%20superficial%20del%20pavimento%20de.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Cardoso, X y Sandino, E (2020). "Evaluación funcional de la vía en concreto desde la calle 3 con carrera 21 hasta el inicio de la vía Nariño de Girardot – Cundinamarca" [tesis de pregrado, Universidad piloto de Colombia seccional alto Magdalena]. archivo digital.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9341/monografi%20e.%20sandino%20y%20a.cardozo.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Morales, C y Ortega, J (2019). "Evaluación funcional del pavimento rígido mediante el método PCI. caso estudio: en la carrera 18 entre la calle 15 al 22" [tesis de pregrado, Universidad piloto de Colombia seccional del Alto de Magdalena]. archivo digital.

<file:///C:/Users/rreat/Downloads/Monografia%20-%20seminario%20de%20investigacion.pdf>

- Zamora, P (2019). "Evaluación del estado de conservación de las calles de la zona monumental de la ciudad de celendín utilizando el método de índice de conservación del pavimento (PCI)" [tesis de pregrado, Universidad nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2849>
- Mendoza, A (2019). "Evaluación del estado del pavimento rígido mediante la metodología del pci de la avenida la paz" [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3656>
- Calle, R et al (2020). "Evaluación superficial del pavimento flexible de la calle el Carmen intersección Av. Pacífico y Av. Nacionalismo, Urb. Las Brisas del Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque" [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. archivo digital.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42989>
- Ccasani, M y Ferro, Y (2017). "Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos" [tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. archivo digital.
<http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/107>
- Ocsa, E (2021). "Evaluación superficial del pavimento flexible bicapa aplicando el método PCI, distrito Chuquibambilla, abra Iliullita km 68+600-73+600, Apurímac – 2020" [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. archivo digital.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62066>
- Monje, A. cómo se citó en Montañez (2018). "Sistema de gestión de mantenimiento vial para las vías urbanas de la ciudad del cusco-caso estudio Av. De la cultura" [tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencia Aplicada]. archivo digital.