

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo –
Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

Presentado por:

Roger Alex Oscoco Mejía

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE
RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE
ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023”**

Presentado por **Roger Alex Oscco Mejía**, para optar el Título de: Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 27 de diciembre del 2023 ante el jurado evaluador:

Presidente:



Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Primer Miembro:



Mg. James Velazque Rojas

Segundo Miembro:



Mg. Calixto Cañari Otero

Asesor:



Mg. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo –
Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

Línea de Investigación: Ingeniería de la Construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de esta tesis. Este logro no habría sido posible sin su apoyo, orientación y aliento constante.

En primer lugar, deseo agradecer a Dios, por darme fuerza para continuar a lo largo de este proceso.

Mi especial agradecimiento a mi familia y amigos, cuyo apoyo incondicional me brindó la fuerza y motivación necesarias para enfrentar los desafíos que surgieron durante este largo camino académico.

Roger Oscco



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la base de todos mis logros, sin su ayuda y guía nada de esto sería posible.

A mi hijo y esposa, por su guía experta y paciencia durante todo el proceso de investigación. Sus consejos y enseñanzas han sido invaluable.

Roger Oscco



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1. Descripción del problema.....	5
1.2. Enunciado del problema.....	7
1.2.1. Problema General.....	7
1.2.2. Problemas Específicos.....	7
1.3. Justificación de la Investigación.....	7
CAPITULO II OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	9
2.1. Objetivos de la Investigación.....	9
2.1.1. Objetivo General.....	9
2.1.2. Objetivos Específicos.....	9
2.2. Hipótesis de la investigación.....	9
2.2.1. Hipótesis General.....	9
2.2.2. Hipótesis Específicas.....	9
2.2.3. Operacionalización de Variables.....	10



CAPITULO III MARCO TEÓRICO..... 13

3.1.	Antecedentes	13
3.1.1.	A nivel internacional	13
3.1.2.	Nacionales	14
3.1.3.	Locales – Regionales.....	16
3.2.	Marco Teórico.....	18
3.2.1.	Fallas en la carpeta de rodadura	18
3.2.1.1.	Tipos de Fallas en Pavimento Flexible	18
3.2.1.1.30	Piel De Cocodrilo.....	18
3.2.1.1.40	Mancha en Pavimentos (Exudación).....	21
3.2.1.1.50	Agrietamiento en Bloque	24
3.2.1.1.60	Abultamientos y Hundimientos	25
3.2.1.1.70	Corrugaciones	27
3.2.1.1.80	Depresión	28
3.2.1.1.90	Grietas de Borde.....	30
3.2.1.1.: 0	Desnivel Carril/Berma	32
3.2.1.1.; 0	Grietas de Reflexión.....	35
3.2.1.1.320	Desnivel Carril Berma	36
3.2.1.1.330	Grietas Longitudinales y Transversales	36
3.2.1.1.340	Parcheo.....	39
3.2.1.1.350	Pulimento de Agregados	40
3.2.1.1.360	Huecos.....	41



3.2.1.1.370	Ahuellamiento.....	44
3.2.1.1.380	Desplazamiento.....	46
3.2.1.1.390	Grietas Parabólicas.....	47
3.2.1.1.3: 0	Hinchamiento.....	48
3.2.1.1.3; 0	Meteorización/ Desprendimiento de Agregados.....	50
3.2.1.2.	Métodos de Investigación de las Fallas.....	52
3.2.1.4.30	Inspección visual.....	52
3.2.1.3.	Índice de Condición del Pavimento (PCI)	54
3.2.2.	Factores que causan deterioro en el pavimento.....	55
3.2.2.1.	Tráfico.....	55
3.2.2.1.30	Método AASHTO 93	55
3.2.2.1.40	Factor ESAL de Diseño.	56
3.2.2.2.	Humedad (Agua).....	59
3.2.2.2.30	Cálculo de Caudales Máximos por el Método Racional.....	59
3.2.2.3.	Subrasante	61
3.2.2.3.30	Categorías de la Subrasante	62
3.2.2.4.	Calidad de Construcción	62
3.2.2.5.	Mantenimiento	63
3.2.3.	Rendimiento del Pavimento	63
3.2.3.1.	Factores Ambientales Asociados	64
3.2.4.	Normativas Aplicables	66
3.3.	Marco Conceptual.....	66



3.3.1.	Cantidad de Fallas	66
3.3.2.	Clases de Fallas	66
3.3.3.	Clima	66
3.3.4.	Características Geotécnicas.....	67
3.3.5.	Carga de Trafico.....	67
3.3.6.	Carpeta de rodadura.....	67
3.3.7.	Drenaje	68
3.3.8.	Ejes Equivalentes	68
3.3.9.	Fallas en el Pavimento.....	68
3.3.10.	Índice de condición del pavimento (PCI).....	68
3.3.11.	Pavimento Flexible.....	68
3.3.12.	Precipitación.....	69
3.3.13.	Severidad de Fallas.....	69
3.3.14.	Subrasante	69
3.3.15.	Temperatura.....	69
CAPITULO IV METODOLOGIA.....		71
4.1.	Tipo de investigación y nivel de investigación.....	71
4.1.1.	Tipo de investigación	71
4.1.2.	Nivel de investigación.....	71
4.2.	Diseño de la investigación	72
4.3.	Ética	73
4.4.	Población y muestra	73



4.4.1.	Población.....	73
4.4.2.	Muestra.....	74
4.4.2.1.	Muestreo	74
4.5.	Procedimiento de la investigación	75
4.5.1.	Dimensionamiento del deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas.....	75
4.5.1.1.	Selección de las unidades de muestreo para inspección	75
4.5.1.2.	Evaluación de las fallas.....	76
4.5.1.2.30	Tramo 1-M 01	76
4.5.1.2.40	Tramo 2-M 02	77
4.5.1.2.50	Tramo 3-M 03	77
4.5.1.2.60	Tramo 4-M 04	78
4.5.1.2.70	Tramo 5-M 05	78
4.5.1.2.80	Tramo 6-M 06	79
4.5.1.2.90	Tramo 7-M 07	79
4.5.1.2.: 0	Tramo 8-M 08	80
4.5.1.2.; 0	Tramo 9 -M 09	80
4.5.1.2.320	Tramo 10-M 10	81
4.5.1.2.330	Tramo 11-M 11	81
4.5.1.2.340	Tramo 12-M 12	82
4.5.1.2.350	Tramo 13-M 13	82
4.5.1.3.	Cálculo de los Valores Deducidos:	83



4.5.1.4.	Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.....	83
4.5.1.5.	Cálculo del PCI.....	85
4.5.2.	Identificar los factores que ocasionan el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas, ubicada en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, durante el año 2023.....	87
4.6.	Técnicas e Instrumentos.....	90
4.6.1.	Técnicas de Investigación	90
4.6.2.	Instrumentos de investigación.....	90
4.7.	Validación y Confiabilidad de Instrumentos	91
4.7.1.	Validación	91
4.7.2.	Confiabilidad.....	92
4.8.	Análisis Estadístico	92
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		93
5.1	Análisis de resultados	93
5.1.1.	Análisis Descriptivo	93
5.1.1.1.	Resultados del Objetivo General.....	93
5.1.1.1.30	Prueba de Normalidad.....	94
5.1.1.2.	Resultado del Objetivo Especifico 1	94
5.1.1.4.30	Prueba de Normalidad.....	95
5.1.1.3.	Resultado del Objetivo Especifico 2.....	96
5.1.1.5.30	Prueba de Normalidad.....	96
5.1.1.4.	Resultado del Objetivo Especifico 3	97



5.1.1.4.30	Prueba de Normalidad.....	97
5.1.2.	Análisis Inferencial.....	98
5.1.2.1.	Resultado del Objetivo General	98
5.1.2.2.	Resultado del Objetivo Especifico 1	98
5.1.2.3.	Resultado del Objetivo Especifico 2	99
5.1.2.4.	Resultado del Objetivo Especifico 3	99
5.2.	Contrastación de Hipótesis	100
5.2.1.	Hipótesis General	100
5.2.2.	Hipótesis Especifica 1	101
5.2.3.	Hipótesis Especifica 2	101
5.2.4.	Hipótesis Especifica 3	102
5.3.	Discusiones	103
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		105
6.1	Conclusiones.....	105
6.2	Recomendaciones.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....		107
ANEXOS		113



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de las Variables de la investigación	11
Tabla 2 — Niveles de Severidad Para Huecos	42
Tabla 3 — Rangos de Calificación del PCI	55
Tabla 4 — Categorización de Subrasante	62
Tabla 5 — Número de puntos de investigación para investigación en campo	75
Tabla 6 — Tramos para Evaluación del PCI.....	76
Tabla 7 — Fallas del Tramo 01-M 01	76
Tabla 8 — Fallas del Tramo 02-M 02.....	77
Tabla 9 — Fallas del Tramo 03-M 03	77
Tabla 10 — Fallas del Tramo 04-M 04.....	78
Tabla 11 — Fallas del Tramo 05-M 05	78
Tabla 12 — Fallas del Tramo 06-M 06.....	79
Tabla 13 — PCI del Tramo 07-M 07	79
Tabla 14 — PCI del Tramo 08-M 08	80
Tabla 15 — Fallas del Tramo 09-M 09.....	80
Tabla 16 — Fallas del Tramo 10-M 10.....	81
Tabla 17 — Fallas del Tramo 11-M 11	81
Tabla 18 — Fallas del Tramo 12-M 12.....	82
Tabla 19 — Fallas del Tramo 13-M 13.....	82
Tabla 20 — Obtención del Valor Deducido.....	85
Tabla 21 — Resumen de PCI.....	86
Tabla 22 — Factores identificados por Tipo de Falla.....	88
Tabla 23 — Factores identificados.....	88
Tabla 24 — Resumen de Dimensionamiento de las fallas por tramo	89



Tabla 25 — Validez de Instrumentos.....	91
Tabla 26 — V de Aiken	91
Tabla 27 — Resultado de Confiabilidad para el Instrumento	92
Tabla 28 — Dimensión de los Factores por Tramos.....	93
Tabla 29 — Prueba de Normalidad para el Objetivo General	94
Tabla 30 — Prueba de Normalidad para el Objetivo Especifico 1	95
Tabla 31 — Prueba de Normalidad para el Objetivo Especifico 2	96
Tabla 32 — Prueba de Normalidad el Objetivo Especifico 3	98
Tabla 33 — Correlación de Rho de Spearman, Objetivo General	98
Tabla 34 — Coeficiente de Pearson, Objetivo Especifico 1	99
Tabla 35 — Coeficiente de Rho de Spearman, Objetivo Especifico 2	99
Tabla 36 — Coeficiente de Pearson, Objetivo Especifico 3	100
Tabla 37 — Contrastación de la Hipótesis General	100
Tabla 38 — Contrastación de Hipótesis Especifica 1	101
Tabla 39 — Contrastación de Hipótesis Especifica 2	102
Tabla 40 — Contrastación de Hipótesis Especifica 3	102
Tabla 41 — Matriz de Consistencia.....	114
Tabla 42 — Ubicación de la Estación Andahuaylas	122
Tabla 43 — Precipitaciones máximas en un periodo de 46 años.....	122
Tabla 44 — Cálculo de precipitaciones diarias para diferentes periodos de retorno.....	124
Tabla 45 — Cálculos de Intensidad y precipitación de diseño	125
Tabla 46 — Límites de Atterberg	133
Tabla 47 — Resultados de CBR	139



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Presencia de falla piel de cocodrilo.	19
Figura 2 — Nivel de gravedad Bajo de piel de cocodrilo.	20
Figura 3 — Nivel de gravedad Medio de piel de cocodrilo.	20
Figura 4 — Nivel de gravedad Alto de piel de cocodrilo.	21
Figura 5 — Mancha en Pavimentos (exudación).	22
Figura 6 — Nivel de gravedad puntual.	23
Figura 7 — Nivel de gravedad continua.	23
Figura 8 — Nivel de gravedad continua con superficie viscosa.	24
Figura 9 — Agrietamiento en Bloque.	25
Figura 10 — Nivel de Severidad Bajo de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento.....	26
Figura 11 — Nivel de Severidad Medio de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento... 26	
Figura 12 — Nivel de Severidad Alto de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento.	27
Figura 13 — Corrugaciones en el pavimento.....	28
Figura 14 — Nivel de Severidad Bajo de Depresión en el Pavimento.	29
Figura 15 — Nivel de Severidad Medio de Depresión en el Pavimento.	30
Figura 16 — Nivel de Severidad Alto de Depresión en el Pavimento.....	30
Figura 17 — Grietas de Borde en el pavimento.....	31
Figura 18 — Nivel de Severidad Bajo de Desnivel en la Berma.	33
Figura 19 — Nivel de Severidad Media de Desnivel en la Berma.	34
Figura 20 — Nivel de Severidad Alto de Desnivel en la Berma.	34
Figura 21 — Grietas de Reflexión.	35
Figura 22 — Desnivel Carril Berma.	36
Figura 23 — Nivel de Severidad Bajo de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.....	37



Figura 24 — Nivel de Severidad Medio de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.....	38
Figura 25 — Nivel de Severidad Alto de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.....	38
Figura 26 — Parches para deterioros.	39
Figura 27 — Pulimento de Agregados.	41
Figura 28 — Nivel de Severidad Bajo de Huecos en el Pavimento.....	43
Figura 29 — Nivel de Severidad Medio de Huecos en el Pavimento.....	43
Figura 30 — Nivel de Severidad Alto de Huecos en el Pavimento.	44
Figura 31 — Ahuellamiento por falla de subrasante.....	45
Figura 32 — Nivel de Severidad Medio de Desplazamiento en el Pavimento.	47
Figura 33 — Nivel de Severidad Alto de Desplazamiento en el Pavimento.	47
Figura 34 — Grietas Parabólicas en el Pavimento.....	48
Figura 35 — Hinchamiento en el Pavimento.	49
Figura 36 — Nivel de Severidad Bajo de Meteorización en el Pavimento.....	51
Figura 37 — Nivel de Severidad Medio de Meteorización en el Pavimento.....	51
Figura 38 — Nivel de Severidad Alto de Meteorización en el Pavimento.	51
Figura 39 — Parámetros climáticos en la superficie del suelo.	65
Figura 40 — Distribución de las Fallas en la Vía San Jerónimo Andahuaylas	83
Figura 41 — Valor Deducido Corregido.....	84
Figura 42 — Índice de Condición del Pavimento para diferentes progresivas.....	87
Figura 43 — Grado de confiabilidad. Tomado de (Hernández Sampieri, 2014).	92
Figura 44 — Porcentajes de Factor 1	95
Figura 45 — Porcentajes de Factor 2	96
Figura 46 — Porcentajes del Factor 3	97



Figura 47 — Instrumento de Investigación para determinar el PCI.	116
Figura 48 — Fichas de Validación de Expertos.....	117
Figura 49 — Fichas de Validación de Expertos.....	118
Figura 50 — Fichas de Validación de Expertos.....	119
Figura 51 — Fichas de Validación de Expertos.....	120
Figura 52 — Mapa de las Subcuencas de Aporte	121
Figura 53 — Ecuación para Precipitación Máxima Anual para Diferentes Periodos de Retorno	124
Figura 54 — Hietograma de Precipitación de Diseño.....	126
Figura 55 — Curvas IDF.....	126
Figura 56 — Medición de las dimensiones de la Calicata	128
Figura 57 — Excavación de la calicata N° 01	128
Figura 58 — Perfil Estratigráfico.....	129
Figura 59 — Muestras empaquetadas en bolsas herméticas debidamente embaladas calicata N° 01.....	130
Figura 60 — Preparación para Cuarteo de Muestras	131
Figura 61 — Cuarteo de Muestra.....	131
Figura 62 — Tamizado de Muestra.....	132
Figura 63 — Curva Granulométrica.....	132
Figura 64 — Resultados de laboratorio-Limites líquido y plástico.	133
Figura 65 — Contenido de Humedad	134
Figura 66 — Resultados de laboratorio de contenido de humedad.....	135
Figura 67 — Ensayo de Densidad máxima seca	135
Figura 68 — Resultados de laboratorio del Ensayo de Densidad máxima seca	136
Figura 69 — Ensayo de Proctor Modificado	137



Figura 70 — Ensayo CBR.....	137
Figura 71 — Ensayo de CBR, Grafico de Penetración	138
Figura 72 — Resultados y especificaciones de los ensayos.....	139
Figura 73 — Parámetros Geotécnicos de la Zona de Estudio	139
Figura 74 — Aforo Vehicular diario.....	140
Figura 75 — Cálculo de ESAL	141
Figura 76 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 1	142
Figura 77 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 2.....	143
Figura 78— Cálculo de PCI por tramos- Tramo 3.....	144
Figura 79 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 4.....	145
Figura 80 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 5.....	146
Figura 81 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 6.....	147
Figura 82 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 7.....	148
Figura 83 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 8.....	149
Figura 84 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 9.....	150
Figura 85 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 10.....	151
Figura 86 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 11.....	152
Figura 87 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 12.....	153
Figura 88 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 13.....	154
Figura 89 — Autorización Para Realizar Ensayos.....	155
Figura 90 — Correo de Solicitud de Datos del SENHAMI.....	156
Figura 91 — Correo de Solicitud de Datos del SENHAMI.....	157
Figura 92 — Grietas Longitudinales (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm). AV. LEONCIO PRADO KM 0+000 AL KM 0+0035.40.....	158



Figura 93— Grietas longitudinal y transversal/ AV. LEONCIO PRADO KM 0+177 AL KM 0+212.40.....	158
Figura 94 — Ahuellamiento de severidad Media / Tramo 04 / AV. LEONCIO PRADO KM 0+531 AL KM 0+566.....	159
Figura 95 — Hueco en borde de severidad media / Tramo 06 / AV. LEONCIO PRADO KM 0+708 AL KM 0+743.40.....	159
Figura 96 — Parcheo de severidad Media en la AV. PERU, KM 1+593 AL KM 1+628.....	160
Figura 97 — Hinchamiento de severidad Media / Tramo 12 / AV. PERU KM 1+947 AL KM 1+982.40.....	160
Figura 98 — Hueco de Baja severidad / Tramo 12 / AV. PERU KM 1+947 AL KM 1+982.40	161
Figura 99 — Agrietamiento en bloque de severidad media / Tramo 13 / AV. PERU KM 2+124 AL KM 2+159.40.....	161
Figura 100 — Piel de cocodrilo de severidad media / Tramo 13 / AV. PERU KM 2+124 AL KM 2+159.40	162



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

PCI, Índice de Condición del Pavimento

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials

CA, Carpeta Asfáltica

INVIAS, Instituto Nacional de Vías

ESAL, Ejes acumulados en el período de diseño considerado

ASTM, American Society for Testing and Materials

CBR, Capacidad de Soporte de California



INTRODUCCIÓN

El desempeño de un pavimento se define por su capacidad estructural y funcional medida a lo largo de su vida útil, influenciado por factores como el clima y el tráfico. En el Perú, se construyen carreteras con asfalto, pero muchas desarrollan grietas prematuras debido al aumento del tráfico, errores de diseño, construcción deficiente o materiales de baja calidad.

Este problema se observa en la ciudad de Andahuaylas, en la vía San Jerónimo – Andahuaylas, ya que a simple vista muestra diversas fallas en su carpeta asfáltica que requieren mantenimiento. Vemos frecuentemente que se realiza mantenimientos sin tomar en cuenta el porqué de las fallas presentes en la carpeta de rodadura, es por eso que, que estas se vuelven a deteriora muy rápido, ocasionando gastos e incomodidades en los beneficiarios de estas vías. Por tal motivo es importante que antes de realizar cualquier mantenimiento y/o reparación, es esencial identificar y evaluar los factores que ocasionan estas fallas.

Por esa razón, la presente investigación tiene el objetivo de evaluar los factores predominantes en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo – Andahuaylas, para lo cual, se ha determinado un diseño metodológico no experimental transversal, con un alcance descriptivo-explicativo, con enfoque cuantitativo y de tipo aplicado. En este trabajo de investigación se hace una evaluación técnica de los factores que afectan la carpeta de rodadura del tamo vial San Jerónimo – Andahuaylas. Se determina qué tipo de fallas se presentan en la carpeta de rodadura a través del método del PCI, y se evalúa la incidencia de los factores a través de análisis estadísticos.

Esta investigación se ha organizado por capítulos, de la siguiente manera:

En el capítulo I: Planteamiento del Problema, se describe de manera detallada el problema identificado que dio origen a la investigación, además de la formulación del problema general y los problemas específicos, y también en la sección de justificación, se detalla el porqué de esta investigación.

Capítulo II: Objetivos e Hipótesis, en este capítulo están planteados los objetivos e hipótesis, tanto generales como específicos, además se presenta como se han operacionalizado las



variables de estudio, que es el lineamiento general para el correcto desarrollo de la investigación.

Capítulo III: Marco Teórico, en este capítulo se describen los antecedentes, a nivel internacional, nacional y local; se describen también las bases teóricas y el marco conceptual en lo que se enmarca la investigación.

Capítulo IV: Metodología, se describe el tipo, nivel y diseño de investigación usada, además de la población y la muestra delimitada, también cuales han sido los procedimientos, las técnicas, y los instrumentos de investigación.

Capítulo V: Resultados y Discusiones, en esta sección, se ha realizado un análisis descriptivo y un análisis inferencial de los resultados obtenidos en la investigación; también se realizó la contrastación de las hipótesis, mediante estadística inferencial; por último, en este capítulo se hizo la discusión de los resultados en comparación a las investigaciones de referencia.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones, a partir de los resultados descritos en el capítulo anterior, en esta sección de la investigación, se derivan las conclusiones, también, se plasmar algunas recomendaciones, basadas en los datos obtenidos de los estudios base y complementarios realizados, estas recomendaciones serán de mucha utilidad para futuras investigaciones relacionadas al tema.



RESUMEN

En la vía San Jerónimo – Andahuaylas, ubicada en la provincia de Andahuaylas, se observan diversas fallas en la carpeta de rodadura, y de acuerdo a la evaluación del PCI, esta tiene un PCI de 48.23, es decir, califica como regular; por tanto, es necesario determinar la incidencia de los factores que ocasionan el deterioro en la carpeta de rodadura, siendo este el objetivo de la investigación. La investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño no experimental, y alcance descriptivo-explicativo. La población y muestra estuvo conformada por los tramos que presentan deterioro. La técnica usada fue la observación, la recolección de datos se realizó de acuerdo a los formatos de PCI. Como resultado se identificó 9 tipos de fallas siendo la de mayor presencia, las grietas longitudinales y transversales con 27,2 %, y menor frecuencia, las de desprendimiento de agregados con 1,7%; así mismo, de acuerdo a las pruebas estadísticas de correlación del coeficiente Rho de Spearman y Pearson, para el factor ESAL, se halló un coeficiente de correlación de -0.050, por lo que, existe incidencia no significativa; mientras que, para el factor de clima y drenaje, el coeficiente es de -0.681, entonces, se infiere incidencia significativa y por último, para características geotécnicas de la subrasante, la correlación es de -0.578, lo que indica incidencia significativa. Se concluye que existe mayor incidencia del clima, drenaje y las características geotécnicas, y menor incidencia del factor ESAL, en el deterioro de la carpeta de rodadura.

Palabras clave: *Deterioro, factores, incidencia.*



ABSTRACT

On the San Jerónimo – Andahuaylas road, located in the province of Andahuaylas, various failures are observed in the rolling surface, and according to the PCI evaluation, it has a PCI of 48.23, that is, it is classified as regular; Therefore, it is necessary to determine the incidence of the factors that cause deterioration in the tread, this being the objective of the investigation. The research is of an applied type, with a quantitative approach, non-experimental design, and descriptive-explanatory scope. The population and sample were made up of the sections that show deterioration. The technique used was observation, data collection was carried out according to the PCI formats. As a result, 9 types of failures were identified, the most frequent being longitudinal and transverse cracks with 27.2%, and the least frequent being aggregate detachment with 1.7%; Likewise, according to the statistical correlation tests of the Spearman and Pearson Rho coefficient, for the ESAL factor, a correlation coefficient of -0.050 was found, therefore, there is a non-significant incidence; while, for the climate and drainage factor, the coefficient is -0.681, therefore, significant incidence is inferred and finally, for geotechnical characteristics of the subgrade, the correlation is -0.578, which indicates significant incidence. It is concluded that there is a greater incidence of climate, drainage and geotechnical characteristics, and a lower incidence of the ESAL factor, in the deterioration of the rolling surface.

Keywords: *Deterioration, factors, incidence.*



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El desempeño de un pavimento se define como la capacidad que tiene tanto estructural como funcional y que puede ser medida en el tiempo de su vida útil. Este desempeño varía de acuerdo a la incidencia de factores que condicionan la seguridad, la comodidad y la velocidad de tránsito en el pavimento. El clima y el tránsito hacen parte de las más importantes variables que provocan el deterioro de los pavimentos, sin embargo, dependiendo del lugar del emplazamiento de la vía, se pueden adicionar o restar factores que contribuyen al problema.

A nivel mundial, los países en desarrollo son los que evidencian más el problema de deterioro en los pavimentos. Estos, en los últimos años, han perdido una valiosa infraestructura por el valor de miles de millones de dólares debido al deterioro de sus caminos y seguirán perdiendo si no hacen una intervención de inmediato para preservar sus carreteras. Tal es el caso de Jordania, en este país el costo de la construcción y el mantenimiento de carreteras consumió alrededor de 292.1 millones de dólares en el programa de implementación (2007-2009) y alrededor de 192,2 en (2011-2013). Grandes redes de carreteras, construidas a grandes gastos, se han mantenido insuficientemente y se han utilizado y abusado más de lo esperado. Si esta negligencia continúa, el deterioro de las carreteras se acelerará a medida que los pavimentos viejos se desmoronen y los nuevos sobrevivan al período inicial durante cuyos efectos de la negligencia son apenas perceptibles. Por consiguiente, el costo de restaurar estas carreteras deterioradas será de tres a cinco veces mayor de lo que hubiera sido la factura por un mantenimiento efectivo oportuno.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2022), la red vial nacional pavimentada alcanza una extensión de 3397,7 kilómetros, mientras que en la región de Apurímac es de 9,1; y específicamente para Andahuaylas alcanza una extensión de 2,3 kilómetros. De esta manera en el Perú, año a año se van construyendo más obras de



infraestructura vial con carpeta asfáltica, sin embargo, muchas de estas muestran grietas prematuras, tan pronto como termina el proceso de construcción, lo que causa que en los pueblos no se tenga una conexión fluida.

Un ejemplo de lo mencionado son las ciudades de Cajamarca, en esta región desde el 2007 el tráfico vehicular ha ido incrementándose exponencialmente hasta un 400% para el año 2017, haciendo que las vías empiecen a fallar en mayor grado. Sin embargo, las fallas que se producen no solo son debido al aumento del tránsito, sino que dependen de otros factores como un mal diseño, errores constructivos o la baja calidad de los materiales de construcción.

Además, revisando el informe del análisis de siniestralidad vial del Perú, en el primer semestre del año 2020, se registraron un total de 26 345 siniestros a nivel nacional, con 960 fallecidos y 18431 lesionados (MTC, 2021); estos siniestros se dan también por el deterioro que presentan las vías a nivel nacional. De acuerdo al MTC (2021), 655 siniestros han sido ocasionados por las vías en mal estado.

El mismo problema también se evidencia en la región de Apurímac, específicamente en la ciudad de Abancay y Andahuaylas, que son las ciudades más pobladas de esta región y, por consiguiente, las que soportan un mayor tránsito.

Según el MTC (2021), en el primer semestre del año 2021, se registraron un total de 459 siniestros, ocasionando la muerte de 9 personas y la lesión de 387.

Dentro de la región Apurímac, se encuentra la vía San Jerónimo – Andahuaylas, ubicada en la provincia de Andahuaylas, que forma parte de la Ruta Nacional N° PE-3S, presenta una carpeta de rodadura asfáltica, en las que se observan diversas fallas, las cuales necesitan ser intervenidas y reparadas, sin embargo, previo a la reparación es necesario identificar y evaluar los factores que ocasionan estas fallas, para que así se intervenga de acuerdo al factor que produce la falla, ya sea por aumento de tránsito, el aumento de las precipitaciones pluviales o la mala gestión en la construcción de esta.

Es por todo lo expuesto en los párrafos anteriores, que se realiza la presente investigación con el objetivo de determinar la incidencia de factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas.



1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la incidencia del factor ESAL en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?
- ¿Cuál es la incidencia de los agentes del clima en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?
- ¿Cuál es la incidencia de las características geotécnicas de la subrasante en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?

1.3. Justificación de la Investigación

La vía San Jerónimo – Andahuaylas, ubicada en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, es considerada la vía principal para el acceso a servicios y bienes de la población. Sin embargo, se observa que esta vía presenta un deterioro prematuro en la carpeta de rodadura de esta carretera, lo que genera preocupación por la seguridad de los usuarios, por lo que es necesario su mantenimiento y/o reparación. Sin embargo, un mantenimiento no será eficaz sino se identifica los factores predominantes que contribuyen al deterioro de la carpeta de rodadura, por tal motivo es necesario identificar estos factores, para que a la brevedad posible se realicen los trabajos de mantenimiento adecuados.

Esta investigación es de gran relevancia ya que sus hallazgos permitirán a las autoridades viales, planificadores y expertos en infraestructura vial tomar decisiones informadas y diseñar estrategias de mantenimiento y rehabilitación que aborden los factores fundamentales que inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura. Además, se espera que los resultados de este estudio proporcionen información valiosa para la planificación de futuros proyectos viales en la región y, potencialmente, en otras áreas con condiciones similares, tomando en cuenta los principales factores que podrían afectar la vida útil de futuras vías en la región.

Ya que el estudio se enfoca en un lugar y período de tiempo determinados, en este caso, la Vía San Jerónimo - Andahuaylas en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, durante



el año 2023 este es único y relevante para comprender las condiciones y particularidades locales y las circunstancias que afectaron la carretera en ese momento.

La investigación genera conocimientos sobre los factores predominantes en las fallas en la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas, esto contribuirá a la literatura científica y técnica en el campo de la ingeniería de carreteras y la infraestructura vial, para que en futuras fichas de mantenimientos de la vía en cuestión, se tome en cuenta los factores encontrados en esta investigación.



CAPITULO II

OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Objetivos de la Investigación

2.1.1. Objetivo General

Determinar la incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

2.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la incidencia del factor ESAL en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023
- Determinar la incidencia del clima y drenaje en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023
- Determinar la incidencia de las características geotécnicas de la subrasante en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis General

Los factores inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

2.2.2. Hipótesis Específicas

- El factor ESAL incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023
- El factor clima y drenaje incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023
- El factor de las características geotécnicas de la subrasante incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

2.2.3. Operacionalización de Variables

Variable independiente X: Factores que causan deterioro

Variable dependiente Y: Deterioro de la carpeta de rodadura



Tabla 1 — Operacionalización de las Variables de la investigación

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem/Unidad	Instrumento
Variable dependiente (Y): Deterioro en la carpeta de rodadura	El deterioro de la estructura de pavimento está en función de la clase de falla, su severidad y cantidad o densidad del mismo (VÁSQUEZ VARELA, 2002).	El deterioro se puede medir a través del índice de condición del pavimento, cuyo cálculo se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen, la clase, severidad y cantidad de cada daño que presenta. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima (VÁSQUEZ VARELA, 2002).	Clase de falla	1.- Piel de cocodrilo	Nominal	Observación Formato PCI
				2.- Exudación		
				3.- Agrietamiento en bloque		
				4.- Abultamiento y hundimientos		
				5.- Corrugación		
				6.- Depresión		
				7.- Grieta de borde		
				8.- Reflexión de juntas		
				9.- Desnivel carril/berma		
				10.- Grietas longitudinales y transversales		
				11.- Parcheo		
				12.- Pulimiento de agregados		
				13.- Huecos		
				14.- Cruce de vía férrea		
				15.- Ahuellamiento		
				16.- Desplazamiento		
				17.- Grieta parabólica		
				18.- Hinchamiento		
				19.- Desprendimientos de agregados		
Severidad	Bajo	Ordinal	Observación Formato PCI			
	Medio					
	Alto					
Cantidad	Área	m ²	Observación			

				Longitud	m	Cinta métrica Formato PCI
				Unidades	unidad	
Variable independiente (X): Factores que causan deterioro	Según el MTC (2014), la identificación de las causas de una determinada falla, es de fundamental importancia para la evaluación de la misma, aunque muchas resulten de difícil apreciación. Para ello, puede tenerse en cuenta en primer lugar la localización de la misma, su evolución en los sectores del tramo, y la consideración de los factores tráfico, clima y drenaje, entre otros.	Según el MTC (2014), El factor de tránsito o tráfico, se mide en la unidad definida por AASHTO, como Ejes Equivalentes acumulados durante un periodo de diseño determinado. En el Clima, principalmente influencia en el comportamiento de los pavimentos, son las precipitaciones. Caracterizar la subrasante, se hace con el objeto de determinar sus características físico químicas, tales como su clasificación, plasticidad, humedad natural y lo más importante el CBR.	Ejes Equivalentes (ESAL)	Factor ESAL	Nominal	Formato ESAL
			Clima y Drenaje	Precipitación máxima	mm	Formato de Cálculo de Precipitación
				Caudal máximo	m ³ /s	Formato de cálculo de Caudales
			Características Geotécnicas de la Subrasante	Limite Liquido	%	Estudio de Suelos
				Índice de Plasticidad	%	
				Humedad Natural	%	
				Tipo de Suelo	Nominal	
			CBR al 95%	Nominal		

CAPITULO III MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

BAQUE (2020), llevo a cabo un estudio con el objetivo de diagnosticar el estado del pavimento flexible de la carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí. La población objeto de estudio se ubicó entre el redondel del Parque del Marisco y el redondel del Aeropuerto, conformada por 3600 metros (m) de largo y 17.5 m de ancho. El tramo muestra de estudio delimitado comprendió desde el sector de “La Poza” hasta el redondel del Aeropuerto en el Paso Lateral de Manta con 3.6 kilómetros (Km) de longitud aproximadamente. La investigación fue de tipo descriptiva con diseño de campo. La técnica de recolección de datos consistió en la observación, además, se utilizó un formato de registro de las fallas como instrumento para aplicar el método PCI (Índice de Condición del Pavimento). En el tramo estudiado se obtuvo una calificación de 49 en el índice PCI, siendo un pavimento regular. Se identificaron 12 tipos de fallas en las 26 unidades de muestra analizadas. Las principales fallas encontradas fueron el desprendimiento de agregados con un 78.28%, seguido de la piel de cocodrilo con un 4.51% y los agregados pulidos con un 4.11%. Se concluye que la carretera necesita mantenimiento del tipo menor como del tipo mayor. Se recomienda realizar las intervenciones de mantenimiento del tipo menor previamente para luego llevar a cabo las del tipo mayor.

VEGA (2020), por su parte, desarrollo una investigación con el objetivo de evaluar y determinar las causas que producen el deterioro de la estructura de pavimento flexible en la avenida Eliza Mariño de Carvajal del Cantón, en Guayaquil, Ecuador. Ya que se observa un deterioro notable en esta vía que representa una de las principales vías de comunicación en la localidad, siendo una de las más transitadas. Para determinar las propiedades mecánicas y físicas del pavimento, realizo ensayos de investigación geotécnica, por medio de dos



calicatas, además determino el tráfico actual, por medio del conteo vehicular, establecido en la metodología AASHTO. Determino que existían problemas en la subrasante, por presentar un CBR malo, por lo que el material es deficiente-, y en el espesor de las capas que conformaban el pavimento flexible, además del drenaje que implementaron, lo califica como deficiente.

3.1.2. Nacionales

CÁRDENAS & NINASQUE (2021), presentaron un trabajo de investigación, con el propósito de determinar los factores influyentes en el deterioro de carreteras no pavimentadas para establecer el mantenimiento Cp. Herbay Alto – Cañete 2020. La población donde se realizó la investigación fueron las carreteras sin pavimentar es la Provincia de Cañete y la muestra de la investigación fueron dos Kilómetros de la Carretera sin pavimentar del Cp. Herbay Alto (G.E.) del distrito de San Vicente y dos kilómetros de la carretera sin pavimentar del Fundo el Conde (G.C.). El tipo de investigación fue descriptiva - correlacional, el diseño fue no experimental y la técnica de investigación fue la observación y los instrumentos las fichas de datos. Para la investigación usaron el manual técnico, Caminos con Microempresas, y del MTC el libro Programa de Mejoramiento de la Transitabilidad de la Red Vial Nacional. Los resultados determinaron que la falla de deformación fue la más relevante de la carretera del Centro poblado de Herbay Alto. Concluyendo que los factores más influyentes en el deterioro de la carretera no pavimentada fueron el drenaje deficiente y el volumen de tráfico pesado.

DOMINGO Y ELESCANO (2021), en su investigación buscaron determinar los factores actuantes en el comportamiento del pavimento rígido en la calle Luis Galvani, en Ate Vitarte. La investigación estuvo enmarcada dentro del método científico general, y método específico analítico, de tipo aplicada, enfoque mixto y nivel explicativo. La población fue la calle Luis Galvani, en la cuadra 1, 2 y 3, y la muestra, la estructura del pavimento rígido. Determinaron como conclusión que, el clima y los materiales de la estructura del pavimento, son los factores influyentes en el comportamiento del pavimento.

CÓRDOVA Y CRUZ (2019), realizaron un trabajo de investigación, para determinar los factores que influyen en el desgaste de la Avenida Ramon Castilla, en Chulucanas, Piura. La investigación fue descriptiva, de diseño no experimental;



la población fue de 50 personas que Vivian en inmediaciones de la Avenida Ramon Castilla, realizaron una encuesta. Como resultado, obtuvieron que, el 74 % de os encuestados considera que el mal estado del pavimento se debe a un mal proceso constructivo, el 18% opina que la causa es por el tránsito pesado, y por último el 8% atribuye el mal estado a otras causas. Concluyen que, los factores que influyen negativamente en el estado del pavimento, son, en primer lugar, el mal control de calidad durante la construcción, además de otros factores como, el uso de maquinaria inapropiada, la calidad de los materiales, la temperatura y el diseño de la estructura.

PÉREZ Y RAMÍREZ (2018), en su investigación evaluaron patológicamente la superficie asfáltica y determinaron su estado actual. Fue una investigación cuantitativa y experimental. Realizaron estudio de tráfico, evaluación modal de daños, análisis de diseño de firmes y propuestas de mejora. Su población y muestra fue la Avenida Los Tréboles. Encontraron que el 48% de defectos superficiales, son principalmente por abrasión superficial relacionada con la edad. La destrucción total de la acera se debió a una fuga de aguas residuales y al impacto de los factores climáticos en las superficies de las carreteras.

LÓPEZ (2018), determino la influencia del agrietamiento por fatiga sobre los daños causados por factores climáticos, calidad del material y carga del vehículo. Uso una investigación descriptiva y no experimental. Con los métodos AASHTO 93 y PCI para evaluar la condición del pavimento. Como población y también muestra tuvieron al Malecón Checa Avenida Eguiguren en SJL-Lima (14 km). Determinaron la presencia de piel de caimán (33%), pliegues (5%), grietas longitudinales (25%) y otros.

ARMAS (2018), busco determinar el estado de conservación de la carretera Cajabamba - Río Negro mediante el método VIZIR. Uso el método VIZIR para determinar daños estructurales y funcionales. Estimo 128 unidades de muestra, en la Vía Cahabamba – Río Negro (12.800,00 km). Obtuvo el nivel de agrietamiento de la piel de cocodrilo (60,74%), Además el estado de mantenimiento periódico según método VIZIR (62,50%).



3.1.3. Locales – Regionales

CARRIÓN Y SALAZAR (2023), proponen estrategias de intervención a través del análisis comparativo de índices de estado de la vía (método PASER y método PCI) en los tramos de subida y bajada de la vía entre Wanchaq y San Sebastián, especialmente en la intersección de la avenida de la Cultura y la avenida Mariscal Gamarra. Se observó un marcado deterioro de la capa asfáltica, con daños como grietas verticales y horizontales, surcos, pieles de cocodrilo y manchas, requiriendo intervención inmediata. Sus hallazgos generales fueron apoyados por la prueba de hipótesis general de los índices de condición del pavimento, indicando que los caminos cuesta arriba tienen un índice de condición promedio de 39,29 (mala) en PCI y 3,73 (mala) en PASER. Las puntuaciones de los caminos cuesta abajo son de 43,27 (normal), PCI y 4,17 (razonable), PASER. Los resultados específicos muestran que la densidad de daños en el camino de subida es del 36,39% para PCI y del 49,09% para PASER, mientras que en el camino de bajada es del 47,5% para PCI y del 67,69% para PASER. Los daños más comunes son grietas verticales y horizontales, surcos y piel de cocodrilo, siendo el camino de subida el más afectado por la pendiente del 2,16%, provocando altas cargas dinámicas y abrasión superficial. Por lo tanto, indican que, las estrategias de intervención deben considerar las vías de acceso como máxima prioridad, teniendo en cuenta la naturaleza específica y la ubicación de las fallas en el mantenimiento y mejora de la infraestructura vial.

HUANCCOLLUCHO Y MOYA (2021), utilizaron el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), para evaluar el estado superficial de la vía Iscuchaca-Huarocondo con el fin de proponer soluciones técnicas para abordar los defectos más graves. Determinaron el tipo, la gravedad y la cantidad de defectos en unidades de muestreo seleccionadas. Inspeccionaron visualmente el tramo de carretera de 10.640 kilómetros y registraron los defectos con fotografías. Con base en los resultados encontraron que el primer tramo vial tuvo un índice PCI de 39.49%, clasificado como malo según los lineamientos de ASTM. Identificaron efectos, principalmente estéticos y/o funcionales, que afectan al normal movimiento del vehículo. Sugieren desarrollar una matriz de acciones correctivas y operativas para eliminar las deficiencias identificadas.



MOZO & QUISPE (2019), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue la evaluación superficial del pavimento flexible en el circuito humedal Lucre-Huacarpay. La población fue determinada por 8270 metros de calzada. La tesis metodológicamente se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y diseño no experimental. Para evaluar las fallas presentes en esta vía se hizo uso de dos métodos, el primero para determinar el Índice de condición del pavimento, el método del PCI, y el otro método, para determinar la serviciabilidad, mediante el método Roadroid, que es un aplicativo. Sus resultados indican que, en todo el trayecto de esta vía, se tiene un valor de PCI , igual a 22.87, categorizando a la carpeta asfáltica en un estado “Muy Malo”. Así mismo, mediante el segundo método se obtuvo un índice de serviciabilidad de 2.814 (sentido de ida) y 2.813 (sentido de vuelta) calificando de esta manera una serviciabilidad “Regular”. Después de analizar los resultados, los autores recomiendan que se requiere realizar una rehabilitación superficial en toda la vía. Se concluyo que el estado del pavimento es muy malo y requiere de acciones de Rehabilitación.

REINOSO (2018), presento un trabajo de investigación con la finalidad de analizar las condiciones del estado de transitabilidad y el nivel servicio en el camino vecinal tramo Saywite - Ccecceray - Totoray Alta y Baja - Bacas Baja Alta - Trancapata Alta y Baja del distrito de Curahuasi, Provincia de Abancay, de la región de Apurímac. Como muestra se tomó la progresiva del Km 03 al KM 04. La investigación se desarrolló bajo el enfoque cualitativo, investigación de tipo descriptiva, con alcance descriptivo-explicativo, y diseño no experimental-transversal. Se realizo mediante un diagnóstico actual de la vía, donde se analizó y evaluó las obras de arte y drenaje y la superficie de rodadura. Han encontrado fallas por deterioro superficial, deformaciones con huellas /hundimiento mayor a 10 cm, en la superficie de rodadura. Se concluye que el camino vecinal se encuentra en mal estado de transitabilidad y nivel de servicio en alguna zona debida que las obras de artes y drenaje se encuentras deterioradas, no hay presencia de señalización, hay una inseguridad para viajar, deformaciones, hundimiento en la superficie de rodadura.



3.2. Marco Teórico

3.2.1. Fallas en la carpeta de rodadura

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), el desgaste de los pavimentos flexibles se puede dividir en dos categorías: estructural y superficial. Los daños estructurales, incluidas deformaciones y grietas, a menudo requieren costosos trabajos de renovación. Por otro lado, el deterioro de la superficie, como las grietas en finas capas de hormigón asfáltico o tratamientos superficiales, se pueden remediar mediante un mantenimiento rutinario.

Es importante destacar que estas fallas no aparecen inmediatamente sino que aparecen después de cargas repetidas, determinadas por la curva de fatiga específica de cada material. Comprender esta curva de fatiga es fundamental para predecir y resolver problemas con éxito a lo largo del tiempo.

Por ejemplo, reparar daños estructurales puede requerir costosos trabajos de renovación, mientras que el mantenimiento regular, como los tratamientos de superficie, son clave para prevenir y gestionar daños a gran escala. En definitiva, esta clasificación nos permite una planificación más eficaz y una gestión sostenible de los pavimentos flexibles a lo largo de su ciclo de vida.

3.2.1.1. Tipos de Fallas en Pavimento Flexible

3.2.1.1.30 *Piel De Cocodrilo*

De acuerdo a MTC (2014) Las grietas llamadas “piel de cocodrilo” se caracterizan por la formación de polígonos irregulares con esquinas afiladas. Inicialmente, estas grietas pueden parecer insignificantes, apareciendo como polígonos incompletos en la superficie rodeados de grietas cerradas, es decir, con ancho cero. A medida que este fenómeno progresa, se intensificará bajo la influencia de las condiciones climáticas y del tráfico rodado. En las primeras etapas, las grietas pueden cerrarse, pero con el tiempo, la malla formada por estos polígonos irá disminuyendo. Este proceso conduce al ensanchamiento de las grietas, acompañado de la observación de pérdida de material a lo largo de los bordes de las grietas. Para visualizar esto mejor,



puede pensar en este proceso como la creación de patrones en una superficie desgastada con el tiempo y la pérdida de material en las áreas afectadas. Este conocimiento ayuda a predecir y combatir eficazmente la aparición de grietas en la piel de cocodrilo en las aceras.

Por otro lado, para VÁSQUEZ (2002),

Las grietas por fatiga, también conocidas como "grietas de cocodrilo", son una serie de grietas interconectadas que se forman cuando las capas de asfalto se desgastan debido a las cargas repetidas de la carretera. Este fenómeno comienza en la parte inferior de la capa de asfalto, es decir, en la base estable, donde las tensiones normales y de tracción se expresan más claramente bajo las cargas de las ruedas. En las primeras etapas, estas grietas toman la forma de grietas longitudinales paralelas, que se extienden desde el fondo hacia la superficie. Bajo cargas de tráfico repetidas, estas grietas se fusionan en polígonos de ángulos agudos que crean un patrón similar al alambre de púas o la piel de cocodrilo. (p.10)



Figura 1 — Presencia de falla piel de cocodrilo.

Nota. En la figura 1 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo piel de cocodrilo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

– **Niveles de severidad para la falla tipo piel de cocodrilo**

Siguiendo lo mencionado por MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES (2013), en su Manual de Carreteras, Conservación Vial, Volumen 01, Aspectos conceptuales, niveles de servicio, inventario de conservación. 2013 podemos clasificar 3 niveles de gravedad.

- Nivel de gravedad Bajo: aparición de la red en la superficie Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto.



Figura 2 – Nivel de gravedad Bajo de piel de cocodrilo.

Nota. En la figura 2 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo piel de cocodrilo, con nivel de gravedad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

- Nivel de gravedad medio: Las grietas empiezan a levantarse Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto.



Figura 3 – Nivel de gravedad Medio de piel de cocodrilo.

Nota. En la figura 3 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo piel de cocodrilo, con nivel de gravedad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

- Nivel de gravedad alto: Las grietas comienzan a definirse en sus líneas, además de estar severamente descascarillados, y pueden ser removidas por el tráfico vehicular. Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto.



Figura 4 — Nivel de gravedad Alto de piel de cocodrilo.

Nota. En la figura 4 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo piel de cocodrilo, con nivel de gravedad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.40 Mancha en Pavimentos (Exudación)

Según MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES (2013), esta falla es caracterizada por la liberación de material bituminoso sobre la superficie de la carretera, se manifiesta visualmente como una capa brillante y reflectante. Dependiendo de la intensidad del fenómeno, esta superficie puede volverse resbaladiza y pegajosa. Este problema suele ocurrir cuando el material bituminoso contenido en la mezcla de la carretera se filtra hacia la capa superficial.

Esta exposición puede deberse a diversos factores, como cambios bruscos de clima, falta de adherencia entre capas de pavimento o problemas con la mezcla asfáltica. Las superficies pegajosas y brillantes pueden suponer una amenaza para la seguridad del tráfico y el disfrute de la conducción. Por lo tanto, es



extremadamente importante abordar este deterioro con medidas adecuadas, que pueden incluir ajustar la mezcla asfáltica o mejorar las técnicas de construcción de pavimentos. El deterioro es originado por, la disposición de fluidos sobre el pavimento como asfaltos, aceites de los vehículos y combustibles.

Además, VÁSQUEZ (2002), indica que,

La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie. (p. 12)



Figura 5 – Mancha en Pavimentos (exudación).

Nota. En la figura 5 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo mancha en pavimentos. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

Niveles de severidad para la falla Mancha en Pavimentos (Exudación)

Concordando con MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES (2013) en su Manual de Carreteras, Conservación Vial, Volumen 01, Aspectos conceptuales, niveles de servicio, inventario de conservación. 2013 podemos clasificar 3 niveles de gravedad.



- Nivel de gravedad puntual: El deterioro o falla aparece por manchas negras aisladas.



Figura 6 — Nivel de gravedad puntual.

Nota. En la figura 6 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo mancha en pavimentos, con nivel de gravedad puntual. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

- Nivel de gravedad continua: El exceso de asfalto forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito.



Figura 7 — Nivel de gravedad continua.

Nota. En la figura 7 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo mancha en pavimentos, con nivel de gravedad continua. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

- Nivel de gravedad continua con superficie viscosa: En este nivel se puede observar gran presencia de asfalto libre, además, su superficie se siente viscosa.



Figura 8 – Nivel de gravedad continua con superficie viscosa.

Nota. En la figura 8 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo mancha en pavimentos, con nivel de gravedad continua con superficie viscosa. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

3.2.1.1.50 *Agrietamiento en Bloque*

VÁSQUEZ (2002), indica que,

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se



encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa). (p. 14)

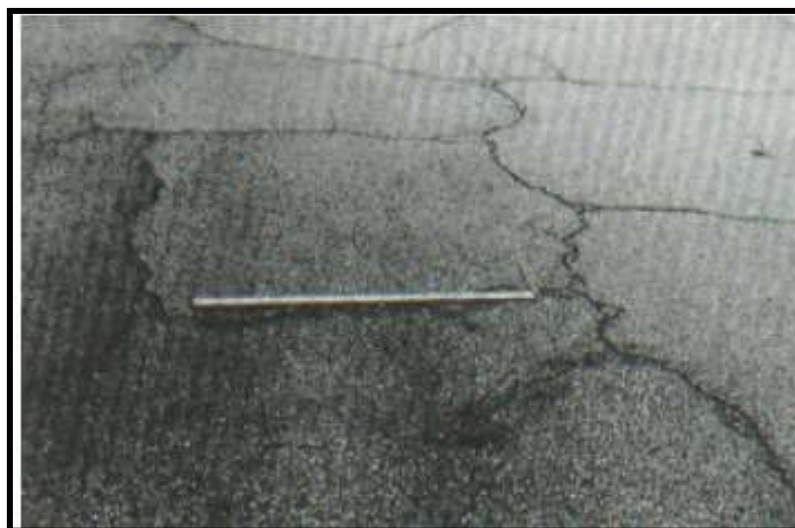


Figura 9 – Agrietamiento en Bloque.

Nota. En la figura 9 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo agrietamiento en bloque.

Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.60 Abultamientos y Hundimientos

Para VÁSQUEZ (2002), a este tipo de falla se le denomina como abultamientos y hundimientos, considerados como pequeños desplazamientos tanto hacia arriba como para abajo respectivamente, que se presentan de manera abrupta, que en conjunto ocasionan las denominadas ondulaciones.

Niveles de severidad

L (Bajo): Las protuberancias o abolladuras tienen poco efecto en la calidad de marcha.

M (Moderado): Protuberancias o depresiones que provocan un deterioro moderado de la carretera.

H (Alto): Abultamiento o flacidez que causa una movilidad gravemente afectada.

Medición: La escala de estas materias se mide en pies lineales o metros lineales.



En casos especiales, cuando los salientes están separados menos de 3,0 m y son perpendiculares a la dirección del movimiento, se clasifican como pliegues. Además, si el abultamiento se produce junto con la grieta, se reparan ambos.



Figura 10 — Nivel de Severidad Bajo de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 10 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo abultamiento y hundimiento, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).



Figura 11 — Nivel de Severidad Medio de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 11 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo abultamiento y hundimiento, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).



Figura 12 – Nivel de Severidad Alto de Abultamiento y Hundimiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 12 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo abultamiento y hundimiento, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.70*Corrugaciones*

En referencia al método de diseño de obras relacionadas con el mejoramiento de pavimentos asfálticos adoptado por el MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA (2008), se presta atención al problema de las ondulaciones o sartanejas. Este fenómeno se caracteriza por la aparición regular de picos y valles cercanos, a menudo separados por menos de 3,0 m. En particular, los picos aparecen perpendiculares a la dirección del movimiento.

Las ondas a menudo se crean por la interacción del movimiento con una estera o sustrato inestable. Para ilustrar este problema, podemos imaginar una superficie de carretera con irregularidades notables debido a que las capas subyacentes no son lo suficientemente estables. Es importante recordar la importancia de abordar este tipo de daño al diseñar mejoras en los pavimentos, ya que puede tener un impacto significativo en la calidad y durabilidad de la infraestructura vial.





Figura 13 – Corrugaciones en el pavimento.

Nota. En la figura 13 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo corrugaciones en el pavimento. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, 2008).

Niveles de severidad para la falla Corrugación

Según VÁSQUEZ (2002), la severidad se clasifica en,

Nivel de severidad Bajo: Ocurre cuando la característica del tránsito es de severidad leve, no afecta la movilidad.

Nivel de severidad Medio: Ocurre cuando la característica del tránsito es de severidad media.

Nivel de severidad Alto: Ocurre cuando la característica del tránsito es de severidad alta. Y la movilidad se transforma muy dificultosa. (p.18)

3.2.1.1.80 Depresión

VÁSQUEZ (2002), describe a la depresión como: Las áreas de pavimento que se presentan más bajas en altura que el resto del pavimento. Muchas veces, para poder observar con claridad una falla de este tipo, es mejor, después de la lluvia, ya que al

acumularse el agua se pueden ver unos charcos de agua. El pavimento seco puede tener muescas debido a las manchas de agua estancada. Se forma una depresión debido al hundimiento del lecho del camino debido a una construcción inadecuada. Además, estas fallas son responsable de la existencia de rugosidades y están repletas de agua llegan a causar hidro planeo.

Niveles de severidad para la falla Depresión

El nivel de severidad, se determina de acuerdo a la profundidad máxima que tenga:

L (low): entre 13 y 25 mm.

M (medium): entre 25 y 51 mm.

H (high): mayor de 51 mm.

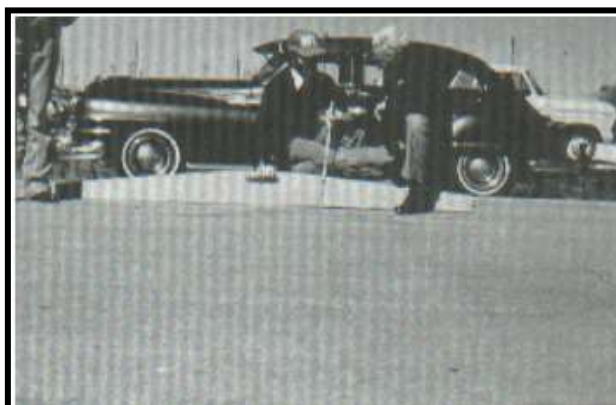


Figura 14 — Nivel de Severidad Bajo de Depresión en el Pavimento.

Nota. En la figura 14 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo depresión, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

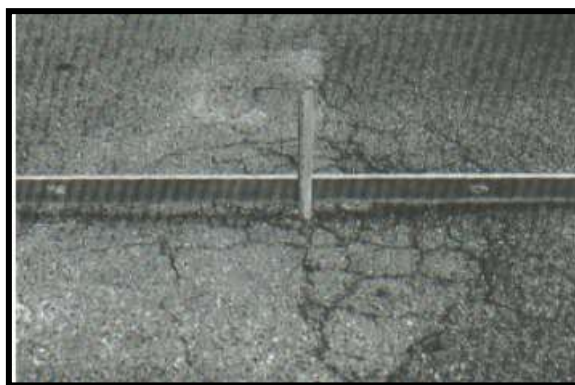


Figura 15 — Nivel de Severidad Medio de Depresión en el Pavimento.

Nota. En la figura 15 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo depresión, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

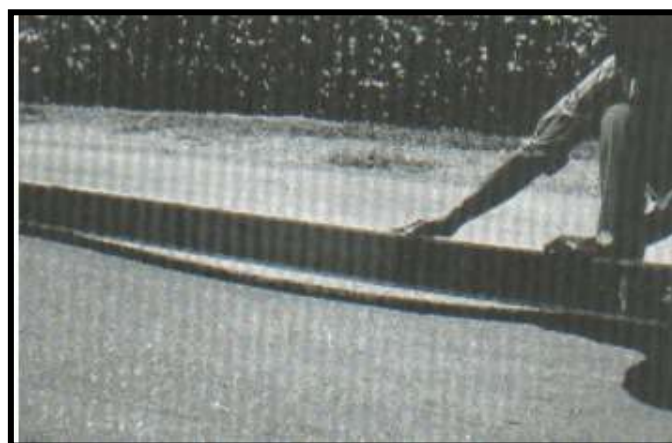


Figura 16 — Nivel de Severidad Alto de Depresión en el Pavimento.

Nota. En la figura 16 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo depresión, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.90 Grietas de Borde

Según la Guía INVIAS de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (2006), las grietas longitudinales aproximadamente circulares en pavimentos flexibles son el resultado de condiciones ambientales específicas de la carretera. Estas grietas se forman a lo largo del borde del pavimento, especialmente en áreas donde no hay bordillo o una superficie irregular entre el bordillo y el pavimento. Bordes insuficientes, bordillos inadecuados o la presencia de pavimento asfáltico que se extiende desde el final del carril crean condiciones favorables que limitan la estructura



lateral para el desarrollo de estas grietas. La falta de espacio en el borde de la carretera significa que las cargas cerca del borde de la carretera contribuyen a la formación de estas grietas. El tamaño típico de estas grietas oscila entre 30 y 60 cm en el borde del neumático. Cabe señalar que la falta de bordillos y superficies irregulares contribuyen directamente a los impactos laterales, que a su vez provocan la formación de grietas longitudinales en la superficie de la carretera.



Figura 17 – Grietas de Borde en el pavimento.

Nota. En la figura 17 se observa cómo se desarrollan las fallas de tipo grietas de borde.

Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, 2008).

Para VÁSQUEZ (2002),

Estas grietas de borde se dan paralelamente y, por lo general, presentan una distancia de 30 a 60 centímetros del borde exterior del pavimento. Este se aviva por las cargas ocasionadas por el tráfico vehicular y puede tener origen por debilitamiento de la vía, debido a características climáticas. (p. 22)

Niveles de severidad para la falla Grietas de Borde

L (bajo): No presenta fragmentación ni desprendimiento (grietas bajas o medias).

M (medio): Presentan algo de fragmentación y desprendimiento (Grietas medias).



H (alto): Presentan considerable fragmentación o desprendimiento. (p. 22)

Medida: Metros lineales.

3.2.1.1.: *Desnivel Carril/Berma*

Para INVIAS (2006), la diferencia de elevación entre la carretera y la acera se caracteriza por el cambio de elevación entre estas dos partes de la superficie de la carretera. Este tipo de daño ocurre cuando el material de relleno se asienta o erosiona en la superficie del pavimento, provocando una diferencia notable en la elevación. Un factor adicional que contribuye a este problema es la colocación de nuevas capas (sobre adhesivo) en el camino sin un ajuste adecuado del nivel de relleno. Para ilustrar este fenómeno, imaginemos una situación en la que el terraplén, debido a que el material es susceptible de asentarse, se mueve gradualmente hacia la carretera, creando un desnivel notable. Tenga en cuenta que no ajustar los niveles de las aceras no solo afecta la apariencia de la acera sino que también puede tener consecuencias para la integridad estructural y la seguridad vial. Prevenir estos daños pasa por tomar las medidas adecuadas a la hora de instalar nuevas capas y controlar continuamente el estado del terraplén para evitar asentamientos prematuros o erosión.

Mientras que, VÁSQUEZ (2002), describe a,

El desnivel entre el carril y la acera es una diferencia de nivel que se produce debido a la erosión de la acera, el asentamiento o la colocación de superposiciones en la carretera sin ajustar la altura de la acera. Para comprender mejor este problema, imaginemos que la diferencia de altura entre el borde de la acera y la acera es un indicador importante de la calidad de la acera. Y como sus niveles de severidad a bajo, cuando hay diferencia de altura de 25,0 a 51,0 mm, mediano, cuando la diferencia de altura de 51,0



mm a 102,0 mm, y alto cuando la diferencia de altura superior a 102,0 mm. (p. 26)

Ejemplos prácticos de este problema pueden incluir el asentamiento de terraplenes debido a la erosión o al movimiento durante la construcción de carreteras. Es necesario llenar estos vacíos para garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura vial.



Figura 18 — Nivel de Severidad Bajo de Desnivel en la Berma.

Nota. En la figura 18 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desnivel en la berma, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).



Figura 19 – Nivel de Severidad Media de Desnivel en la Berma.

Nota. En la figura 19 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desnivel en la berma, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

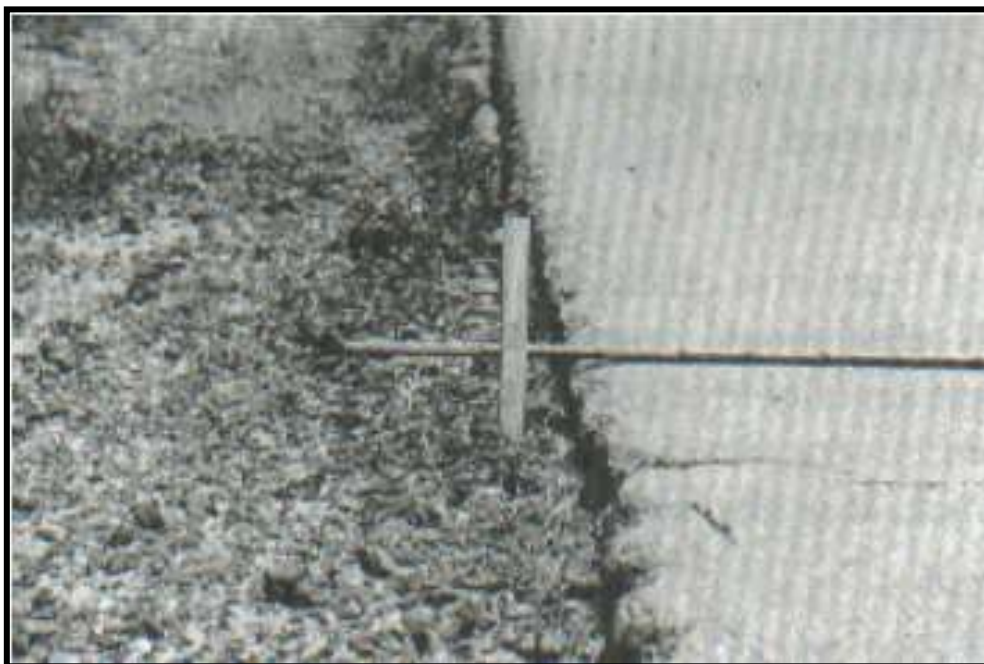


Figura 20 – Nivel de Severidad Alto de Desnivel en la Berma.

Nota. En la figura 20 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desnivel en la berma, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.; 0Grietas de Reflexión

Según indica VÁSQUEZ (2002),

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica contruidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños. (p. 24)



Figura 21 – Grietas de Reflexión.

Nota. En la figura 21 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo grietas de reflexión.

Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.320 *Desnivel Carril Berma*

“Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de berma” (VÁSQUEZ, 2022, p. 26).

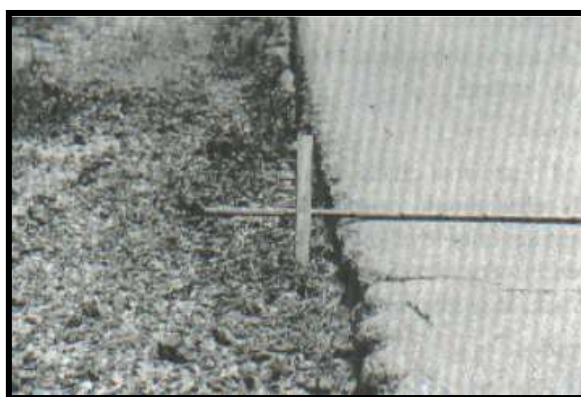


Figura 22 – Desnivel Carril Berma.

Nota. En la figura 22 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desnivel de carril.

Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.330 *Grietas Longitudinales y Transversales*

VÁSQUEZ (2002),

Las grietas longitudinales se desarrollan paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ocurrir bajo muchas condiciones diferentes, tales como: separación de juntas en aceras mal construidas, contracción superficial del hormigón asfáltico debido a bajas temperaturas, curado del asfalto o ciclos de temperatura diarios, las grietas reflectantes son causadas por fallas en los cimientos, sin incluir las grietas en las juntas del pavimento de concreto y las grietas transversales penetran el revestimiento en ángulos aproximadamente perpendiculares al eje del revestimiento o a la dirección de la estructura. Normalmente, este tipo de grietas son independientes de la carga. Para la severidad baja, las grietas son de un ancho inferior a 10 mm o grietas que se rellenan independientemente de su ancho,



medio, con grietas de 10,0 mm a 76,0 mm de ancho o grietas sin rellenar con pequeñas grietas aleatorias alrededor o grietas de cualquier ancho rellenas con pequeñas grietas aleatorias alrededor y alto, con grietas de cualquier ancho con pequeñas grietas aleatorias de gravedad moderada a severa o grietas sin relleno de más de 76 mm de ancho o grietas de cualquier ancho con revestimiento severamente agrietado dentro de unos pocos centímetros. (p. 28)

Medida:

Se miden en pies lineales (o metros lineales). Es importante registrar la longitud y la gravedad de cada grieta y, si hay una variación en la gravedad a lo largo de la grieta, entonces cada sección debe registrarse por separado. Se debe registrar cualquier inestabilidad o grietas profundas para evaluar completamente el desgaste del recubrimiento.

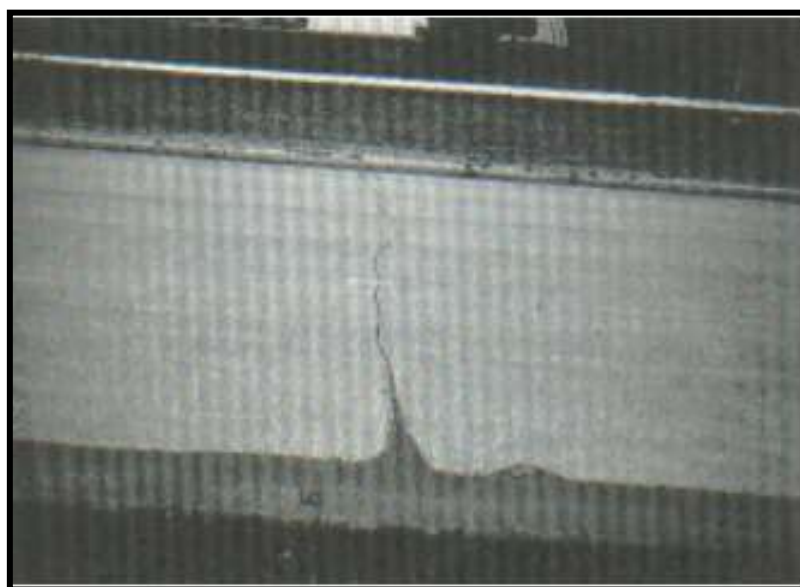


Figura 23 — Nivel de Severidad Bajo de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.

Nota. En la figura 23 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo grietas longitudinales y transversales, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).



Figura 24 – Nivel de Severidad Medio de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.

Nota. En la figura 24 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo grietas longitudinales y transversales, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

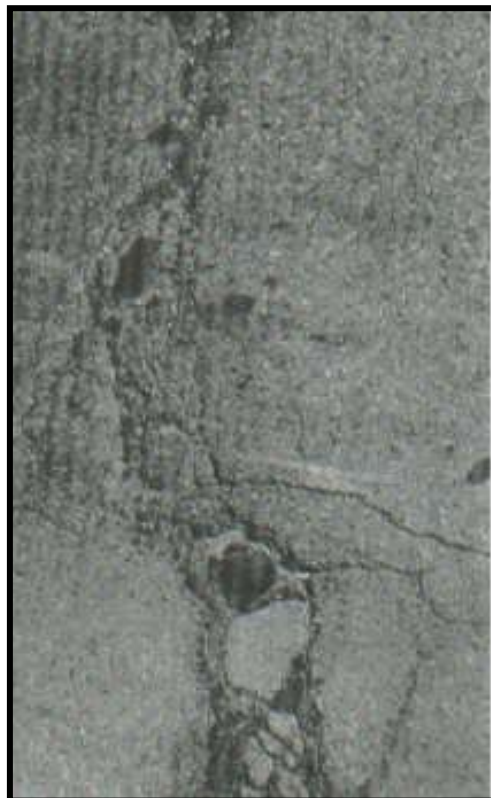


Figura 25 – Nivel de Severidad Alto de Grietas Longitudinales y Transversales en el Pavimento.

Nota. En la figura 25 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo grietas longitudinales y transversales, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.340 *Parqueo*

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES (2013) en su Manual de Carreteras, Conservación Vial, Volumen 01, dice que las reparaciones (parches) son evidencias pavimentos que no cumplieron con sus parámetros estructurales, y además, evidencia la ocurrencia de deterioro. Estos parches, tienen la función de aminorar los efectos de un pavimento deteriorado, pueden ser de manera temporal o permanente, dependiendo si existen fallas superficiales o fisuras longitudinales.

Y VÁSQUEZ (2002), considera que,

El parche es un área de pavimento que ha sido reemplazada por nuevos materiales para reparar las áreas existentes. El parche se considera un defecto y su comportamiento es irrelevante (generalmente el comportamiento de las áreas de reparación o las áreas cercanas no es óptimo, como lo tendría el pavimento sin parches). A menudo se encuentra que alguna aspereza está asociada con esta falla. (p. 30)



Figura 26 – Parches para deterioros.

Nota. En la figura 26 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo parches de deterioros.
Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

Niveles de Severidad.

L: Los parches están en buenas condiciones y son satisfactorios. Además, la calidad del tráfico se califica como baja o buena.

M: el parche está moderadamente degradado y la calidad del tráfico se clasifica como moderada.

H: Áreas que están severamente degradadas y la calidad del tráfico se clasifica como muy grave. Se requiere reparación inmediata.

Medida: El área se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área de la acera afectada. Para evaluar con precisión el deterioro, es extremadamente importante registrar áreas de diferente gravedad por separado en un centro.

Nota IMPORTANTE:

No se registrarán otros daños al pavimento no relacionados con los parches. Incluso si el material del parche muestra signos de descamación o agrietamiento, todavía se considera un parche. Si hay un cambio significativo en la superficie, por ejemplo, el reemplazo de una intersección completa, la operación no se registra como un ajuste; en cambio, se clasifican como instalaciones de pavimentación nuevas. Ejemplos prácticos:

Si un parche dentro de un área particular tiene áreas de diferente gravedad, por ejemplo, las grietas en un área son más obvias que en otra, entonces cada área debe medirse y registrarse por separado. Si el material del parche se desprende en un lugar, aún se considerará un parche cuando se registre.

3.2.1.1.350 Pulimento de Agregados

Según VÁSQUEZ (2002),

El daño al pavimento causado por cargas repetidas de tráfico es especialmente evidente en un fenómeno llamado pulido acumulativo. Este daño ocurre cuando algunos de los agregados de la superficie de la carretera se vuelven suaves al tacto, lo que



reduce significativamente la tracción del neumático. Cuando el contenido de agregado del pavimento es bajo, la estructura del pavimento tiene un efecto limitado en la reducción de la velocidad del vehículo. El pulido de los áridos se evalúa mediante inspección, determinando el deterioro de la distribución del árido en la superficie y su suavidad al tacto. Aunque no se ha establecido la gravedad, es importante tener en cuenta que el grado de pulido debe ser alto para incluirlo en la evaluación del estado y considerarse un defecto. Pasar la prueba es un indicador importante, y si la puntuación es baja o ha disminuido significativamente desde la última evaluación, esto indica la presencia de este tipo de deterioro. Estas consideraciones resaltan la importancia del pulido de agregados como un factor clave en la evaluación del estado del pavimento y enfatizan que su detección temprana es esencial para una acción correctiva efectiva. (p. 32)

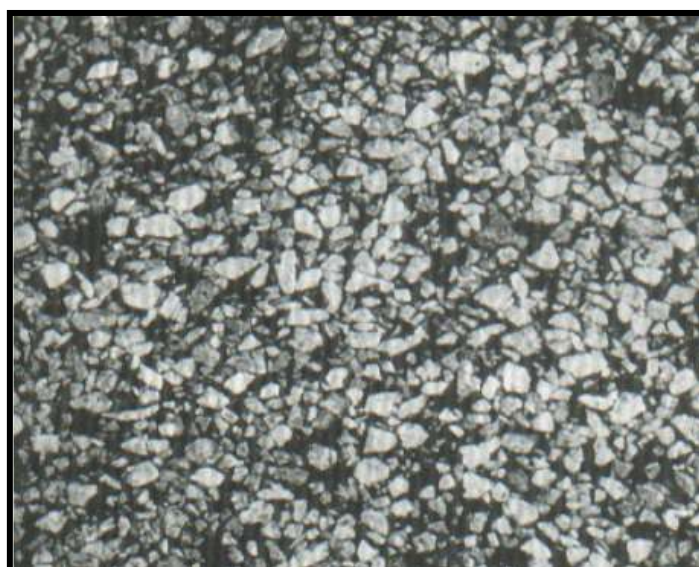


Figura 27 — Pulimento de Agregados.

Nota. En la figura 27 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo pulimento de agregados.

Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.360 Huecos

Para VÁSQUEZ (2002),

Los huecos son pequeñas depresiones en el pavimento, generalmente de menos de 90 cm de diámetro y en forma de cuenco. Suelen tener bordes afilados en la parte superior y bordes verticales. La acumulación de agua en las cavidades acelera el crecimiento de las mismas. Estas fallas se forman cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie de la carretera. La degradación del pavimento se ve exacerbada por una mala mezcla de la superficie, puntos débiles en la base o subrasante, o fallas del tipo piel de cocodrilo que han alcanzado un alto grado de severidad. Suele ser una falla de la condición estructural y no debe confundirse con la meteorización. (p. 33)

Tabla 2 — Niveles de Severidad Para Huecos

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

Nota: Extraído de VÁSQUEZ (2002). Cuando los huecos presentan un diámetro menor a 762 mm, los niveles de severidad se basan en su profundidad y diámetro.

VÁSQUEZ (2002), también menciona que,

Cuando los huecos presentan un diámetro mayor a 762 mm, debe medirse el área en pies o metros cuadrados y dividirla entre 5 pies² o 0.47 m² respectivamente para hallar la cantidad de huecos equivalentes. Y, por último, cuando los huecos presentan un diámetro menor o igual a 25 mm, se considera severidad media. Mientras que, si el diámetro es mayor a 25 mm se considera severidad alta. Los huecos se miden contabilizando los de severidades baja, media y alta, y registrándolos de manera independiente. (p. 33)





Figura 28 — Nivel de Severidad Bajo de Huecos en el Pavimento.

Nota. En la figura 28 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo huecos, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).



Figura 29 — Nivel de Severidad Medio de Huecos en el Pavimento.

Nota. En la figura 29 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo huecos, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

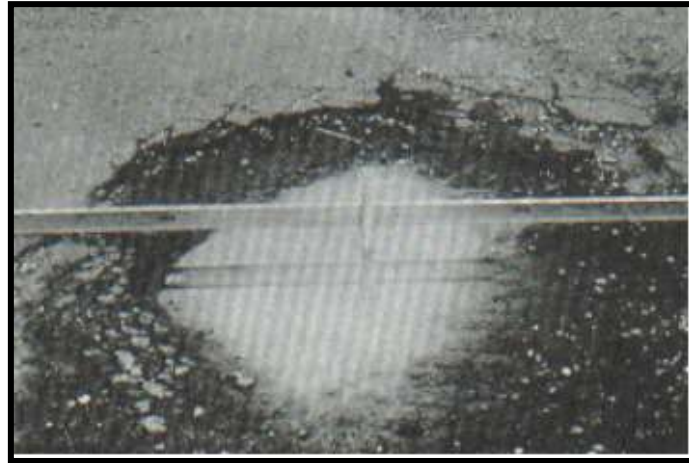


Figura 30 — Nivel de Severidad Alto de Huecos en el Pavimento.

Nota. En la figura 30 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo huecos, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.370 Ahuellamiento

Según VÁSQUEZ (2002), se caracteriza por depresiones en la superficie del surco y en algunos casos puede representar elevaciones de la superficie del camino a ambos lados del surco. La visibilidad de los surcos puede aumentar después de la lluvia cuando el surco se llena de agua. Este deterioro se debe a la deformación permanente del pavimento o subrasante y, a menudo, es el resultado de la consolidación del material o el desplazamiento lateral debido al tráfico rodado. Las posibles causas según el MINISTERIO DE TRANSPORTE (2013), son:

- Error en dosificación de asfalto.
- Desajuste entre el tipo de asfalto y la temperatura de la superficie de la carretera.
- Diferencia entre granulometría de áridos y temperatura de abrasión.
- Inconsistencia entre el nivel de unidad y la clase de movimiento.

Estas consideraciones resaltan la importancia de las roderas como un indicador importante de posibles problemas estructurales y su relación con factores clave como la calidad del material y el diseño del pavimento.

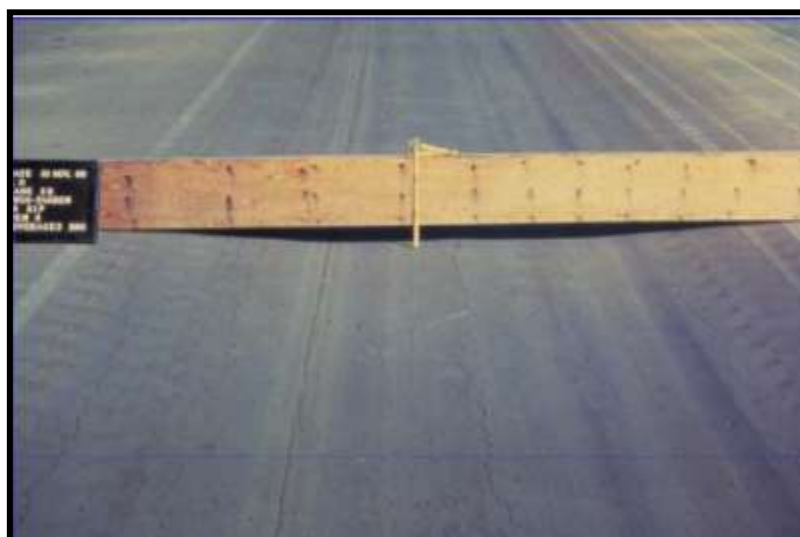


Figura 31 — Ahuellamiento por falla de subrasante.

Nota. En la figura 31 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo ahuellamiento por falla de la subrasante. Extraído de: (MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, 2008).

Niveles de severidad

Se evalúa en base a la profundidad media del ahuellamiento:

L: entre 6 y 13 mm.

M : entre 13 mm y 25 mm.

H : mayor a 2 mm.

Según VÁSQUEZ (2002), para dimensionar este tipo de falla se debe,

El área afectada se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) y su profundidad media se mide con una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media. (p. 37)



3.2.1.1.380 *Desplazamiento*

Según VÁSQUEZ (2002),

El desplazamiento se define como el movimiento longitudinal y permanente de una parte local del pavimento provocado por las cargas de tráfico. Cuando el vehículo aplica fuerza sobre la superficie de la carretera, se pueden formar ondas cortas y repentinas en la superficie de la carretera, lo cual es típico de este tipo de daños. Estos daños son más comunes en carreteras con mezclas asfálticas inestables, donde la estructura de la superficie es menos capaz de soportar las cargas del tráfico. Otro escenario susceptible al movimiento es cuando el pavimento asfáltico rodea al pavimento de hormigón de cemento Portland. En este caso, aumentar la longitud del pavimento de hormigón de cemento Portland puede provocar desplazamiento. Para visualizar el desplazamiento, imagine una carretera donde las cargas de tráfico provocan vibraciones breves y repentinas en la superficie del pavimento. Estas consideraciones resaltan la complejidad del desplazamiento, enfatizando la importancia de la estabilidad de la mezcla asfáltica y la interacción entre las superficies de diferentes materiales como factor clave para prevenir este tipo de daños. (p. 39)

Niveles de Severidad:

L (bajo): El desplazamiento crea una baja calidad de tráfico pesado.

M (medio): La calidad del tráfico causada por los desplazamientos es moderada.

H (alto): El movimiento causa una calidad de tráfico severa.





Figura 32 — Nivel de Severidad Medio de Desplazamiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 32 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desplazamiento, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

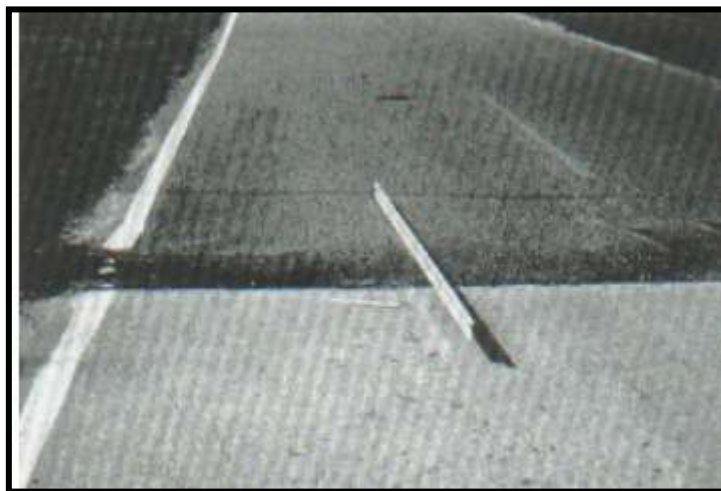


Figura 33 — Nivel de Severidad Alto de Desplazamiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 33 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo desplazamiento, con nivel de severidad alto. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.390 *Grietas Parabólicas*

En este caso VÁSQUEZ (2002), nos dice que,

Las grietas de tipo parabólicas son grietas en forma de media luna. Ocurren cuando las ruedas frenan o patinan, lo que hace que la superficie de la carretera se deslice o se deforme. Por lo general, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja

resistencia o mala adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento. Este daño no está relacionado con procesos de inestabilidad geotécnica en la vía. En cuanto a los niveles de daño, bajo, es cuando el ancho promedio de la grieta es menor a 10,0 mm, medio, si se cumple una de las siguientes condiciones: el ancho de la grieta promedio osciló entre 10,0 mm y 38,0 mm, el área alrededor de la grieta se divide en pedazos pequeños y apretados; y el ultimo nivel alto, si se cumple con una de las siguientes situaciones: el ancho promedio de la grieta es superior a 38,0 mm, el área alrededor de la grieta se descompone en piezas fácilmente removibles. Para medir esta falla. el área involucrada en una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) y se clasifica de acuerdo con la mayor severidad de esta. (p. 41)



Figura 34 – Grietas Parabólicas en el Pavimento.

Nota. En la figura 34 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo grietas parabólicas.

Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.3: 0 Hinchamiento

Según VÁSQUEZ (2002), la fuerza de sustentación se caracteriza por que la superficie del pavimento se abulta hacia arriba, formando una onda larga y uniforme con una longitud superior a los 3,0 m, este fenómeno puede ir acompañado de agrietamiento de la superficie, demostrando que la integridad del pavimento es



significativamente dañada. Para visualizarlo, debemos imaginar una carretera con olas largas que aumentan gradualmente y se extienden hasta la superficie más de 3,0 m.

En la mayoría de los casos, la causa del calentamiento es el suelo congelado, especialmente en climas fríos donde el congelamiento contribuye a este tipo de daño. Los suelos expansivos también pueden contribuir al hinchamiento, provocando que la superficie del pavimento se hinche. Estas consideraciones resaltan la naturaleza única de las ampollas, enfatizando la longitud de onda y las causas específicas que contribuyen a este tipo de falla del pavimento.

Nivel de severidad

L (bajo): Falla que causa un deterioro bajo en la calidad de tránsito. EL hinchamiento leve no siempre es fácil de ver, pero se puede detectar conduciendo al límite de velocidad en ciertas partes del pavimento. Si hay hinchazón, se moverá hacia arriba.

M (medio): calidad de tránsito moderadamente difícil debido a la falla.

H (alto): La falla provoca una mala calidad de marcha.



Figura 35 — Hinchamiento en el Pavimento.

Nota. En la figura 35 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo hinchamiento. Extraído de: (VÁSQUEZ, 2002).

3.2.1.1.3;0 *Meteorización/ Desprendimiento de Agregados*

VÁSQUEZ (2002), las describe como,

La pérdida de la superficie del pavimento debido al desgaste del aglomerante asfáltico y las partículas de agregados sueltos. Este daño indica que el ligante asfáltico se ha endurecido significativamente o es una mezcla de mala calidad. Además, ciertos tipos de tráfico, como los vehículos con orugas, también pueden ocasionar el desprendimiento. Este tipo de falla también incluye el ablandamiento de la superficie y la pérdida de agregados debido al derrame de petróleo. Su nivel de gravedad se mide en bajo, si ha comenzado la pérdida total o del aglutinante, en algunos lugares, la superficie ya ha comenzado a hundirse, cuando ocurre una fuga de aceite, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie es dura e impermeable a la moneda; medio, cuando existe falta de relleno o aglutinante, la textura de la superficie es moderadamente rugosa y hueca, en caso de fuga de aceite, la superficie es lisa y se puede perforar con una moneda; y alto cuando hay pérdida significativa de carga o ligante, la textura de la superficie es muy rugosa y muy accidentada, las áreas ahuecadas tienen menos de 10,0 mm de diámetro y menos de 13,0 mm de profundidad; las áreas con mayor profundidad de desprendimiento se consideraron huecos, cuando ocurre un derrame de petróleo, el aglutinante asfáltico pierde su agente aglutinante y el agregado se afloja. La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. (p. 44)



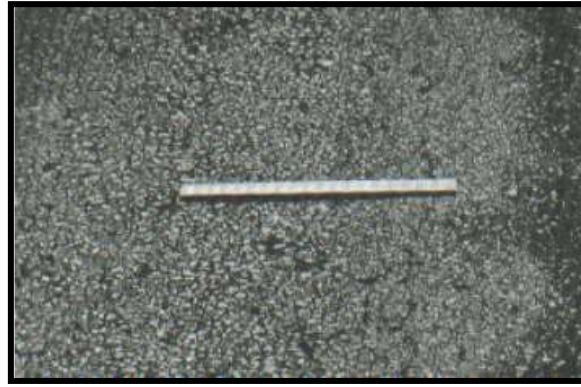


Figura 36 — Nivel de Severidad Bajo de Meteorización en el Pavimento.

Nota. En la figura 36 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo meteorización, con nivel de severidad bajo. Extraído de: (VÁSQUEZ 2002).



Figura 37 — Nivel de Severidad Medio de Meteorización en el Pavimento.

Nota. En la figura 37 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo meteorización, con nivel de severidad medio. Extraído de: (VÁSQUEZ 2002).



Figura 38 — Nivel de Severidad Alto de Meteorización en el Pavimento.

Nota. En la figura 38 se observa cómo se desarrollan las fallas tipo meteorización, con nivel de severidad alto. Extraído de: (Vásquez 2002).

3.2.1.2. Métodos de Investigación de las Fallas

GONZÁLEZ ET AL. (2017), enfatizan la importancia de seleccionar cuidadosamente los métodos de investigación al examinar el desgaste o deterioro del pavimento u otros materiales. Es importante contextualizar estas elecciones según el tipo de defecto o error que se esté estudiando. Por ejemplo, en algunos casos, los métodos de caracterización estructural pueden ser más apropiados, mientras que en otros, las pruebas de laboratorio detalladas pueden ser más apropiadas. Comparar los resultados de múltiples estudios se convierte en una estrategia valiosa. Al comparar y analizar los resultados de diferentes pruebas, puede confirmar y obtener información sobre la causa del daño o la falla. Un ejemplo práctico es comparar las pruebas no destructivas con las pruebas destructivas para evaluar la coherencia de los resultados y proporcionar una mayor comprensión del comportamiento del material. La investigación de GONZÁLEZ ET AL. (2017), apoyan este enfoque, enfatizando que la selección de métodos apropiados y la comparación efectiva de resultados son pasos importantes hacia el avance de la investigación sobre pavimentos y materiales que promueve una buena comprensión y soluciones más efectivas. Los métodos más usados son:

1. Inspección visual-Índice de Estado.
2. Calicatas.
3. Perforaciones.
4. Medidas de deflexiones.
5. Ensayos de laboratorio.

3.2.1.2.3 *Inspección visual.*

Esta es una de las herramientas de restauración de pavimentos más poderosas y una parte esencial de cualquier investigación. Esta normalmente se efectúa en dos etapas:



a) Inspección visual inicial.

El objetivo principal de la inspección general en proyectos de pavimento es obtener una visión general del estado del pavimento y delinear áreas uniformes. Estas secciones agrupan áreas similares por tipo y extensión de los daños, proporcionando un enfoque más preciso para una evaluación detallada. La designación de zonas homogéneas se basa en criterios específicos, teniendo en cuenta aspectos como el tipo de superficie, las características del tráfico y las condiciones climáticas. Este proceso ayuda a identificar áreas problemáticas comunes y permite una asignación eficiente de recursos para inspecciones más detalladas. Puntos específicos y fácilmente identificables, como intersecciones o cambios de superficie, sirven como puntos de referencia para dividir la carretera en zonas de trabajo. Estas zonas son objeto de una inspección visual detallada, durante la cual se realiza un análisis exhaustivo del estado y propiedades del pavimento. Realizar una inspección exhaustiva mientras el vehículo circula a bajas velocidades permite un seguimiento más preciso de las condiciones de la superficie de la carretera. Este enfoque integral e integral maximizará la recopilación de datos para la evaluación inicial. Por lo tanto, la descripción general es un primer paso importante, identificando áreas clave para un análisis detallado y estableciendo las bases para una intervención y mantenimiento efectivos de los proyectos de pavimento.

b) Inspección visual detallada.

La fase de inspección en carretera se realiza a pie con todas las medidas de seguridad necesarias para garantizar un análisis preciso y seguro. Este proceso se lleva a cabo tanto en áreas específicas homogéneas como en parte del área identificada durante la inspección general. Durante la inspección, se debe prestar especial atención a cualquier defecto superficial. Además, se realizan observaciones sobre las condiciones de drenaje, aspectos geométricos como pendiente y curvatura, así como detalles sobre los



carriles más desgastados, distribución, accesorios y otros elementos de la infraestructura vial como bordillos y cunetas. Cuando es necesario, se realizan tareas de nivelación para comprobar y ajustar los ritmos y adaptaciones reales, garantizando la exactitud de los datos recogidos. La gravedad, la frecuencia y el estado de los errores se cuantifican y registran, contribuyendo a la definición del 'Índice de Salud'. Cuantificar los defectos detectados en la superficie es importante para comprender el estado general del pavimento. Estos datos son fundamentales para el desarrollo de estrategias de rehabilitación, proporcionando una herramienta valiosa para planificar intervenciones efectivas y sostenibles. Cada defecto se identifica, cuantifica y sus consecuencias se registran minuciosamente en una hoja de cálculo, lo que permite un análisis detallado y el desarrollo de estrategias de rehabilitación adaptadas a las condiciones específicas del pavimento.

3.2.1.3. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

VÁSQUEZ (2002), desarrolla este método, y a través de su manual, nos da a conocer que,

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Los cálculos de PCI se basan en los resultados de una inspección visual del estado del pavimento, que determina el tipo, la severidad y el tamaño de cada tipo de daño. Este método fue desarrollado para obtener un índice de la condición estructural del pavimento y la salud de la superficie. La información de daños obtenida como parte del inventario proporciona una comprensión clara de la causa del daño y su relación con la carga o el clima. (p. 2)



Tabla 3 – Rangos de Calificación del PCI

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

Nota: Extraído de VÁSQUEZ (2002). En la tabla 3 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

3.2.2. Factores que causan deterioro en el pavimento

3.2.2.1. Tráfico

El tráfico es el factor más importante que influye en el rendimiento del pavimento. El rendimiento de los pavimentos es influenciado principalmente por la magnitud de carga, la configuración y la frecuencia de cargas pesadas vehiculares. El daño causado por pasada a un pavimento por un eje se define en relación con el daño por pasada de una carga por eje estándar, que se define como una carga por eje único de 80 kN (E80). Así, un pavimento está diseñado para soportar un cierto número de repeticiones de carga de eje estándar (E80) que darán como resultado una determinada terminal condición de deterioro (SHARAD,2013).

3.2.4.3.30 Método AASHTO 93

La metodología de diseño AASHTO, originalmente conocida como AASHO, se originó en la década de 1960, cuando se realizaron pruebas exhaustivas en Illinois durante un período de dos años. Como resultado de esta investigación se desarrollaron tablas, gráficos y fórmulas que muestran la relación entre los requerimientos de consumo para los diferentes laboratorios. El

método AASHTO ha experimentado mejoras significativas durante su desarrollo, especialmente en las versiones de 1986 y 1993. Este proceso introduce conceptos mecanicistas que permiten ajustar ciertos parámetros en condiciones diferentes a las del sitio de prueba original. Estas correcciones mecánicas no sólo aumentan la precisión del método sino que también mejoran su capacidad para tener en cuenta los cambios en las condiciones de la superficie de la carretera.

Según RAMOS LUNA ET AL. (2022), la elección del método AASHTO se justifica debido a su singularidad al introducir el concepto de usabilidad en el diseño de pavimentos. La facilidad de uso es una medida de la capacidad de un recubrimiento para proporcionar al usuario una superficie lisa y suave, enfatizando la atención a la comodidad del usuario final.

Aunque han pasado muchas décadas desde el desarrollo inicial del método AASHTO, el método AASHTO sigue siendo relevante en la construcción de pavimentos. Su uso eficaz, respaldado por un desarrollo continuo, demuestra su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes y a los requisitos de construcción de superficies, lo que la convierte en una herramienta valiosa en este campo (RAMOS ET AL., 2022).

3.2.4.3.4 Factor ESAL de Diseño.

El análisis del tráfico en la vialidad en el estudio del diseño estructural del pavimento flexible, es muy importante en el análisis del tránsito vial en curso, ya que a través de él se puede obtener el parámetro de diseño ESAL, que no es más que la suma de los ejes equivalentes que circulan en la zona y provocan daños estructurales en la capa portante. El valor de diseño de ESAL se puede determinar por el peso por eje de los vehículos que circulan sobre la superficie de la carretera, y el análisis del factor de carga equivalente se puede realizar de acuerdo con el peso de cada eje, teniendo en cuenta el porcentaje de diferentes tipos de vehículos



que cruzan la frontera; según el tipo de vía y el valor de distribución de la dirección de la velocidad de crecimiento del tráfico propuesto por los expertos en diseño de firmes (RAMOS ET AL., 2022).

3.2.2.1.2.1. *Periodo de Diseño.*

El pavimento debe estar diseñado para resistir el impacto acumulativo del tráfico durante cualquier período de tiempo; el período seleccionado (en años) se define como el "período de diseño". Finalmente, se espera que el pavimento requiera algunas actividades de restauración importantes, como repavimentación para restaurar su condición original. La vida útil de un pavimento, o "período de análisis", se puede extender indefinidamente mediante sobre carpetas u otras reparaciones hasta que la carretera haya envejecido debido a cambios significativos en el grado, la geometría y otros factores. En los métodos AASHTO de 1961 y de 1972 es frecuente diseñar los pavimentos para un período máximo de 20 años (RAMOS ET AL., 2022).

3.2.2.1.2.2. *Cálculo del Tránsito.*

De acuerdo a RAMOS ET AL. (2022), para los cálculos del volumen de tráfico, el método actual considera 18 000 lb (8,2 t) de ejes simples equivalentes acumulados durante el diseño. Para fines de diseño, se recomienda dibujar un gráfico de "fase o etapa" que muestre el aumento del eje de acumulación anual (ESAL) contra el tiempo (en años) hasta el final del período de diseño o la primera vida útil del pavimento. La siguiente



fórmula se puede utilizar para calcular los parámetros de tráfico (ESAL) en el carril diseñado.

$$ESAL = ESALa * DD * DL$$

Donde:

ESAL = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

ESALa = Ejes acumulados en el período de diseño considerado el tráfico en ambos sentidos de circulación.

DD = Factor de distribución direccional; se recomienda 0.5 para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

DL = Factor de distribución por carril.

Habiéndose obtenido los coeficientes por cada eje o conjunto de ejes, la suma proporcionará el coeficiente total de equivalencia del vehículo. Utilizando el factor o tasa anual de crecimiento del tránsito, y multiplicándolo por los coeficientes totales de equivalencia y por el número de vehículos del aforo del tránsito promedio anual, se obtienen los ejes equivalentes acumulados reales para el período de diseño considerado. Otra forma para poder para calcular el ESAL en el carril de diseño es con la ecuación siguiente:

$$ESAL=N * FE * TDPA * 365 * fd * Tc$$

Ecuación...(2.2.)

Donde:



ESAL = Ejes acumulados en el período de diseño considerado el tráfico en el carril de diseño.

N = Número de ejes del vehículo analizado.

FE = Factor de equivalencia de carga.

TDPA = Tránsito diario promedio anual correspondiente al porcentaje de la composición del vehículo analizado.

fd = Porcentaje de camiones en el flujo vehicular sobre el carril de diseño.

Tc = Tasa anual del crecimiento del tránsito.

3.2.2.2. Humedad (Agua)

La humedad puede debilitar significativamente la resistencia del soporte de los materiales de grava natural, especialmente la subrasante. La humedad puede ingresar a la estructura del pavimento a través de grietas y agujeros en la superficie, lateralmente a través de la subrasante, y desde el nivel freático subyacente a través de la acción capilar. El resultado de la entrada de humedad es la lubricación de partículas, pérdida de interbloqueo de partículas y posterior desplazamiento de partículas que resulta en pavimento fracaso. (SHARAD.S.ADLINGE, 2013).

3.2.4.4.30 Cálculo de Caudales Máximos por el Método Racional

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

3.2.2.2.1.1. Procedimiento

A continuación, se presentan los pasos básicos para calcular el caudal mediante el método racional:



c) *Recopilación de datos*

Reúne la información necesaria, como la precipitación media anual en la zona, el área de la cuenca (expresada en metros cuadrados o kilómetros cuadrados) y el coeficiente de escorrentía.

d) *Determinar el coeficiente de escorrentía (C)*

El coeficiente de escorrentía es una fracción que representa la cantidad de lluvia que se convertirá en escorrentía superficial. Este valor depende de las características de uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca. Puedes encontrar tablas y valores de referencia para diferentes tipos de superficies (por ejemplo, bosques, pastizales, áreas urbanas, etc.) para ayudarte a estimar este coeficiente.

e) *Calcular el área de la cuenca (A)*

Utiliza la información topográfica disponible para determinar el área total de la cuenca en metros cuadrados o kilómetros cuadrados.

f) *Intensidad de Precipitación Máxima (I)*

Estimar la precipitación máxima para el período de diseño. La precipitación máxima se obtiene a partir de datos históricos de lluvia para el área en estudio. Generalmente, se utiliza una tabla de intensidades de lluvia en función del período de retorno (por ejemplo, 5 años, 10 años, 25 años, etc.) para obtener el valor adecuado de P.

g) *Calcular el caudal máximo (Q)*

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m³ /s]

C: Coeficiente de escurrentía, en este Tutorial encontrarás algunos valores para cuencas Rurales y Urbanas.

I: Intensidad de la Lluvia de Diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (Curvas de I-D-F) [mm/h]

A: Área de la cuenca. [Ha]

3.2.2.3. Subrasante

La subrasante es el suelo subyacente que soporta las cargas de rueda aplicadas. Si la subrasante es demasiado débil para soportar las ruedas cargan, el pavimento se flexionará excesivamente, lo que finalmente hará que el pavimento falle. Si es natural Las variaciones en la composición de la subrasante no son abordadas adecuadamente por el diseño del pavimento, significantes Se experimentarán diferencias en el rendimiento del pavimento (SHARAD.S.ADLINGE, 2013).

El MTC (2014), define a la subrasante como “la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento” (p. 20).

Definida también como la superficie natural que proporciona soporte directo a la estructura del pavimento, la base de la carretera juega un papel importante en el desempeño general de la carretera. Para garantizar la eficacia, los cimientos se componen de suelos seleccionados con propiedades específicas que cumplen con los estándares aceptados de diseño de pavimentos. El proceso de formación de los cimientos implica una cuidadosa selección del suelo y su compactación en capas. Este proceso no sólo tiene como objetivo estabilizar los cimientos sino también garantizar la capacidad del pavimento para soportar la carga de diseño sin sufrir daños. Compactar cada capa es importante para lograr una estructura estable que pueda soportar las cargas de tráfico y los cambios climáticos.

La capacidad de carga de la calzada en condiciones de operación se convierte en un parámetro importante al diseñar estructuras de



pavimento. La interacción entre la superficie de la carretera, el tráfico rodado y las propiedades del material de la estructura de la superficie de rodadura determina el rendimiento y la durabilidad de la superficie.

Tenga en cuenta que si los requisitos de forma y compactación no se cumplen adecuadamente, la subrasante puede fallar y afectar la integridad estructural del pavimento. Por lo que prestar atención a estos detalles es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo en el tiempo.

3.2.4.5.30 Categorías de la Subrasante

Se consideran materiales aptos para la subrasante los suelos que presentan un CBR igual o mayor a 6%. En caso de presentar valores menores a 6 %, se debe proceder a la estabilización de los suelos, para lo cual se deben analizar alternativas de solución tales como la estabilización química, estabilización con geo sintéticos u otros productos aprobados por la entidad contratante.

Tabla 4 – Categorización de Subrasante

Categoría de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante inadecuada	CBR<3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR≥3% a CBR<6%
S ₂ : Sub rasante regular	De CBR≥6% a CBR<10%
S ₃ : Sub rasante buena	De CBR≥10% a CBR<20%
S ₄ : Sub rasante muy buena	De CBR≥20% a CBR<30%
S ₅ : Sub rasante excelente	CBR≥30%

Nota: Extraído de MTC (2014). En la tabla 4, se observa que una subrasante excelente es aquella con un CBR mayor o igual al 30%.

3.2.2.4. Calidad de Construcción

No obtener la compactación adecuada, condiciones de humedad inadecuadas durante la construcción, calidad de los materiales y El espesor de capa exacto (después de la compactación) afecta directamente el desempeño de un pavimento. Estas condiciones enfatizar la necesidad

de personal calificado, y la importancia de buenos procedimientos de inspección y control de calidad durante construcción (SHARAD, 2013).

3.2.2.5. Mantenimiento

El rendimiento del pavimento depende de qué, cuándo y cómo se realiza el mantenimiento. No importa lo bien que El pavimento se construye, se deteriorará con el tiempo en función de los factores mencionados. El momento del mantenimiento es muy importante, si se permite que un pavimento se deteriore a muy malas condiciones. Entonces la vida útil adicional en comparación a un mantenimiento inadecuado es típicamente de 2 a 3 años. Esta vida adicional representaría alrededor del 10 por ciento de la vida total. Sin embargo, el costo de reparar la carretera con un mantenimiento inadecuado es como mínimo cuatro veces el costo si la carretera se hubiera reparado en el tiempo apropiado. El aplazamiento del mantenimiento tiene otras implicaciones, ya que, para el costo de reparar una carretera muy deteriorada, cuatro carreteras en el tiempo adecuado tendrían que ser aplazado, lo que significaría que en unos años el coste de rehabilitación podría ser de 16 veces tanto. Por lo tanto, posponer el mantenimiento debido a restricciones presupuestarias resultará en una significativa pena dentro de unos años.

3.2.3. Rendimiento del Pavimento

El rendimiento es un término amplio y general que describe cómo cambia la condición del pavimento o cómo las estructuras de pavimento cumplen sus funciones previstas con un uso acumulativo. AASHTO define el rendimiento del pavimento como la capacidad de un pavimento para servir satisfactoriamente al tráfico hora. Además, define la capacidad de servicio de un pavimento como la capacidad de servir al tráfico durante que fue diseñado. La integración de ambas definiciones producirá una nueva comprensión del rendimiento, que puede interpretarse como la integración de la capacidad de servicio en el tiempo. Los La tarea principal de un ingeniero de pavimentos no es solo diseñar y construir un pavimento, sino también monitorear el desempeño del pavimento en servicio para programar el mantenimiento y Obras de rehabilitación.



3.2.3.1. Factores Ambientales Asociados

Se ha encontrado que las condiciones ambientales ejercen un impacto significativo en el desempeño de pavimentos flexibles. Factores externos como precipitación, temperatura, humedad, congelación-descongelación Los ciclos y la profundidad del nivel freático son los principales factores ambientales que han ejercido influencias en el rendimiento del pavimento. Los factores internos, como la susceptibilidad de los materiales del pavimento a la humedad y daños por congelación-descongelación, potencial de infiltración del pavimento, controlar la medida en que el pavimento reaccionará al entorno externo aplicado condiciones. Las condiciones ambientales son el límite superior en un modelo de columna de suelo y el agua sería un límite inferior efectivo. Hay seis aspectos climáticos principales en un modelo clima-suelo acoplado: precipitación, velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica y energía solar radiación; la elevación capilar también afecta el contenido de humedad resultante en el suelo. Estas Los parámetros están interconectados entre ellos y se utilizan para predecir el comportamiento de los límites fenómenos como infiltración y evaporación (EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON FLEXIBLE PAVEMENT PERFORMANCE MODELING, 2011).



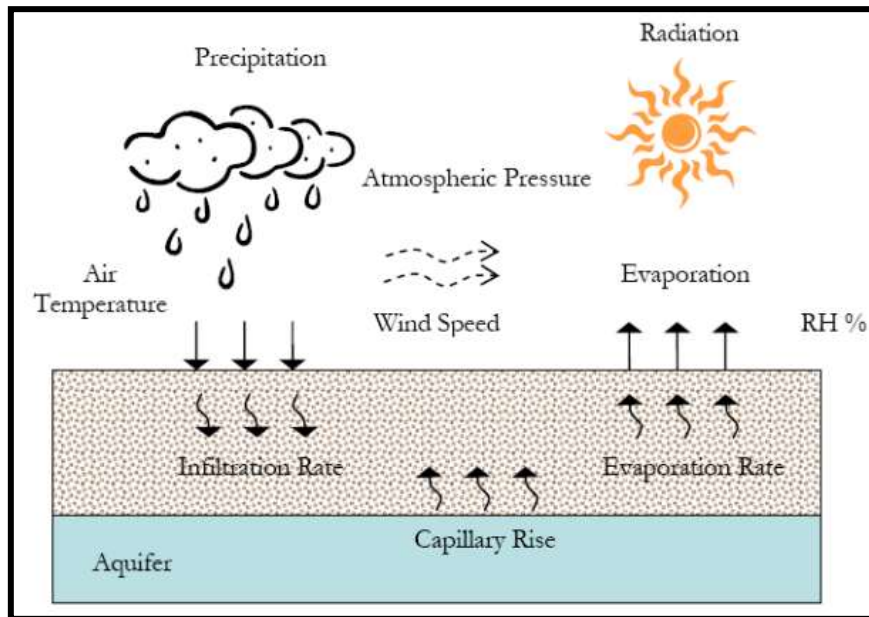


Figura 39 – Parámetros climáticos en la superficie del suelo.

Nota. En la figura 39 se observa cómo los parámetros climáticos en la superficie del suelo, están interconectados entre ellos y se utilizan para predecir el comportamiento de fenómenos como infiltración y evaporación. Extraído de: (EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON FLEXIBLE PAVEMENT PERFORMANCE MODELING, 2011)

Todos los factores ambientales están asociados con la variación estacional. Aspectos fundamentales que deben ser considerados en el diseño y mantenimiento de pavimentos asfálticos incluyen las variaciones estacionales del módulo resiliente de la capa de hormigón asfáltico y la correspondiente variación en el módulo resiliente de la subrasante. Para incorporar la variación estacional de humedad y temperatura en el proceso de diseño del pavimento, los cambios estacionales en el Se deben determinar los módulos de varias capas de pavimento. En otras palabras, es necesario cuantificar el efecto de las variaciones de humedad en los módulos de materiales no unidos y el efecto de variaciones de temperatura en el módulo de la capa de hormigón asfáltico. Esto puede lograrse estudiando los factores que afectan el módulo para ambas capas y prediciendo el módulo de estos factores (EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON FLEXIBLE PAVEMENT PERFORMANCE MODELING, 2011).



3.2.4. Normativas Aplicables

Para la evaluación de los daños en la vía San Jerónimo-Andahuaylas se hizo uso principalmente de las siguientes normativas nacionales:

R.D: N° 10-2014-MTC/14: Aprueba el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Norma E 050: Norma del Reglamento Nacional de Construcciones-Suelos y Cimentaciones.

MTC E 107-ASTM D 422: Normas para el análisis granulométrico de suelos.

ASTM D 2487: Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

MTC E 115-ASTM D 1557: Ensayo de Compactación Proctor Modificado.

MTC E 108-ASTM D 2216 y ASTM D 4643: Ensayo para determinar el Contenido de Humedad.

MTC E 110- MTC E 111-ASTM D 4318: Limite Liquido y Limite Plástico.

MTC E 122-ASTM D 3080: Ensayo de Corte Directo.

3.3. Marco Conceptual

3.3.1. Cantidad de Fallas

Del manual de VÁSQUEZ (2002), se desprende que la cantidad de las fallas, es la longitud área o número de veces que ocurre una falla en un tramo determinado.

3.3.2. Clases de Fallas

Son los diferentes tipos de falla que podemos encontrar en una vía, para nuestra investigación se ha tomado como referencia a VÁSQUEZ (2002), quien determina la existencia de 19 clases de fallas, estas se encuentran más detalladas en el capítulo 3 de esta investigación.

3.3.3. Clima

De acuerdo con el MTC (2014), es un factor que influencia en el diseño y comportamiento de los pavimentos, principalmente se habla de las temperaturas y las precipitaciones.



3.3.4. Características Geotécnicas

Se refiere a las características físico mecánicas de los materiales de la subrasante, para lo cual se realizan ensayos principalmente de granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena, humedad y ensayo CBR (MTC, 2014).

3.3.5. Carga de Trafico

Según el MTC (2014),

La investigación del tráfico parece ser un elemento importante del trabajo de un ingeniero al planificar y diseñar infraestructura vial. Esta relación, medida en unidades determinadas por la Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO), se expresa como el número total de equivalentes de ejes durante el período de pago. Para ilustrar este concepto, los efectos del desgaste uniaxial pueden manifestarse en diversos fenómenos como agrietamiento, deformación y desgaste de la capa de desgaste. Una comprensión profunda de estos impactos es fundamental para el éxito del diseño de su pavimento y subrasante, lo que le permitirá tomar decisiones informadas para garantizar la durabilidad y el rendimiento de su infraestructura vial a lo largo del tiempo. El tránsito se mide en la unidad definida por AASHTO, como ejes equivalentes acumulados durante el periodo de diseño. AASHTO además, definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado de 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². (p. 66)

3.3.6. Carpeta de rodadura

La capa de desgaste forma la capa superior de la superficie de la carretera y desempeña un papel esencial en la infraestructura vial. Puede presentarse en muchas formas, como una capa de betún (flexible), concreto de cemento Portland (rígido) e incluso pasarelas de adoquines. Su función principal es soportar directamente el tráfico rodado proporcionando una superficie resistente y duradera que pueda soportar las cargas provocadas por los vehículos en movimiento. La elección del tipo de capa de desgaste tiene un impacto significativo en la resistencia, la capacidad de carga y la vida útil del pavimento. Los neumáticos no sólo desempeñan un papel estructural importante, sino que también contribuyen significativamente a la facilidad de uso al proporcionar una superficie de



conducción suave y segura. Es importante considerar cuidadosamente los materiales y los tipos de superficie para garantizar que la carretera funcione de manera óptima y sea sostenible en el tiempo. (MTC, 2014).

3.3.7. Drenaje

Para el MTC (2014), el drenaje en un pavimento, se limita a los elementos que protegen de manera directa al pavimento de la infiltración del agua y que además deben permitir su evacuación, dentro de una estructura vial se puede presentar drenaje de aguas superficiales y drenaje de aguas subterráneas de acuerdo a las características particulares de cada zona.

3.3.8. Ejes Equivalentes

Es la unidad definida por AASHTO, para medir el efecto del tránsito, y se refiere al efecto del deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 toneladas de peso (MTC, 2014)

3.3.9. Fallas en el Pavimento

La incidencia de factores de distinto origen determinan alteraciones de la superficie de rodadura de los pavimentos flexibles que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro. (MTC, 2014, p. 167)

3.3.10. Índice de condición del pavimento (PCI)

Según VÁSQUEZ (2002),

Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. (p. 2)

3.3.11. Pavimento Flexible

Según BECERRA (2012), los pavimentos flexibles se definen como aquellas que forman un portafolio diseñado y construido principalmente sobre asfalto. Este tipo de pavimento recibe su nombre debido a su capacidad para transferir cargas de manera efectiva de la superficie de la carretera a la superficie de la carretera.



3.3.12. Precipitación

La precipitación tiene un impacto significativo en los requisitos de diseño granular y de pavimento, provocando efectos tanto directos como indirectos que deben considerarse cuidadosamente. La aparición directa de la lluvia sobre la superficie del pavimento y su infiltración en las capas subyacentes puede provocar cambios en la capacidad portante del suelo y la resistencia de las capas granulares. Esto resalta la importancia de adaptar el diseño a las condiciones de drenaje, asegurando un drenaje eficaz para evitar problemas como el debilitamiento del suelo y la pérdida de capacidad de carga. (MTC, 2014, p. 78)

3.3.13. Severidad de Fallas

Según VÁSQUEZ (2002), se refiere al grado, magnitud o nivel del deterioro de una falla, se establece tres niveles de severidad, alto, medio y bajo, y para cada clase de falla se presentan criterios de valuación de la severidad.

3.3.14. Subrasante

La subrasante en el contexto de la construcción de pavimentos se refiere a la capa crítica de suelo sobre la que descansa la estructura del pavimento. Esta zona cumple una función importante, siendo responsable no sólo de soportar la carga de la superficie de la carretera, sino también de soportar la carga generada por los vehículos. La importancia del sustrato radica en su capacidad para soportar tensiones y presiones debidas a cargas dinámicas y estáticas. Cabe recordar que la calzada juega un papel de soporte fundamental asegurando la estabilidad de toda la infraestructura viaria. Además, no sólo soporta la banda de rodadura del neumático sino que también distribuye la carga de forma eficaz, ayudando a evitar deformaciones no deseadas de la superficie de la carretera. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, 2013).

3.3.15. Temperatura

La superficie de rodadura de un pavimento flexible está constantemente expuesta a una variedad de factores, cada uno de los cuales tiene su propio origen. Estos factores pueden incluir, entre otros, condiciones climáticas severas, volúmenes de tráfico significativos y procesos naturales como la erosión. Los cambios en la superficie de las carreteras bajo la influencia de estos factores no sólo afectan la



calidad del tráfico actual sino que también dejan consecuencias a largo plazo. La seguridad, el confort y la velocidad de los vehículos se están deteriorando, provocando muchos problemas tanto para los conductores actuales como para el futuro del tráfico rodado. Por ejemplo, las grietas causadas por tensiones repetidas pueden convertirse en patrones más complejos, como grietas de cocodrilo, que pueden afectar negativamente el sistema de frenos y la tracción de los neumáticos. Este tipo de modificaciones requieren atención activa para garantizar la integridad del pavimento y la seguridad vial. (MTC, 2014, p. 77)



CAPITULO IV

METODOLOGIA

4.1. Tipo de investigación y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación de acuerdo a su finalidad es de tipo Aplicada. La investigación aplicada es un tipo de investigación enfocada en la generación de conocimientos y soluciones prácticas para abordar problemas y necesidades específicas en el mundo real, tiene como objetivo además la aplicación de los conocimientos científicos y teóricos existentes para resolver problemas concretos (CRESWELL Y CRESWELL, 2017). En nuestro caso se busca determinar cómo los factores identificados inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas, una vez determinados estos factores será posible realizar mantenimientos adecuados, para identificar el nivel de deterioro de los tramos evaluados, se usó la metodología del PCI, que nos permitió hallar el índice de condición del pavimento, valor que nos servirá para corroborar o no la incidencia de los factores.

4.1.2. Nivel de investigación

Por otro lado, la presente investigación es de nivel descriptivo-correlacional, ya que como menciona HERNÁNDEZ (2014), la investigación es descriptiva cuando va dirigida a descubrir e identificar características y aspectos de un área o conjunto de elementos estudiados y se busca explorar elementos nuevos sobre los cuales hay poca información o conocimiento, de tal manera que este trabajo de investigación explorara y buscara conocer y dimensionar las fallas existentes en la carpeta de rodadura de la zona de estudio. HERNÁNDEZ (2014), menciona también que los estudios correlacionales buscan encontrar la relación que existe entre las variables. En este caso, estamos investigando por qué han sucedido estas fallas, es decir buscamos determinar los factores que contribuyen significativamente al deterioro de la carpeta de rodadura.



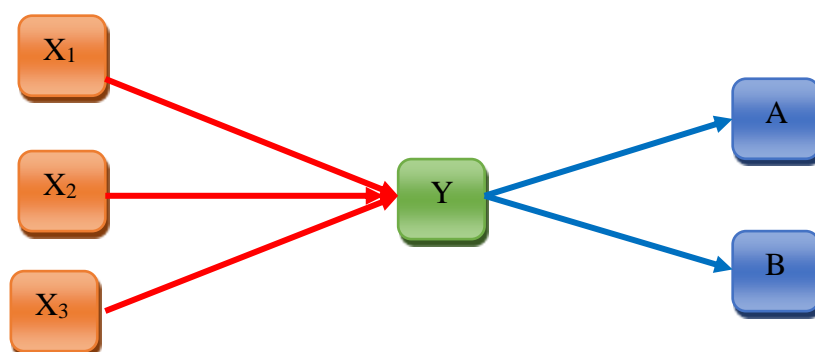
4.2. Diseño de la investigación

El estudio es de diseño no experimental-de corte transversal, según HERNÁNDEZ (2014), en este tipo de diseño las variables son evaluadas en un momento y lugar determinado a través de los datos y tablas establecidas, además son medidas y evaluadas individualmente, tomando nota de los resultados obtenidos, además, HERNÁNDEZ (2014), menciona,

A los diseños correlacionales-causales, que se limitan a establecer relaciones entre variables sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales. Cuando se limitan a relaciones no causales, se fundamentan en planteamientos e hipótesis correlacionales; del mismo modo, cuando buscan evaluar vinculaciones causales, se basan en planteamientos e hipótesis causales. (p.157)

Es así que, nuestra investigación está enfocada en determinar la incidencia de algunos factores identificados como posibles causas del deterioro de la vía, esto en base a la condición actual de la carpeta de rodadura en un tiempo determinado, en nuestro caso el año 2023.

Para desarrollar la investigación se ha establecido el siguiente esquema:



Donde:

X₁: Factor de ESAL

X₂: Factor de Clima y Drenaje

X₃: Factor de las características geotécnicas de la subrasante

Y: Deterioro de la carpeta de rodadura

A: Incidencia Significativa



B: Incidencia Negativa

4.3. Ética

La tesis se realizó con honestidad en todas las etapas de la investigación. Esto incluye la presentación precisa de datos, resultados y conclusiones.

No se han manipulado los datos y se actuó con transparencia en la recopilación, análisis y presentación de la información. Además se solicitó autorización para realizar los ensayos a los entes pertinentes.

La ética implica el mantenimiento de la confidencialidad de la información proporcionada por los participantes.

En todo momento se evitó prácticas que pudieran haber tenido consecuencias negativas, con el compromiso de la conducta ética en todas las fases del proceso de investigación, desde la concepción del proyecto hasta la presentación de los resultados. Esto asegura la validez, la confianza y la utilidad de la investigación para la comunidad científica y la sociedad en general.

La tesis se realizó de acuerdo al reglamento de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, aprobado mediante resolución N° 182-202-CU-UNAMBA, y evitando en todo momento tal como lo indica el reglamento, incurrir en plagio.

4.4. Población y muestra

4.4.1. Población

Para HERNÁNDEZ (2014), la población “debe situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo” (p.174). La población para esta investigación estuvo conformada por la vía San Jerónimo – Andahuaylas, en su totalidad, esta vía está ubicada en la provincia de Andahuaylas, región de Apurímac, siendo la longitud de 2,159 Km, solo se incluirá en la evaluación los tramos que visualmente presenten fallas, y solo la carpeta de rodadura, es así que los tramos que no presenten fallas o deterioro, serán excluidos de la evaluación, de igual forma los demás componentes de la estructura de la vía, ya que al ser la capa superior del pavimento, esta soporta directamente la carga del tráfico



vehicular, por lo tanto, está sujeta al desgaste y en consecuencia es la parte del pavimento donde se presentan las fallas.

4.4.2. Muestra

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (HERNÁNDEZ, 2014, p. 174).

La muestra es de tipo no probabilística, para HERNÁNDEZ (2014),

En este tipo de muestra, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (p. 176)

En este caso la muestra fue seleccionada por conveniencia, la cual estuvo conformada por la misma población, ya que el estudio se realizó en toda la vía, dividida en 13 tramos, detallados en la tabla 6.

4.4.2.1. Muestreo

Por otro lado, para la realización de ensayos de laboratorio, se tomaron muestras de acuerdo a la siguiente tabla indicada en la Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos.



Tabla 5 – Número de puntos de investigación para investigación en campo

Tipo de Vía	Número de Puntos de Investigación	Área (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Nota: Extraído de la Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos. De acuerdo a la tabla 5, corresponde realizar un punto de investigación cada 1000 m².

4.5. Procedimiento de la investigación

El procedimiento que se siguió para el logro de los objetivos propuestos fue el siguiente

4.5.1. Dimensionamiento del deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas.

En primer lugar, para dimensionar el deterioro se debe identificar los tipos de fallas en el pavimento, para esto se hizo uso del método PCI.

Para caracterizar el nivel de deterioro en la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas, se ha determinado usar el método PCI, ya que según VÁSQUEZ (2002), el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es la metodología más completa para evaluar y calificar de manera objetiva los pavimentos. Además, es de fácil implementación y no requiere del manejo de herramientas especializadas.

4.5.1.1. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Para poder evaluar el PCI en el área de estudio, se ha dividido la vía en 13 tramos.



Tabla 6 – Tramos para Evaluación del PCI

Tramo	Inicio	Fin
Tramo 1-M 01	KM 0+000,00	KM 0+035,40
Tramo 2-M 02	KM 0+177,00	KM 0+212,40
Tramo 3-M 03	KM 0+354,00	KM 0+389,40
Tramo 4-M 04	KM 0+531,00	KM 0+566,40
Tramo 5-M 05	KM 0+708,00	KM 0+743,40
Tramo 6-M 06	KM 0+885,00	KM 0+920,40
Tramo 7-M 07	KM 1+062,00	KM 1+097,40
Tramo 8-M 08	KM 1+239,00	KM 1+274,40
Tramo 9-M 09	KM 1+416,00	KM 1+451,40
Tramo 10-M 10	KM 1+593,00	KM 1+628,40
Tramo 11-M 11	KM 1+770,00	KM 1+805,40
Tramo 12-M 12	KM 1+947,00	KM 1+982,40
Tramo 13-M 13	KM 2+124,00	KM 2+159,40

Nota: En la tabla 6 se detallan los 13 tramos seleccionados para la evaluación del PCI.

4.5.1.2. Evaluación de las fallas

4.5.1.2.3 Tramo 1-M 01

El tramo 1, inicia en el Km 0+000,00 y culmina en el Km 0+035,40.

Tabla 7 – Fallas del Tramo 01-M 01

Tramo 1-M 01			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 0+000,00	Final	KM 0+035,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		6,8	L
Agrietamiento en Bloque		5,4	L
Grietas Longitudinales y Transversales		7,8	L
Grieta Parabólica		4,5	L

Nota: En la tabla 7, se evidencia que en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y grietas parabólicas.

4.5.1.2.40 Tramo 2-M 02

El tramo 2, inicia en el Km 0+177,00 y culmina en el Km 0+212,40.

Tabla 8 – Fallas del Tramo 02-M 02

Tramo 2-M 02			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 0+177,00	Final	KM 0+212,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas	Área	Severidad	
Piel de Cocodrilo	22,1	L	
Agrietamiento en Bloque	21,54	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	21,3	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	18,6	M	
Parcheo	26,9	L	
Huecos	16	L	

Nota. Como vemos en la tabla 8, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

4.5.1.2.50 Tramo 3-M 03

El tramo 3, inicia en el Km 0+354,00 y culmina en el Km 0+389,40.

Tabla 9 – Fallas del Tramo 03-M 03

Tramo 3-M 03			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 0+354,00	Final	KM 0+389,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas	Área	Severidad	
Piel de Cocodrilo	25,6	L	
Agrietamiento en Bloque	16,8	L	
Agrietamiento en Bloque	12,9	M	
Grietas Longitudinales y Transversales	22,8	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	12,6	M	
Parcheo	18,7	L	
Huecos	8,4	L	

Nota: De la tabla 9 se desprende que, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

4.5.1.2.60 Tramo 4-M 04

El tramo 4, inicia en el Km 0+531,00 y culmina en el Km 0+566,40.

Tabla 10 – Fallas del Tramo 04-M 04

Tramo 4-M 04			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 0+531,00	Final	KM 0+566,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		15,2	L
Agrietamiento en Bloque		12,6	L
Grietas Longitudinales y Transversales		22,3	L
Parcheo		14,6	L
Huecos		9,9	M
Ahuellamiento		15,4	L

Nota: De la tabla 10, se desprende que, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo, huecos y ahuellamiento.

4.5.1.2.70 Tramo 5-M 05

El tramo 5, inicia en el Km 0+708,00 y culmina en el Km 0+743,40.

Tabla 11 – Fallas del Tramo 05-M 05

Tramo 5-M 05			
1.-Ubicacion			
Inicio	KM 0+708,00	Final	KM 0+743,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		13,5	L
Piel de Cocodrilo		2,3	M
Agrietamiento en Bloque		8,9	L
Grietas Longitudinales y Transversales		8,9	L
Parcheo		15,3	L
Ahuellamiento		3,9	L

Nota: De la tabla 11, se desprende que, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y ahuellamiento.

4.5.1.2.80 Tramo 6-M 06

El tramo 6, inicia en el Km 0+885,00 y culmina en el Km 0+920,40.

Tabla 12 – Fallas del Tramo 06-M 06

Tramo 6-M 06			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 0+885,00	Final	KM 0+920,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		10,2	L
Agrietamiento en Bloque		19,3	L
Grietas Longitudinales y Transversales		14,9	L
Parcheo		15,2	L
Hinchamiento		11,3	L

Nota: En la tabla 12, se observa que en este tramo se presentan fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo e hinchamiento.

4.5.1.2.90 Tramo 7-M 07

El tramo 7, inicia en el Km 1+062,00 y culmina en el Km 1+097,40.

Tabla 13 – PCI del Tramo 07-M 07

Tramo 7-M 07			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+062,00	Final	KM 1+097,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		8,6	L
Agrietamiento en Bloque		2,5	L
Grietas Longitudinales y Transversales		8,9	L
Grietas Longitudinales y Transversales		1,2	M
Parcheo		12,9	L
Parcheo		3,3	L
Huecos		2,9	L

Nota: En la tabla 13, se ve que en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

4.5.1.2.: Tramo 8-M 08

El tramo 8, inicia en el Km 1+239,00 y culmina en el Km 1+274,40.

Tabla 14 – PCI del Tramo 08-M 08

Tramo 8-M 08			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+239,00	Final	KM 1+274,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		7,6	L
Agrietamiento en Bloque		9,8	L
Agrietamiento en Bloque		4	M
Grietas Longitudinales y Transversales		12,3	L
Grietas Longitudinales y Transversales		5,8	M
Parcheo		18,9	L
Parcheo		3,2	M

Nota: Tal como se observa en la tabla 14, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

4.5.1.2.; Tramo 9 -M 09

El tramo 9, inicia en el Km 1+416,00 y culmina en el Km 1+451,40.

Tabla 15 – Fallas del Tramo 09-M 09

Tramo 9-M 09			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+416,00	Final	KM 1+451,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		12,8	L
Agrietamiento en Bloque		15,4	L
Grietas Longitudinales y Transversales		18,9	L
Grietas Longitudinales y Transversales		4,45	M
Parcheo		14,3	M

Nota: En la tabla 15, se detalla que en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y parcheo.

4.5.1.2.320 Tramo 10-M 10

El tramo 10, inicia en el Km 1+593,00 y culmina en el Km 1+628,40.

Tabla 16 – Fallas del Tramo 10-M 10

Tramo 10-M 10			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+593,00	Final	KM 1+628,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas	Área	Severidad	
Piel de Cocodrilo	12,5	L	
Agrietamiento en Bloque	5,6	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	11,3	L	
Parcheo	12,3	L	
Huecos	15,3	M	

Nota: De la tabla 16, se desprende que, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

4.5.1.2.330 Tramo 11-M 11

El tramo 11, inicia en el Km 1+770,00 y culmina en el Km 1+805,40.

Tabla 17 – Fallas del Tramo 11-M 11

Tramo 11-M 11			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+770,00	FINAL	KM 1+805,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas	Área	Severidad	
Piel de Cocodrilo	10,5	L	
Agrietamiento en Bloque	12,9	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	11,2	L	
Grietas Longitudinales y Transversales	10,2	M	
Parcheo	8,9	L	

Nota: Como se observa en la tabla 17, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y parcheo.

4.5.1.2.340 Tramo 12-M 12

El tramo 12, inicia en el Km 1+947,00 y culmina en el Km 1+982,40.

Tabla 18 – Fallas del Tramo 12-M 12

Tramo 12-M 12			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 1+947,00	Final	KM 1+982,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		9,8	M
Agrietamiento en Bloque		9,8	L
Grietas Longitudinales y Transversales		23	L
Parcheo		14,5	M
Huecos		18,7	M
Hinchamiento		11,5	M
Desprendimiento de Agregados		15,2	M

Nota: Como se observa en la tabla 18, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo, huecos, hinchamiento y desprendimiento de agregados.

4.5.1.2.350 Tramo 13-M 13

El tramo 13, inicia en el Km 2+124,00 y culmina en el Km 2+159,40.

Tabla 19 – Fallas del Tramo 13-M 13

Tramo 13-M 13			
1.-Ubicación			
Inicio	KM 2+124,00	Final	KM 2+159,40
2.-Fallas			
Tipo de fallas		Área	Severidad
Piel de Cocodrilo		11,2	L
Agrietamiento en Bloque		9,6	L
Grietas Longitudinales y Transversales		12,3	L
Parcheo		8,9	L
Huecos		7,9	L

Nota: De la tabla 19, se desprende que, en este tramo se observó fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales, parcheo y huecos.

De los datos obtenidos anteriormente se logra definir la distribución de las fallas en el total de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.

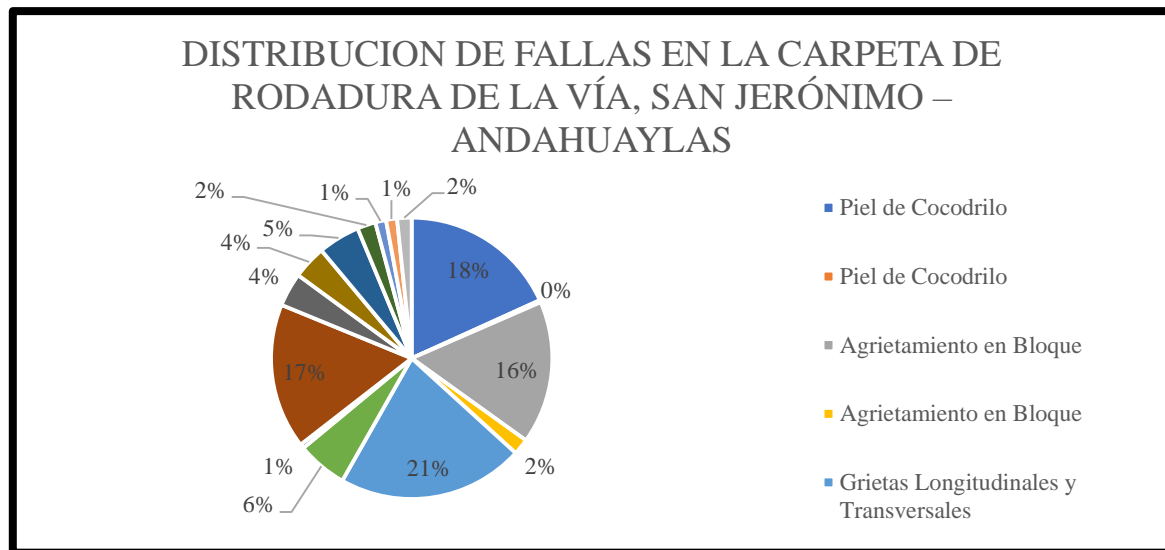


Figura 40 — Distribución de las Fallas en la Vía San Jerónimo Andahuaylas

Nota. En la figura 40, se muestra que la falla con mayor presencia en la zona de estudio son las grietas longitudinales y transversales, con un porcentaje de 27 %, mientras que, las que se presentan en menor porcentaje son las grietas parabólicas, con 0.5 %, seguido de los desprendimientos de agregado y ahuellamiento, ambos con un porcentaje de 1.7 %.

4.5.1.3. Cálculo de los Valores Deducidos:

El nivel de daño de cada tipo se calculó en función del peso y se registró con precisión en el formulario Excel. Los daños se midieron por área y longitud, concretamente según su tipo. Luego, la suma de cada tipo de daño, clasificados por gravedad, se dividió por el área total del objeto muestreado. Los resultados se expresan como porcentaje, determinando la densidad de lesiones en el nivel de gravedad especificado en la unidad probada. Se usó la curva denominada “Valor Deducible de Daños” para determinar el valor deducible de cada tipo de daño y su gravedad.

4.5.1.4. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

- a. Se empieza determinando el número de valores q de salida superiores a 2,0.



- b. Los Valores totales deducibles se calcularon sumando todos los montos deducibles individuales.
- c. Se utilizó una curva de calibración apropiada para el tipo de superficie para determinar el CDV utilizando el "valor total deducido".
- d. En caso de que algún "Valor de Restar" exceda 2.0, el valor mínimo se reduce a 2.0 y el proceso se repite desde el paso a al paso c hasta que q llegue a 1.
- e. El CDV máximo se determinó como el valor más alto obtenido durante esta iteración.

Este método repetible garantiza ajustes precisos y efectivos a la calidad de vida, proporciona una medida significativa para la evaluación del pavimento y permite decisiones informadas sobre el mantenimiento y las mejoras para mejorar la infraestructura vial.



Figura 41 – Valor Deducido Corregido

Nota. En la figura 41 se observan los ábacos para determinar el valor deducido corregido. Se busca en el ábaco correspondiente el valor deducido total (TDV), que es la suma de los



valores deducidos de todas las fallas presentes en la unidad de muestreo. El ábaco proporciona un valor deducido corregido (VCD) en función del TDV y el número de valores deducidos (q).

Tabla 20 – Obtención del Valor Deducido

VDT	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
0	0						
10	10						
12	12	8					
18	18	12,5	8				
20	20	14	10				
25	25	18	13,5	8			
28	28	20,4	15,6	10,4	8		
30	30	22	17	12	10		
40	40	30	24	19	17		
42	42	31,4	25,4	20,4	18,2	15	15
50	50	37	31	26	23	20	20
60	60	44	38	33	29	26	26
70	70	51	44,5	39	35	32	32
80	80	58	50,5	45	41	38	38
90	90	64	57	51	46	44	44
100	100	71	63	57	52	49	49
110		76	68	62	57	54	54
120		81	73	68	62	59	59
130		86	78,5	73	67	63	63
135		88,5	81,5	75,5	69,5	65	65
140		91	84	78	72	68	67
150		94	88	82	76	72	70
160		98	93	86	81	76	74
166		100	94,8	88,4	83,4	79	75,2
170			96	90	85	81	76
180			99	93	88	84	79
182			100	93,6	88,6	84,8	79,6
190				96	91	88	82
200				98	94	90	84

Nota. En la tabla 20, se observa de manera disgregada, la correspondencia de valores de VDT y q, de acuerdo al ábaco de la figura 41.

4.5.1.5. Cálculo del PCI

Se calculo el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en 4.5.1.4.



Una vez identificadas el tipo de fallas su área y su severidad, se procedió a realizar el cálculo del valor de conservación, y la clasificación del pavimento, esto se resume en la tabla 21, donde se observa que el tramo 01-M 01, presenta el PCI más alto, estando clasificado como un pavimento muy bueno; mientras que los tramos 10-M 10 y 12-M12, presentan los PCI más bajos, estando ambos clasificados como pavimentos muy malos.

Tabla 21 – Resumen de PCI

Resumen de clasificación de PCI						
Unidad de muestra	Prog.inicial (km)	Prog.final (km)	Área (m ²)	Max V.D.	(PCI) calculado	Clasificación del pavimento
M - 01	KM 0+000,00	KM 0+035,40	247,8	25,66	74,34	MUY BUENO
M - 02	KM 0+177,00	KM 0+212,40	247,8	57,05	42,95	REGULAR
M - 03	KM 0+354,00	KM 0+389,40	247,8	59,65	40,35	REGULAR
M - 04	KM 0+531,00	KM 0+566,40	247,8	72,24	27,76	MALO
M - 05	KM 0+708,00	KM 0+743,40	247,8	42,11	57,89	BUENO
M - 06	KM 0+885,00	KM 0+920,40	247,8	31,86	68,14	BUENO
M - 07	KM 1+062,00	KM 1+097,40	247,8	36,89	63,11	BUENO
M - 08	KM 1+239,00	KM 1+274,40	247,8	34,01	65,99	BUENO
M - 09	KM 1+416,00	KM 1+451,40	247,8	59,75	40,25	REGULAR
M - 10	KM 1+593,00	KM 1+628,40	247,8	82,68	17,32	MUY MALO
M - 11	KM 1+770,00	KM 1+805,40	247,8	32,13	67,87	BUENO
M - 12	KM 1+947,00	KM 1+982,40	247,8	89,63	10,37	MUY MALO
M - 13	KM 2+124,00	KM 2+159,40	247,8	49,39	50,61	REGULAR

Nota. En la tabla 21, se observa la clasificación del pavimento, por cada tramo evaluado, de acuerdo al PCI calculado.

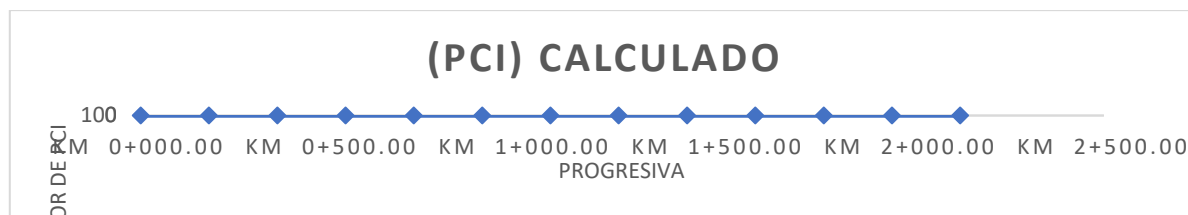


Figura 42 – Índice de Condición del Pavimento para diferentes progresivas

Nota. En la figura 42, podemos visualizar como varía el PCI, por cada tramo evaluado.

4.5.2. Identificar los factores que ocasionan el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas, ubicada en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, durante el año 2023.

Dentro de los 13 tramos evaluados en la unidad de muestra, se han identificado 9 tipos de fallas, ahora bien, dentro de estos tipos de fallas, de acuerdo a VÁSQUEZ (2002), cada una es ocasionada por diversos factores, es así, que la falla tipo piel de cocodrilo es ocasionada por altas cargas de tránsito, la falla por agrietamiento en bloque es ocasionada por las condiciones climáticas, mientras que, las grietas longitudinales y transversales por las características de diseño, y las condiciones climáticas, para la falla parcheo, el factor que influye en el deterioro también se relaciona a las características de diseño, para los huecos, los factores son las cargas de tránsito, las condiciones climáticas y las características geotécnicas que presente la subrasante, para el ahuellamiento, las cargas de tránsito, para las grietas parabólicas, las características de diseño y las cargas de tránsito, para el hinchamiento, las condiciones climáticas y las características geotécnicas que presente la subrasante, y por ultimo para la falla de tipo desprendimiento de agregados, las cargas de tránsito. Lo que se resume en la tabla 22.

Tabla 22 — Factores identificados por Tipo de Falla

Tipo de Falla	Factor que ocasiona la Falla
Piel de Cocodrilo	Cargas de Transito
Agrietamiento en bloque	Clima y Drenaje
Grietas Longitudinales y Transversales	Clima y Drenaje
Parcheo	
Huecos	Cargas de tránsito, Clima y Drenaje, Características Geotécnicas de la subrasante
Ahuellamiento	Cargas de Transito
Grieta parabólica	Cargas de Transito
Hinchamiento	Clima y Drenaje, Características Geotécnicas de subrasante
Desprendimiento de agregados	Cargas de Transito

Nota: En la tabla 22, se han identificado 3 factores que ocasionan deterioro en la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo – Andahuaylas, durante el año 2023.

Tabla 23 — Factores identificados

Nomenclatura	Factor
1	Ejes Equivalentes (ESAL)
2	Clima y Drenaje
3	Características Geotécnicas de la subrasante

Nota: En la tabla 23, de los factores identificados, se han clasificado como Factor 1, 2, y 3.

Tabla 24 – Resumen de Dimensionamiento de las fallas por tramo

Tipo de Falla	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Tramo 7	Tramo 8	Tramo 9	Tramo 10	Tramo 11	Tramo 12	Tramo 13
Piel de Cocodrilo	6,8	22,1	25,6	15,20	15,80	10,20	8,60	7,60	12,80	12,50	10,50	9,80	11,20
Agrietamiento en bloque	0	21,54	29,7	12,60	8,90	19,30	2,50	4,00	15,40	5,60	12,90	9,80	9,60
Grietas Longitudinales y Transversales	7,8	39,9	35,4	22,30	8,90	14,90	10,10	0	18,90	11,30	21,40	23,00	12,30
Parqueo	0	26,9	18,7	14,60	15,30	15,20	16,20	3,20	14,30	12,30	8,90	14,50	8,90
Huecos	0	16	8,4	0	0	0	2,90	0	12,90	15,30	0	18,70	7,90
Ahuellamiento	0	0	0	15,40	3,90	0	0	0	0	0	0	0	0
Grieta parabólica	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hinchamiento	0	0	0	0	0	11,30	0	0	0	0	0	11,5	0
Desprendimiento de agregados		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,2	0

Nota: En la tabla 24, se ha dimensionado las fallas considerando cada tramo evaluado.

4.6. Técnicas e Instrumentos

4.6.1. Técnicas de Investigación

La técnica de investigación que se empleó para cumplir con los objetivos de esta investigación fue principalmente la observación.

“Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (HERNÁNDEZ, 2014, p. 252).

En ese contexto, para esta investigación, se registraron los datos en campo de las mediciones de las fallas identificadas, así como información correspondiente a las propiedades y descripción de los materiales encontrados en la zona de estudio.

4.6.2. Instrumentos de investigación

Los instrumentos a usar en esta investigación fueron: el diario de campo, para registrar los datos obtenidos en las actividades in situ y plantillas Excel para el procesamiento de datos.

Para el registro de las fallas se hizo uso del formato del Índice de Condición del Pavimento (PCI), validado por VÁSQUEZ (2002), quien desarrollo el manual para determinar el índice de condición del pavimento (PCI), para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, este instrumento ha sido usado en múltiples investigaciones para evaluar la condición, el deterioro, o los daños en el pavimento. En este instrumento se consignan datos tales como, el tipo de deterioro, sus medidas, y su severidad, para posteriormente realizar el cálculo del PCI.

Por otro lado, se usó como instrumento, la data brindada por el SENAMHI de las estaciones meteorológicas y de documentos necesarios para estudiar y determinar los factores que posiblemente dañan la vía San Jerónimo – Andahuaylas.

El Índice de Condición del Pavimento es un formato estándar, que ha sido aplicado en muchas investigaciones, por lo que es un instrumento ya validado y confiable para su uso en el registro de información de las fallas presentes en la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.



4.7. Validación y Confiabilidad de Instrumentos

4.7.1. Validación

Para evaluar la adecuación y relevancia del instrumento, se realizó la validación a través del juicio de expertos, quienes evaluaron la estructura, el contenido y la forma del instrumento. Los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 25 — Validez de Instrumentos

	Formato del Índice de Condición del Pavimento (PCI),
Experto 1	84.9 %
Experto 2	82.5 %
Experto 3	81.7 %
Experto 4	86.7 %

Nota. En la tabla 25, se observa que todos los expertos determinaron que los instrumentos tienen un promedio de valoración, que se encuentra en el intervalo de 80 % a 90 %.

Haciendo uso de la V de Aiken, podemos ver los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 26 — V de Aiken

		X prom.	k	V aiken
Forma	Redacción	4	4	0,75
	Claridad	4,75	4	0,9375
	Objetividad	5	4	1
Contenido	Actualidad	4,5	4	0,875
	Suficiencia	4,5	4	0,875
	Intencionalidad	5	4	1
Estructura	Organización	5	4	1
	Consistencia	4,5	4	0,875
	Coherencia	4,75	4	0,9375
	Metodología	5	4	1
				0,925

Nota. De acuerdo a la tabla 26, se concluye que la validez del instrumento es de 0.925, por lo tanto, tiene una excelente validez.

4.7.2. Confiabilidad

Para evaluar la confiabilidad del instrumento, se usó el coeficiente de confiabilidad de alfa de Cronbach mediante el software SPSS. Los resultados de estos análisis se plasman en la tabla 27.

Como afirma HERNÁNDEZ (2014), “Cuanto más se acerque el coeficiente a cero, mayor error habrá en la medición” (p. 207).



Figura 43 – Grado de confiabilidad. Tomado de (Hernández Sampieri, 2014).

Nota. En la figura 43, se observa como el grado de confiabilidad varia de nulo, mientras se acerca a 0, y total o perfecta, cuando se acerca a 1.

Tabla 27 – Resultado de Confiabilidad para el Instrumento

	Alfa de Cronbach	Nº de elementos
PCI	0.665	3

Nota: Según lo observado en la tabla 27, para el instrumento PCI, se alcanza un valor de confiabilidad de 0.665, por lo que la confiabilidad es aceptable.

4.8. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico descriptivo se realizaron histogramas y gráficos de torta, además de las pruebas de normalidad, para determinar el tipo de estadísticos a aplicar para el análisis de los resultados y la contrastación de las hipótesis.

Mientras que para el análisis estadístico inferencial, se ha empleado, para realizar las pruebas paramétricas de correlación, el coeficiente de correlación de Pearson y para las pruebas no paramétricas, se usó Rho de Spearman.

Para la contrastación de las hipótesis se usó también la estadística inferencial, usando el nivel de significancia obtenido en las pruebas de Pearson y Rho de Spearman.



CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1. Análisis Descriptivo

5.1.1.1. Resultados del Objetivo General

Para determinar la incidencia de los factores en los tramos evaluados, se ha determinado en que porcentaje se presenta cada factor en estos tramos, esto de acuerdo a la naturaleza de las fallas encontradas, de acuerdo a este dimensionamiento y conociendo los tipos de factores que ocasionan deterioro por cada tipo de falla se han obtenido los resultados de la tabla 28.

Tabla 28 – Dimensión de los Factores por Tramos

Factores	1	2	3
Tramo 1	93%	7%	0%
Tramo 2	74%	71%	45%
Tramo 3	70%	73%	43%
Tramo 4	84%	32%	16%
Tramo 5	92%	24%	15%
Tramo 6	65%	57%	35%
Tramo 7	96%	67%	63%
Tramo 8	88%	43%	31%
Tramo 9	88%	74%	62%
Tramo 10	91%	78%	70%
Tramo 11	64%	51%	15%
Tramo 12	80%	73%	68%
Tramo 13	89%	68%	57%

Nota: En la tabla 28, podemos observar cómo se distribuyen los 3 factores identificados que ocasionan deterioro en el pavimento, en los 13 tramos evaluados.



5.1.1.1.1. Prueba de Normalidad

Ho: La distribución es normal

Ha: La distribución no es normal

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha

Tabla 29 — Prueba de Normalidad para el Objetivo General

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FACTOR_1	0,227	13	0,066	0,884	13	0,080
FACTOR_2	0,241	13	0,038	0,868	13	0,048
FACTOR_3	0,160	13	,200*	0,924	13	0,283
PCI	0,150	13	,200*	0,929	13	0,326

Nota: Como observamos en la tabla 29, los valores de significancia varían, y en algunos casos se cumple con la hipótesis nula, y en otros casos con la hipótesis alterna, por lo tanto, para el objetivo general, se consideró realizar pruebas no paramétricas.

5.1.1.2. Resultado del Objetivo Especifico 1

De la tabla 28, se desprende la figura 44, donde se puede observar los porcentajes presentes de este factor en cada tramo.

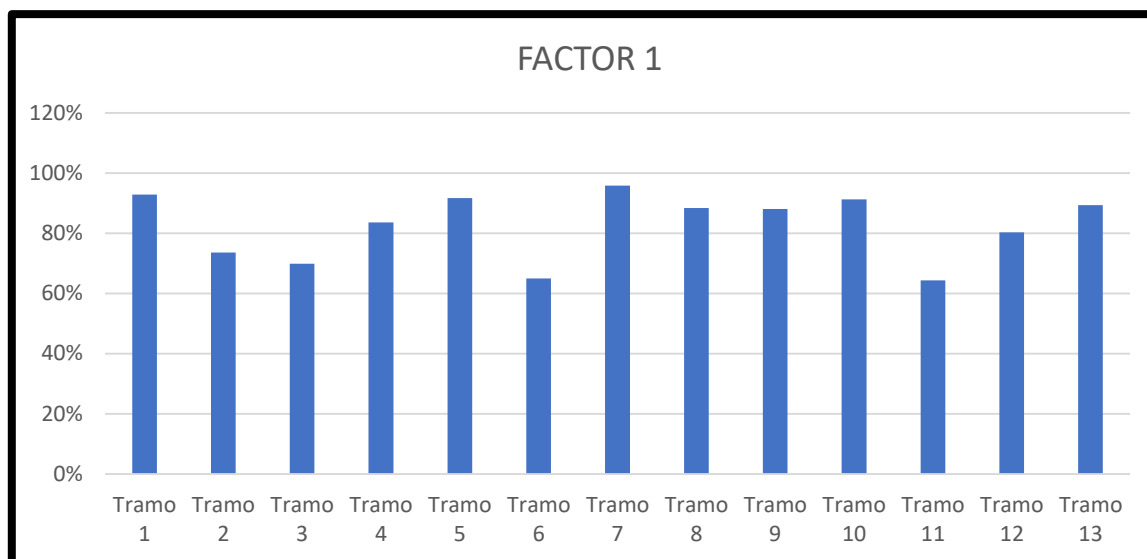


Figura 44 – Porcentajes de Factor 1

Nota. En la figura 44, podemos observar como en el tramo 1, tramo 7 y tramo 10, existe mayor presencia del factor de tráfico ESAL, por lo que podemos inferir que en esos tramos la principal causa del deterioro es la carga por el tráfico vehicular.

5.1.1.2.30 Prueba de Normalidad

Ho: La distribución es normal

Ha: La distribución no es normal

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha

Tabla 30 – Prueba de Normalidad para el Objetivo Especifico 1

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FACTOR_1	0,227	13	0,066	0,884	13	0,080
PCI	0,150	13	,200*	0,929	13	0,326

Nota: Como, observamos en la tabla 30, el p-valor, para ambas variables es mayor a 0.05, por lo tanto, se cumple con la hipótesis alterna, y se considera realizar pruebas paramétricas.



5.1.1.3. Resultado del Objetivo Especifico 2

De la tabla 28, se desprende la figura 45, donde se puede observar los porcentajes presentes del factor 2 en cada tramo.

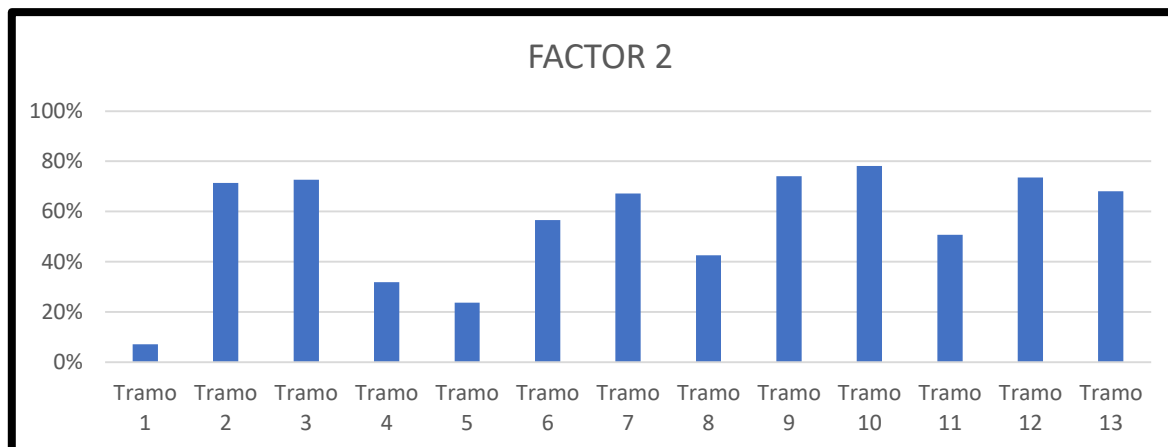


Figura 45 – Porcentajes de Factor 2

Nota. En la figura 45, podemos observar como en el tramo 10, tramo 3 y tramo 12, existe mayor presencia del factor de clima y precipitación, por lo que podemos inferir que en esos tramos la principal causa del deterioro es el clima y la precipitación.

5.1.1.5.30 Prueba de Normalidad

Ho: La distribución es normal

Ha: La distribución no es normal

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha

Tabla 31 – Prueba de Normalidad para el Objetivo Especifico 2

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PCI	0,150	13	,200*	0,929	13	0,326
FACTOR_2	0,241	13	0,038	0,868	13	0,048

Nota. Como, observamos en la tabla 31, p-valor, para PCI es mayor a 0.05, mientras que para el factor 2 es menor a 0.05, por lo tanto, se considera realizar pruebas no paramétricas.

5.1.1.4. Resultado del Objetivo Especifico 3

De la tabla 28, se desprende la figura 46, donde se puede observar los porcentajes presentes del factor característica geotécnicas de la subrasante en cada tramo.

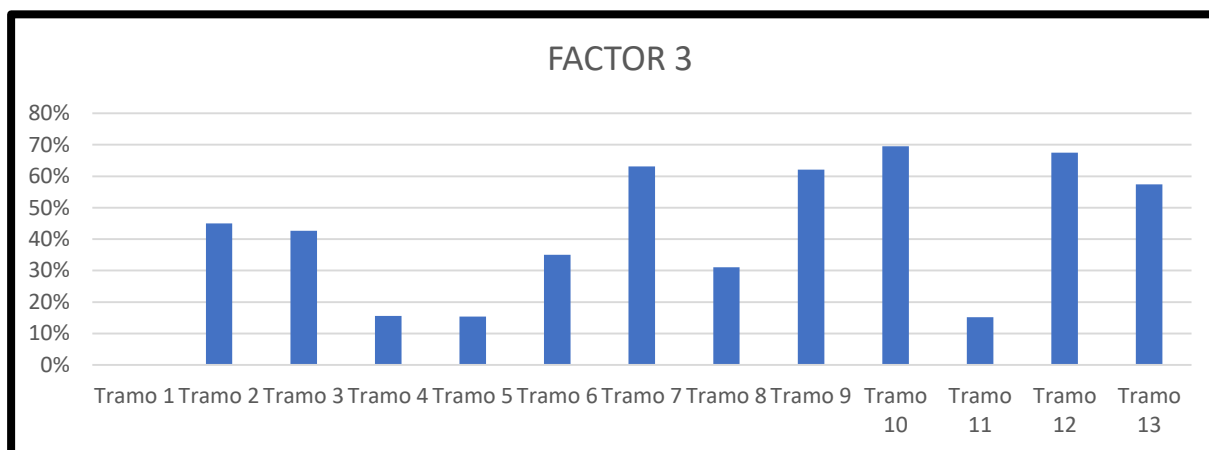


Figura 46 — Porcentajes del Factor 3

Nota. En la figura 46, podemos observar como en el tramo 10, y tramo 12, existe mayor presencia del factor de las características geotécnicas de la subrasante, por lo que podemos inferir que en esos tramos la principal causa del deterioro es este factor.

5.1.1.6.3 Prueba de Normalidad

Ho: La distribución es normal

Ha: La distribución no es normal

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha



Tabla 32 — Prueba de Normalidad el Objetivo Especifico 3

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PCI	0,150	13	,200*	0,929	13	0,326
FACTOR_3	0,160	13	,200*	0,924	13	0,283

Nota: Elaboración Propia en SPSS. Como, observamos en la tabla 32, p-valor, para ambas variables es mayor a 0.05, por lo tanto, se cumple con la hipótesis alterna, y se considera realizar pruebas paramétricas.

5.1.2. Análisis Inferencial

5.1.2.1. Resultado del Objetivo General

Para el caso de nuestra investigación, buscamos analizar una variable dependiente cuantitativa (Deterioro en la Carpeta de Rodadura), y una variable independiente con 3 dimensiones (Factores que causan deterioro); por tal motivo se ha determinado usar pruebas estadísticas no paramétrica de correlación de Rho de Spearman.

Tabla 33 — Correlación de Rho de Spearman, Objetivo General

Correlaciones						
			Factor_1	Factor_2	Factor_3	PCI
Rho de Spearman	PCI	Coefficiente de correlación	0,066	-,681*	-,665*	1,000
		N	13	13	13	13

Nota: Elaboración Propia en SPSS. En la tabla 33, para los 3 factores, los coeficientes de correlación son diferentes a cero, por lo tanto existe correlación entre el PCI, y los tres factores que causan deterioro en la carpeta de rodadura.

5.1.2.2. Resultado del Objetivo Especifico 1

Para determinar la incidencia del factor de tráfico ESAL en el deterioro de la carpeta de rodadura, realizamos la prueba estadística de correlación paramétrica, del coeficiente de Pearson.

Tabla 34 – Coeficiente de Pearson, Objetivo Especifico 1

Correlaciones			
		PCI	Factor_1
PCI	Correlación de Pearson	1	-0,050
	N	13	13

Nota: Elaboración Propia en SPSS. En la tabla 34, podemos ver que el factor 1 si presenta una correlación con el PCI, es decir existe incidencia; sin embargo, el coeficiente de correlación es de -0.050, lo que de acuerdo a la valoración de correlación, esta sería una correlación negativa muy baja. Es decir, este factor incide negativamente en el valor del PCI, pero de manera mínima.

5.1.2.3. Resultado del Objetivo Especifico 2

Para determinar la incidencia del factor de clima y precipitación en el deterioro de la carpeta de rodadura, realizamos la prueba estadística de correlación no paramétrica, del coeficiente de Rho de Spearman.

Tabla 35 – Coeficiente de Rho de Spearman, Objetivo Especifico 2

Correlaciones				
			PCI	Factor_2
Rho de Spearman	PCI	Coefficiente de correlación	1,000	-,681*
		N	13	13

Nota: Elaboración Propia en SPSS. En la tabla 35, podemos ver que el factor 2 si presenta una correlación con el PCI, es decir existe incidencia; el coeficiente de correlación es de -0.681, lo que de acuerdo a la valoración de correlación, esta sería una correlación negativa moderada. Es decir, este factor incide negativamente en el valor del PCI.

5.1.2.4. Resultado del Objetivo Especifico 3

Para determinar la incidencia del factor de las características geotécnicas de la subrasante en el deterioro de la carpeta de rodadura, realizamos la prueba estadística de correlación paramétrica, del coeficiente de Pearson.

Tabla 36 – Coeficiente de Pearson, Objetivo Especifico 3

Correlaciones			
		PCI	Factor_3
PCI	Correlación de Pearson	1	-,578*
	N	13	13

Nota: Elaboración Propia en SPSS. En la tabla 36, podemos ver que el factor 3 si presenta una correlación con el PCI, es decir existe incidencia; siendo, el coeficiente de correlación de -0.578, lo que de acuerdo a la valoración de correlación, esta sería una correlación negativa moderada. Es decir, este factor incide negativamente en el valor del PCI.

5.2. Contratación de Hipótesis

5.2.1. Hipótesis General

Ha: Los factores inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Ho: Los factores no inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha

Para la contratación de esta hipótesis se hizo uso del análisis inferencial, con la correlación de Rho de Spearman.

Tabla 37 – Contratación de la Hipótesis General

Correlaciones						
			Factor_1	Factor_2	Factor_3	PCI
Rho de Spearman	PCI	Sig. (bilateral)	0,831	0,010	0,013	
		N	13	13	13	13

Nota: De acuerdo a la tabla 37, se obtuvo un nivel de significancia para el factor 1 de 0.831, para el factor 2, 0.010, y para el factor 3, de 0.013.

En vista de que para dos factores se cumple con la hipótesis alterna, entonces para la hipótesis general aceptamos la alterna, los factores inciden en el deterioro de la

carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023, cumpliéndose así con la hipótesis de investigación.

5.2.2. Hipótesis Específica 1

Ha: El Factor ESAL incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Ho: El Factor ESAL no incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho

Si P-valor > 0.05, entonces aceptamos Ho y rechazamos Ha

Tabla 38 — Contrastación de Hipótesis Específica 1

Correlaciones			
		PCI	Factor_1
PCI	Sig. (bilateral)		0,871
	N	13	13

Nota: Como se observa en la tabla 38, la correlación de Pearson, presenta un nivel de significancia para el factor 1 de 0.871.

Siendo el valor de significancia mayor a 0.05, entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna; es decir, el factor ESAL no incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023.

5.2.3. Hipótesis Específica 2

Ha: El clima y el drenaje inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Ho: El clima y el drenaje no Inciden Significativamente En El Deterioro De La Carpeta De Rodadura En La Vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05, entonces aceptamos Ha y rechazamos Ho



Si P-valor > 0.05 , entonces aceptamos H_0 y rechazamos H_a

Tabla 39 – Contrastación de Hipótesis Especifica 2

Correlaciones			
		PCI	Factor_2
Rho de Spearman	PCI	Sig. (bilateral)	0,010
		N	13
			13

Nota: En la tabla 39, se determinó de acuerdo a la correlación de Spearman, un nivel de significancia para el factor 2 de 0,010.

Siendo el valor de significancia menor a 0.05, entonces, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula; es decir, el clima y la precipitación inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023.

5.2.4. Hipótesis Especifica 3

H_a : Las características geotécnicas de la subrasante inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

H_0 : Las características geotécnicas de la subrasante no inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023

Regla de decisión:

Si P-valor < 0.05 , entonces aceptamos H_a y rechazamos H_0

Si P-valor > 0.05 , entonces aceptamos H_0 y rechazamos H_a

Tabla 40 – Contrastación de Hipótesis Especifica 3

Correlaciones			
		PCI	Factor_3
PCI		Sig. (bilateral)	0,038
		N	13
			13

Nota: De acuerdo a la tabla 40, la correlación de Pearson, presenta un nivel de significancia para el factor 3 de 0.038.

Siendo el valor de significancia obtenido menor a 0.05, entonces, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula; es decir, las características geotécnicas de la subrasante inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023.

5.3. Discusiones

En cuanto, a los resultados de nuestra investigación, en primer lugar se han identificado 9 tipos de fallas a lo largo de los 13 tramos evaluados, siendo la falla con mayor presencia las grietas longitudinales y transversales con un 26 %, seguidas de parcheo y piel de cocodrilo ambas con 20 %, resultados que se asemejan a los de BAQUE (2020), quien identificó 12 tipos de fallas, siendo las principales el desprendimiento de agregados con un 78.28%, seguido de la piel de cocodrilo con un 4.51% y los agregados pulidos con un 4.11%. De igual manera, LÓPEZ (2018), determina en su investigación que el porcentaje de presencia de piel de cocodrilo fue de 33%, seguido de otras fallas.

En cuanto a la incidencia de factores en el deterioro de la carpeta de rodadura, en esta investigación se ha determinado que existe incidencia de, el factor ESAL, el clima y el drenaje, y las características geotécnicas de la subrasante,

Se ha determinado que el factor de cargas de tránsito o ejes equivalentes (ESAL), no es significativo en el deterioro de la carpeta de rodadura, este resultado se asemeja al obtenido por CÓRDOVA Y CRUZ (2019), quienes determinaron que solo el 18% de su población opina que la causa es por el tránsito pesado, sin embargo un resultado diferente, presentaron CÁRDENAS & NINASQUE (2021), ya que determinaron que el volumen de tráfico es uno de los factores más influyentes en el deterioro de la carretera.

Por otro lado, en cuanto a los factores de clima y drenaje, y de características geotécnicas de la subrasante, ambos factores inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura, esto se corrobora por las investigaciones de PÉREZ & RAMÍREZ (2018), quienes encontraron las deficiencias superficiales como desgaste superficial en un 48 % esto debido a la deficiencia de la carpeta de rodadura y su antigüedad. Concluyendo que la pérdida del pavimento en su totalidad es causada directamente por filtraciones de aguas residuales. De igual manera López (2018), determino que los factores climáticos tales como el sol y la helada presentaron un rango de intensidad bajo en los pavimentos. Por último CÁRDENAS & NINASQUE (2021), determino que uno de los factores más influyentes en el deterioro de la carretera fue el drenaje deficiente, DOMINGO Y

ELESCANO (2021), también concluyeron que el clima y los materiales de la estructura del pavimento, son los factores influyentes en el comportamiento del pavimento, por último, VEGA (2020), por su parte, desarrollo una investigación con el objetivo de evaluar y determinar también determina que las causas que producen el deterioro de la estructura de pavimento fueron los problemas en la subrasante, por presentar un CBR malo, además del drenaje deficiente.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se ubicaron trece tramos, donde se ha evidenciado la presencia de fallas en la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas, y a la vez, se ha evaluado los tipos de falla, el área de deterioro y la severidad en cada tramo, además de evaluar los factores que han ocasionado estas fallas; observando que para cada tramo evaluado se han presentado factores que inciden en su deterioro, por lo tanto todos los factores evaluados inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas, no en la misma magnitud pero existe incidencia.
2. De acuerdo al análisis descriptivo el factor ESAL, presenta mayor frecuencia en el tramo 7, y mediante el análisis inferencial se ha determinado un coeficiente de correlación de -0.050, establecido en la tabla 34, lo que denota una correlación negativa muy baja con el PCI, por lo tanto, se concluye que el factor ESAL, presenta incidencia muy baja en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.
3. De acuerdo al análisis descriptivo el factor Clima y Precipitaciones, presenta mayor frecuencia en el tramo 10, y mediante el análisis inferencial se ha determinado un coeficiente de correlación de -0.681, establecido en la tabla 35, lo que denota una correlación negativa moderada con el PCI, por lo tanto, se concluye que el factor Clima y Precipitaciones, presenta incidencia significativa en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.
4. Por último, de acuerdo al análisis descriptivo el factor características geotécnicas de la subrasante, presenta mayor frecuencia en el tramo 36, y mediante el análisis inferencial se ha determinado un coeficiente de correlación de -0.578, establecido en la tabla 20, lo que denota una correlación negativa moderada con el PCI, por lo tanto, se concluye que el factor características geotécnicas de la subrasante, presenta incidencia significativa en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.



6.2 Recomendaciones

1. A raíz de las correlaciones identificadas entre el clima, drenaje y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), se recomienda realizar estudios específicos sobre cómo el clima y las precipitaciones impactan en el deterioro de la carpeta de rodadura impactan en el deterioro de la carpeta de rodadura.
2. Se recomienda ampliar la investigación para incluir otros posibles factores contribuyentes, al deterioro de la carpeta de rodadura, tales como la calidad de los materiales de construcción y el diseño de la vía. Esto ayudará a comprender mejor el panorama completo del deterioro y a desarrollar estrategias más efectivas de mantenimiento.
3. Se recomienda, llevar a cabo un estudio hidrológico exhaustivo que incluya cálculos de caudal y precipitación pluvial para proponer y diseñar un sistema de drenaje óptimo, para minimizar la incidencia que tiene este factor en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.
4. En base a los estudios de suelo complementarios realizados, se recomienda no usar el suelo de tipo ML, con límite líquido, de 39.5, índice plasticidad, 12.2, y humedad natural del 6.1%, como subrasante, en vista de que, este factor tiene incidencia significativa en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas. En futuras investigaciones, se podría explorar alternativas de subrasantes más adecuadas.
5. Se recomienda investigar técnicas de estabilización del suelo que puedan mejorar las propiedades mecánicas y resistencia al deterioro de la subrasante, en vista de que, este factor tiene incidencia significativa en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía San Jerónimo-Andahuaylas.



BIBLIOGRAFÍA

AQUINO CHUQUI, George Luis y TORRES MAMANI, Joel Vladimir. 2021. *Evaluación por el método Pavement Condition Index (PCI) para determinar el nivel de conservación de la carretera Interoceánica, Puno 2021.* Universidad Cesar Vallejo. Puno : s.n., 2021.

ARMAS GIL, Irwing Junior Holyfield. 2018. *Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible de la carretera Cajabamba - Río Negro, utilizando el método Vizir.* Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2018.

BECERRA, Mario. 2012. . *Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión.* Lima : s.n., 2012.

CARDENAS OCHOA, Saul y NINASQUE ANTEZANANA, Kevin Jeison. 2021. *Determinación de factores influyentes en el deterioro de carreteras no pavimentadas para detallar el mantenimiento Cp. Herbay Alto - Cañete 2020.* Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2021.

CARRIÓN HUILLCa, Erika y SALAZAR VALCÁRCEL, Jhon Waldi. 2023. *Análisis comparativo del Índice de Condición del Pavimento en la Av. la Cultura entre Santa Ursula y Mariscal Gamarra por los metodos PASER y PCI .* Cusco : s.n., 2023.

CCASANI BRAVO, Mayra Jessenia y FERRO MOINA, Yadelis Ingridt. 2017. *Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos.* Abancay : Universidad Tecnológica de los Andes, 2017.

CORDOVA FARFAN, Karen Yanina y CRUZ PEDEMONTTE, Lesly Romina. 2019. *Factores que influyen en el desgaste del pavimento de la Av. Ramon Castilla en Chulucanas-Piura 2019.* Piura : s.n., 2019.



CRESWELL, J. W., & CRESWELL, J. D. 2017. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* s.l. : Sage Publications., 2017.

DÍAZ CÁRDENAS, Juan Manuel. 2014. *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles.* UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA. Bogota : s.n., 2014.

DÍAZ TAPIA, Sara Hilda. 2016. *Factores Que Influyen En El Deterioro Del Pavimento Flexible De La Avenida Universitaria Del Cantón Babahoyo De La Provincia De Los Ríos.* Guayaquil : s.n., 2016.

DOMINGO MORALES, Wilfredo Efraim y ELESCANO QUINTO, Junior Edgar. 2019. *Factores actuantes en el comportamiento del pavimento rigido en la calle Luis Galvani-Ate Vitarte-2019.* Ate Vitarte : s.n., 2019.

ANKIT, GUPTA, KUMAR, PRAVEEN Y RASTOGI, Rajat. 2011. *Effect of environmental factors on flexible pavement performance modeling.* India : s.n., 2011. 8th International Conference on Managing Pavement Assets.

2021. *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.* Colombia : s.n., 2021.

BAQUE SOLIS, Byron Simón. 2020. *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí.* 2, Manta, Ecuador : s.n., 2020, Dominio de las Ciencias, Vol. 6, págs. 203-228.

GONZALES CHÁVEZ, Carlos Santiago. 2015. *Fallas En El Pavimento Flexible De La Avenida Vía De Evitamiento Sur, Cajamarca, 2015.* Cajamarca – : Universidad privada del norte, 2015.



GONZÁLEZ, Ruben, SOENGAS, Cecilia y BOTASSO, Gerardo. 2017. Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos en Areas Urbanizadas. [En línea] 2017. https://www.academia.edu/31065998/_Mantenimiento_y_Rehabilitaci%C3%B3n_de_Pavimentos.

HÉRNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FÉRNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : Mc Graw Hill, 2014.

HUANCCOLLUCHO QUISPE, Carmen Irene y MOYA TUNQUI, Edson Vrahat. 2021. *Análisis de la identificación de fallas superficiales por el método del PCI en el Vía Izcuchaca – Huarcocondo – Anta, Cusco - 2020*. Lima : s.n., 2021.

IBARRA GILER, Julio Cesar y ZAMBRANO ZAMBRANO, Caros Fabricio. 2016. *Análisis de los factores que originan el deterioro del pavimento flexible de la vía balzar-colorado, desde la escuela balzar hasta el subcentro médico balzar en la abscisa 7+ 250.00 HASTA 10+ 250.00*. 2016.

INVIAS. 2006. *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. 2006.

LOPEZ OJEDA, Johnny Javier. 2018. *Evaluacion del deterioro y analisis de agrietamiento por fatiga tipo piel de cocodrilo del pavimento en Av. Malecon Checa 2018*. Universidad Csar Vallejo. Lima : s.n., 2018.

MENÉNDEZ, Jose. 2003. *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual Técnico*. Lima : Art Lautrec SR, 2003.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. 2016. *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (catálogo de fallas)*. Republica Dominicana : s.n., 2016.



MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. 2008. *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.* Colombia : Instituto Nacional de Vías, 2008.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC). 2016. *Manual de ensayo de materiales .* Lima : s.n., 2016.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES [MTC]. 2021. *Bolentin estadístico de siniestralidad vial I semestre 2021.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima : s.n., 2021.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2022. *Estadística - Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2022.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014. *Manual de Carreteras.* 2014.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. 2013. *Manual de Carreteras, Conservación Vial, Volumen 01, Aspectos conceptuales, niveles de servicio, inventario de conservación. .* 2013.

MIRANDA REBOLLEDO, Ricardo Javier. 2010. *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos.* Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile : s.n., 2010.

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 2010. *Deterioros En Pavimentos Flexibles Y Rígidos.* Valdivia : Universidad Austral de Chile, 2010.

MOZO BARRANTES, Wilder Vidal y QUISPE MENDOZA, Arnold Johnny. 2019. *Evaluación superficial de la condición y serviciabilidad del pavimento flexible por el método*



pavement condition index (PCI) y ROADROID en el circuito humedal Lucre-Huacarpay.
Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2019.

MVCS, MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. 2010.
Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos. Lima : s.n., 2010.

PÉREZ LEÓN, José Feler y RAMIREZ LEYVA, Jhonel Kenedy. 2018. *Evaluación Y Determinación De Las Patologías Del Pavimento Asfáltico En La Av. Los Tréboles – Distrito De Chiclayo – Provincia De Chiclayo -Departamento Lambayeque.* Pimentel : Universidad Señor de Sipan, 2018.

RAMOS LUNA, Alexis, y otros. 2022. *Metodología para Obtener el Factor ESAL de diseño para pavimentos.* 2022.

REINOSO HUAMÁN, Yover Max. 2018. *Evaluación del estado de transitabilidad y nivel de servicio del camino vecinal tramo Saywite - Ccecceray - Totoray Alta y Baja - Bacas Alta y Baja - Trancapata Alta y Baja.* Abancay : Universidad Tecnológica De Los Andes, 2018.

Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. **RÍOS COTAZO, Norma Ximena, y otros. 2020.** 2, Bogotá : s.n., 2020, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 30, págs. 109-127.

RUIZ BRITO, César Alejandro. 2011. *Análisis De Los Factores Que Producen El Deterioro De Los Pavimentos Rígidos.* Sangolquí : Escuela Politécnica Del Ejército, 2011.

SHARAD.S.Adlinge. 2013. *Pavement Deterioration and its Causes.* *Journal of Mechanical & Civil Engineering (IOSR-JMCE).* 2013, págs. 09-15.

VASQUEZ VARELA, L. 2002. *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.* Manizales : INGPAV, 2002.



VEGA LOMBEIDA, Jaime Mauricio. 2020. *Evaluacion y determinacion de las causas que producen el deterioro de la estructura del pavimento flexible de la Av. Eliza Mariño de Carvajal del Canton-Guaranda-Provincia de Bolivar.* Guayaquil : s.n., 2020.



ANEXOS



ANEXO N° 01

Tabla 41 – Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	METODOL OGIA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Tipos de fallas	Fisuras y grietas	Fisuras y grietas por fatigamiento	Enfoque Cuantitativo Tipo Aplicada Alcance Descriptivo, Explicativo Diseño No Experimental Población Vía San Jerónimo – Andahuaylas (2,159 Km) Muestra 13 tramos que presentan deterioro de la vía San Jerónimo – Andahuaylas
¿Cuál es la incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía san jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?	Determinar la incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía san jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023	Los factores inciden en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía san jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023			Fisuras y grietas en bloque	
					Grietas de borde	
					Fisuras y grietas longitudinales y transversales	
					Grietas parabólicas	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas		Deterioro superficial	Parches	
1. ¿Cuál es la incidencia del factor ESAL en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo	1. Determinar la incidencia del factor ESAL en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo	1. El factor ESAL incide significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo			Desplazamiento	
			Ahuellamiento			
			Hinchamiento			
				Exudaciones		


Andahuaylas, Apurímac -2023?	Andahuaylas, Apurímac -2023	Andahuaylas, Apurímac -2023			Meteorización/Desprendimiento de agregados	
					Pulimento de Agregados	
					Abultamientos	
					Hundimientos	
					Depresiones	
					Corrugaciones	
				Otros deterioros	Desnivel de la Berma	
					Huecos	
2. ¿Cuál es la incidencia del clima y el drenaje en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?	2. Determinar la incidencia del clima y el drenaje en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023	2. El clima y el drenaje inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023	Intervención de las fallas	Trabajos de reparación	Mantenimiento	
					Rehabilitación	
					Construcción	
			DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	
3. ¿Cuál es la incidencia de las características geotécnicas de la subrasante en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023?	3. Determinar la incidencia de las características geotécnicas de la subrasante en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023	3. Las características geotécnicas de la subrasante inciden significativamente en el deterioro de la carpeta de rodadura en la vía San Jerónimo Andahuaylas, Apurímac -2023	Clases de factores	Cargas de Transito	Aumento del transito	
				Condiciones ambientales	Precipitaciones	
					Cambios de Temperatura	
				Características de la Subrasante	Capacidad Portante	
					Propiedades	

ANEXO N°02

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA	
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 47 — Instrumento de Investigación para determinar el PCI.

ANEXO N°03



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

I.1. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
 Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

I.2. NOMBRE DEL INSTRUMENTO:
 FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

I.3. INVESTIGADOR:
 Roger Alex Oscco Mejía

2. DATOS DEL EXPERTO

2.1 Nombres y Apellidos: ERICK PAUL DEZA CONDOREI
 2.2. Especialidad: DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
 2.3. Lugar y Fecha: DREQUIPA -
 2.4. Cargo: SUPERVISOR
 2.5. Institución donde labora: MOTA ENGLICHNAID

COMPONENTES	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Bueno (41-60%)	Muy Bueno (61-80%)	Excelente (81-100%)
Forma	Redacción	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios				65%	
	Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.					90%
	Objetividad	Está expresado en parámetros observables.					93%
Contenido	Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					91%
	Suficiencia	Los ítems son adecuados en cantidad y claridad.				79%	
	Intencionalidad	El instrumento mide pertinentemente la variable de investigación.					92%
Estructura	Organización	Existe una organización lógica.					95%
	Consistencia	Se basa en aspectos teóricos, técnicos y científicos de la investigación.					90%
	Coherencia	Existe coherencia entre los ítems, indicadores, dimensiones y variables.					87%
	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85%

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN:.....86.7%.....

III. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO: Procede a su aplicación. (✓)
 Debe corregirse. ():

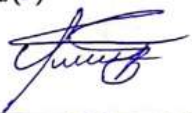


Sello y Firma del Experto. ERICK DEZA CONDOREI
DNI: 446 944 07

Figura 48 — Fichas de Validación de Expertos





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

1. DATOS GENERALES

1.1. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
 Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

1.2. NOMBRE DEL INSTRUMENTO:
 FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

1.3. INVESTIGADOR:
 Roger Alex Oscco Mejía

2. DATOS DEL EXPERTO

2.1 Nombres y Apellidos: JUAN TAPAYO MENDOZA

2.2. Especialidad: GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

2.3. Lugar y Fecha: Lima / 18 / 12 / 23

2.4. Cargo: GERENTE

2.5. Institución donde labora: MOYA ENRI

COMPONENTES	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Bueno (41-60%)	Muy Bueno (61-80%)	Excelente (81-100%)
Forma	Redacción	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios				75%	
	Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				78%	
	Objetividad	Está expresado en parámetros observables.					90%
Contenido	Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				70%	
	Suficiencia	Los ítems son adecuados en cantidad y claridad.					91%
	Intencionalidad	El instrumento mide pertinentemente la variable de investigación.				80%	
Estructura	Organización	Existe una organización lógica.					85%
	Consistencia	Se basa en aspectos teóricos, técnicos y científicos de la investigación.				76%	
	Coherencia	Existe coherencia entre los ítems, indicadores, dimensiones y variables.				77%	
	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95%

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 81.7%

III. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO: Procede a su aplicación. (✓)
 Debe corregirse. ()

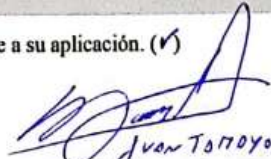


 Sello y Firma del Experto.
 DNI: 07008999 CIP 51313

Figura 49 — Fichas de Validación de Expertos





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

I.1. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
 Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

I.2. NOMBRE DEL INSTRUMENTO:
 FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

I.3. INVESTIGADOR:
 Roger Alex Oscco Mejía

2. DATOS DEL EXPERTO

2.1 Nombres y Apellidos: *CAPDEVILA SALAZAR BRANDO JOSUÍDIO*

2.2 Especialidad: *TRANSPORTE*

2.3 Lugar y Fecha: *OXAPAMPA - PASCO / 11/12/23*

2.4 Cargo: *JEFE DE OFICINA TÉCNICA*

2.5. Institución donde labora: *MOTA EN ENGIL*

COMPONENTES	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Bueno (41-60%)	Muy Bueno (61-80%)	Excelente (81-100%)
Forma	Redacción	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios				70%	
	Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				80%	
	Objetividad	Está expresado en parámetros observables.					93%
Contenido	Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				75%	
	Suficiencia	Los ítems son adecuados en cantidad y claridad.				76%	
	Intencionalidad	El instrumento mide pertinentemente la variable de investigación.				80%	
Estructura	Organización	Existe una organización lógica.					88%
	Consistencia	Se basa en aspectos teóricos, técnicos y científicos de la investigación.					82%
	Coherencia	Existe coherencia entre los ítems, indicadores, dimensiones y variables.					86%
	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN: *82.5%*

III. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO: Procede a su aplicación. (✓)

Debe corregirse. ():




 CIP: 275832
Sello y Firma del Experto. BRANDO CAPDEVILA SALAZAR
 DNI: *70784580*

Figura 50 — Fichas de Validación de Expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

I.1. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
 Incidencia de los factores en el deterioro de la carpeta de rodadura de la vía, San Jerónimo – Andahuaylas, provincia de Andahuaylas - Apurímac, 2023

I.2. NOMBRE DEL INSTRUMENTO:
 FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

I.3. INVESTIGADOR:
 Roger Alex Oscco Mejía

2. DATOS DEL EXPERTO

2.1 Nombres y Apellidos: JACK JONATHAN BERAUN CHAMORRO

2.2. Especialidad: GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN

2.3. Lugar y Fecha: LIMA - 04/12/23

2.4. Cargo: RESIDENTE

2.5. Institución donde labora: MOTA ENGIL

COMPONENTES	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente (0-20%)	Regular (21-40%)	Bueno (41-60%)	Muy Bueno (61-80%)	Excelente (81-100%)
Forma	Redacción	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios				70%	
	Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.					92%
	Objetividad	Está expresado en parámetros observables.				80%	
Contenido	Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				80%	
	Suficiencia	Los ítems son adecuados en cantidad y claridad.					93%
	Intencionalidad	El instrumento mide pertinentemente la variable de investigación.					95%
Estructura	Organización	Existe una organización lógica.					90%
	Consistencia	Se basa en aspectos teóricos, técnicos y científicos de la investigación.				75%	
	Coherencia	Existe coherencia entre los ítems, indicadores, dimensiones y variables.				80%	
	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					94%

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 84.9%

III. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO: Procede a su aplicación. (✓)
 Debe corregirse. ()



JACK BERAUN
 Sello y Firma del Experto.
 DNI: 41944276

Figura 51 — Fichas de Validación de Expertos

ANEXO N° 04

Cálculo de Precipitaciones para la Subcuencas de Aporte.

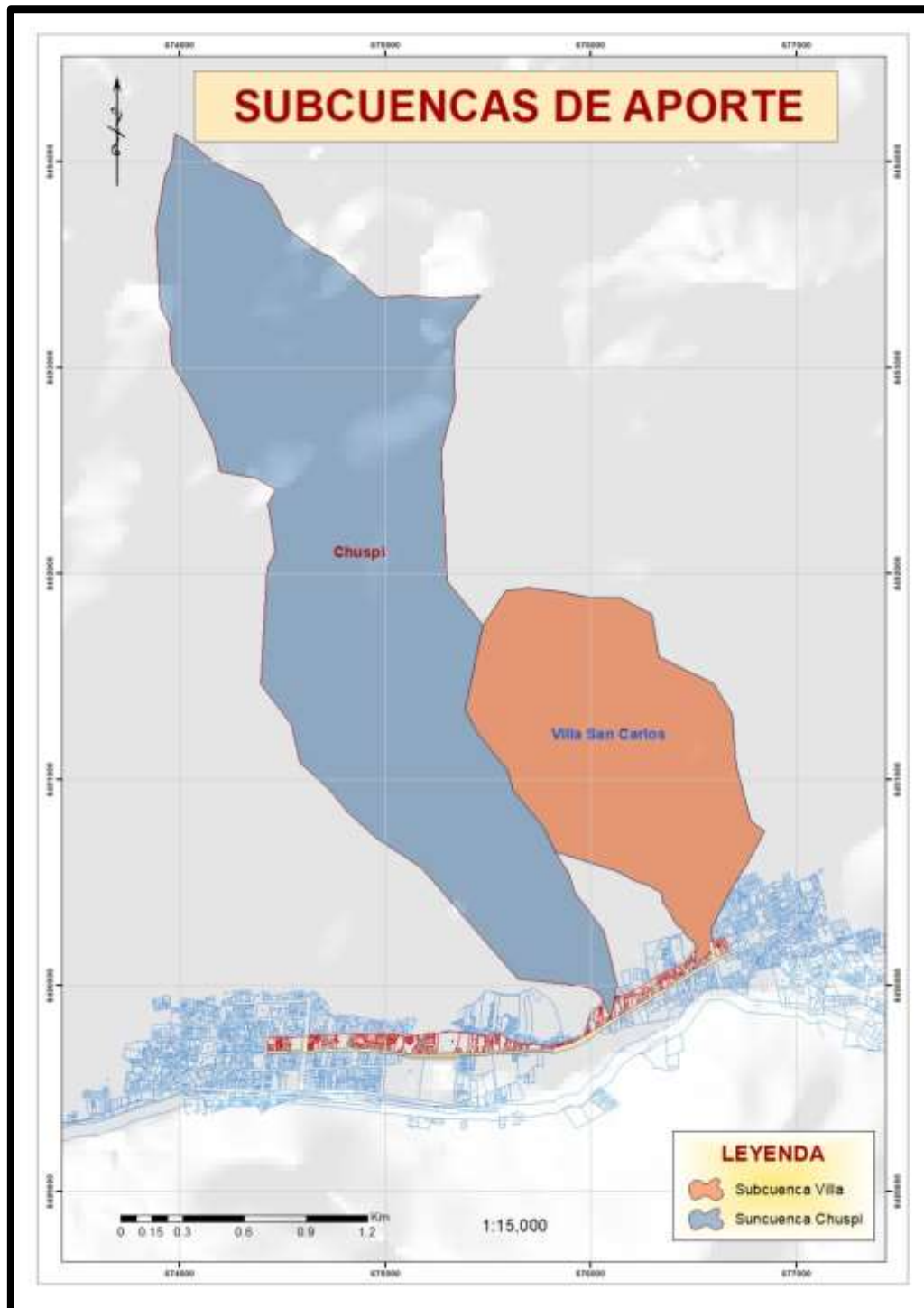


Figura 52 — Mapa de las Subcuencas de Aporte

Los datos para este cálculo fueron obtenidos del SENAMHI, específicamente datos registrados en la estación Andahuaylas.

Tabla 42 – Ubicación de la Estación Andahuaylas

Estación : ANDAHUAYLAS , Tipo Convencional - Meteorológica		
Departamento : APURIMAC	Provincia : ANDAHUAYLAS	Distrito : SAN JERONIMO
Latitud : 13° 38' 55.1"	Longitud : 73° 22' .4"	Altitud : 2981

Extraído de: SENAMHI, 2023

Sub cuenca Chuspi.

Para calcular el caudal de la subcuenca Chuspi, que ingresa a la zona de estudio, producto de la precipitación pluvial, se hizo uso del método racional, para un periodo de retorno de 10 y 25 años, por lo que, se procedió a realizar el análisis de las precipitaciones máximas, intensidades, frecuencias, duración y cálculo de intensidades máximas, mediante el Modelo Dyck -Peschke. De este análisis se obtuvo los siguientes resultados:

Precipitaciones Máximas en 24 Horas.

Tabla 43 – Precipitaciones máximas en un periodo de 46 años

Año	Precipitación	Valor Máximo	Valor Mínimo
1969	19,4	47,18	14,97
1970	28,8	47,18	14,97
1971	32,0	47,18	14,97
1972	23,5	47,18	14,97
1973	32,2	47,18	14,97
1974	25,0	47,18	14,97
1975	38,0	47,18	14,97
1976	29,5	47,18	14,97
1977	23,5	47,18	14,97
1978	32,0	47,18	14,97
1979	17,0	47,18	14,97
1980	24,0	47,18	14,97
1982	20,4	47,18	14,97
1989	21,0	47,18	14,97
1990	21,8	47,18	14,97
1991	23,5	47,18	14,97
1992	29,8	47,18	14,97

1993	24,4	47,18	14,97
1994	23,8	47,18	14,97
1995	32,0	47,18	14,97
1996	22,5	47,18	14,97
1997	22,2	47,18	14,97
1998	32,7	47,18	14,97
1999	23,8	47,18	14,97
2000	30,5	47,18	14,97
2001	25,8	47,18	14,97
2002	24,8	47,18	14,97
2003	25,7	47,18	14,97
2004	19,9	47,18	14,97
2005	35,3	47,18	14,97
2006	43,3	47,18	14,97
2007	29,2	47,18	14,97
2008	23,5	47,18	14,97
2009	22,2	47,18	14,97
2010	36,3	47,18	14,97
2011	28,1	47,18	14,97
2012	29,3	47,18	14,97
2013	40,2	47,18	14,97
2014	31,3	47,18	14,97
2015	19,9	47,18	14,97
2016	30,8	47,18	14,97
2017	31,8	47,18	14,97
2018	22,5	47,18	14,97
2019	21,0	47,18	14,97
2020	25,7	47,18	14,97
2021	29,4	47,18	14,97

Nota: Elaboración propia en base a datos de la Estación Andahuaylas



Precipitaciones Diarias

Tabla 44 — Cálculo de precipitaciones diarias para diferentes periodos de retorno

Cálculo de las precipitaciones diarias	
Periodo Retorno	Corrección PP (mm)
Años	X_t (mm)
2	29,79
5	35,73
10	39,47
25	44,05
50	47,38
100	50,65
200	53,90
500	58,21
1000	61,50
10000	72,70

Nota: Elaboración Propia.

Precipitación Máxima Anual para Diferentes Periodos de Retorno

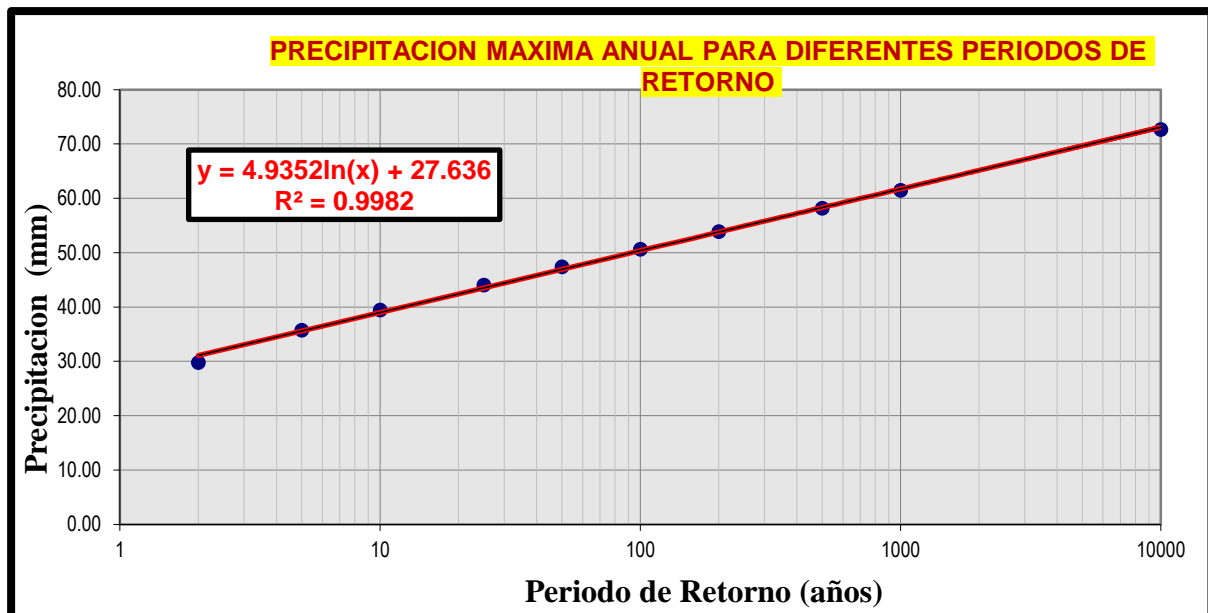


Figura 53 — Ecuación para Precipitación Máxima Anual para Diferentes Periodos de Retorno



Cálculos de Precipitación de Diseño

Para diseñar el hietograma de precipitaciones de diseño se usó el método de bloque, donde se obtuvo datos de intensidad, profundidad acumulada, profundidad incremental, tiempo y precipitación; para diferentes tiempos de duración. Estos datos se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 45 – Cálculos de Intensidad y precipitación de diseño

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
K =	294,691	$I = \frac{294.691 \times T^{0.1006}}{D^{0.750}}$			
T =	25				
m =	0,1006				
n =	0,750				
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	18,896	18,896	18,896	0-60	0,443
120	11,235	22,471	3,575	60-120	0,473
180	8,289	24,868	2,397	120-180	0,509
240	6,681	26,723	1,854	180-240	0,552
300	5,651	28,256	1,533	240-300	0,605
360	4,929	29,573	1,318	300-360	0,671
420	4,391	30,735	1,162	360-420	0,757
480	3,972	31,779	1,043	420-480	0,874
540	3,636	32,728	0,950	480-540	1,043
600	3,360	33,602	0,874	540-600	1,318
660	3,128	34,412	0,810	600-660	1,854
720	2,931	35,169	0,757	660-720	3,575
780	2,760	35,880	0,711	720-780	18,896
840	2,611	36,551	0,671	780-840	2,397
900	2,479	37,187	0,636	840-900	1,533
960	2,362	37,791	0,605	900-960	1,162
1020	2,257	38,369	0,577	960-1020	0,950
1080	2,162	38,921	0,552	1020-1080	0,810
1140	2,076	39,450	0,530	1080-1140	0,711
1200	1,998	39,960	0,509	1140-1200	0,636
1260	1,926	40,450	0,490	1200-1260	0,577
1320	1,860	40,923	0,473	1260-1320	0,530
1380	1,799	41,380	0,457	1320-1380	0,490
1440	1,743	41,823	0,443	1380-1440	0,457



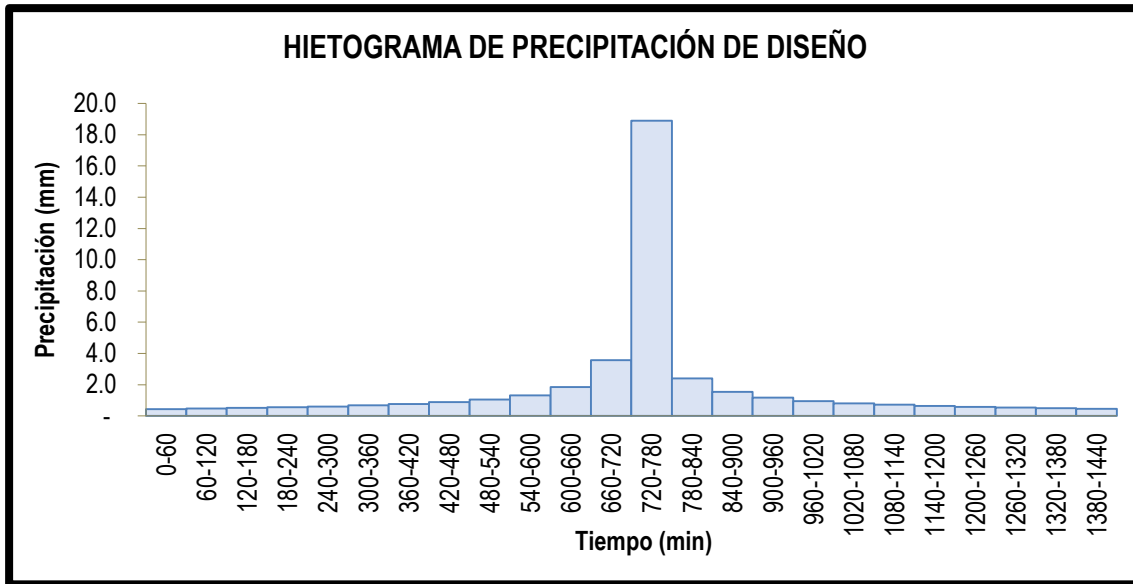


Figura 54 — Hietograma de Precipitación de Diseño

Curva IDF

Se obtuvo la ecuación de la curva intensidad-duración-frecuencia:

$$I = \frac{294.691 \times T^{0.1006}}{D^{0.750}}$$

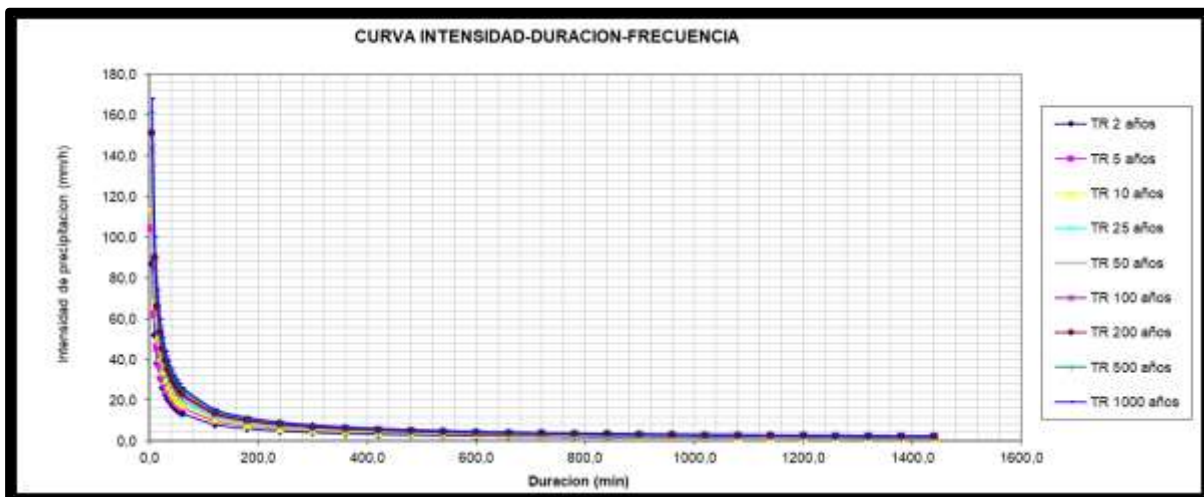


Figura 55 — Curvas IDF

ANEXO N° 05

Ensayos de Geomecánica de Suelos- Características Geotécnicas

Características Geotécnicas

Para determinar las características geotécnicas que presenta la zona de estudios, se realizó un estudio de suelos con la finalidad de determinar las características físicas y mecánicas de suelos de la vía de San Jerónimo – Andahuaylas, AV. Leoncio Prado (km 0+558), con ello identificar el perfil estratigráfico de la zona de estudio y determinar el CBR de la Sub rasante de pavimento Flexible.

Dado que las características del terreno son homogéneas y de acuerdo al manual de carreteras, en la sección de suelos y pavimentos, el MTC indica el número de ensayos CBR como mínimo de acuerdo al tipo de carretera, es cada 2 km. (por lo tanto, se realiza solo un ensayo de CBR de toda la trayectoria). Por tal motivo se efectuó solo una calicata.

Los trabajos se desarrollaron en tres etapas;

Inicialmente se realizó trabajos de ubicación y marcación de 01 calicata de exploración de todo el trayecto del proyecto, posterior a ello se realizó una excavación en la calicata C-1, con herramientas manuales hasta una profundidad de 1.30 m, en la Av. Leoncio prado.

Se procedió a tomar muestras representativas de cada estrato, las cuales fueron empaquetadas en bolsas herméticas debidamente embaladas, y estas fueron enviadas al laboratorio **INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Finalmente se realizaron las pruebas y ensayos de laboratorio respectivos para identificar características físicas y mecánicas, cuyos resultados se muestran a continuación.



Perfil Estratigráfico

En primer lugar, se realizó una calicata manualmente con pala, pico y barreta a un costado de la vía, con una profundidad de 1.30 metros; al momento de realizar la calicata se logró identificar el perfil estratigráfico del suelo a estudiar.



Figura 56 — Medición de las dimensiones de la Calicata



Figura 57 — Excavación de la calicata N° 01

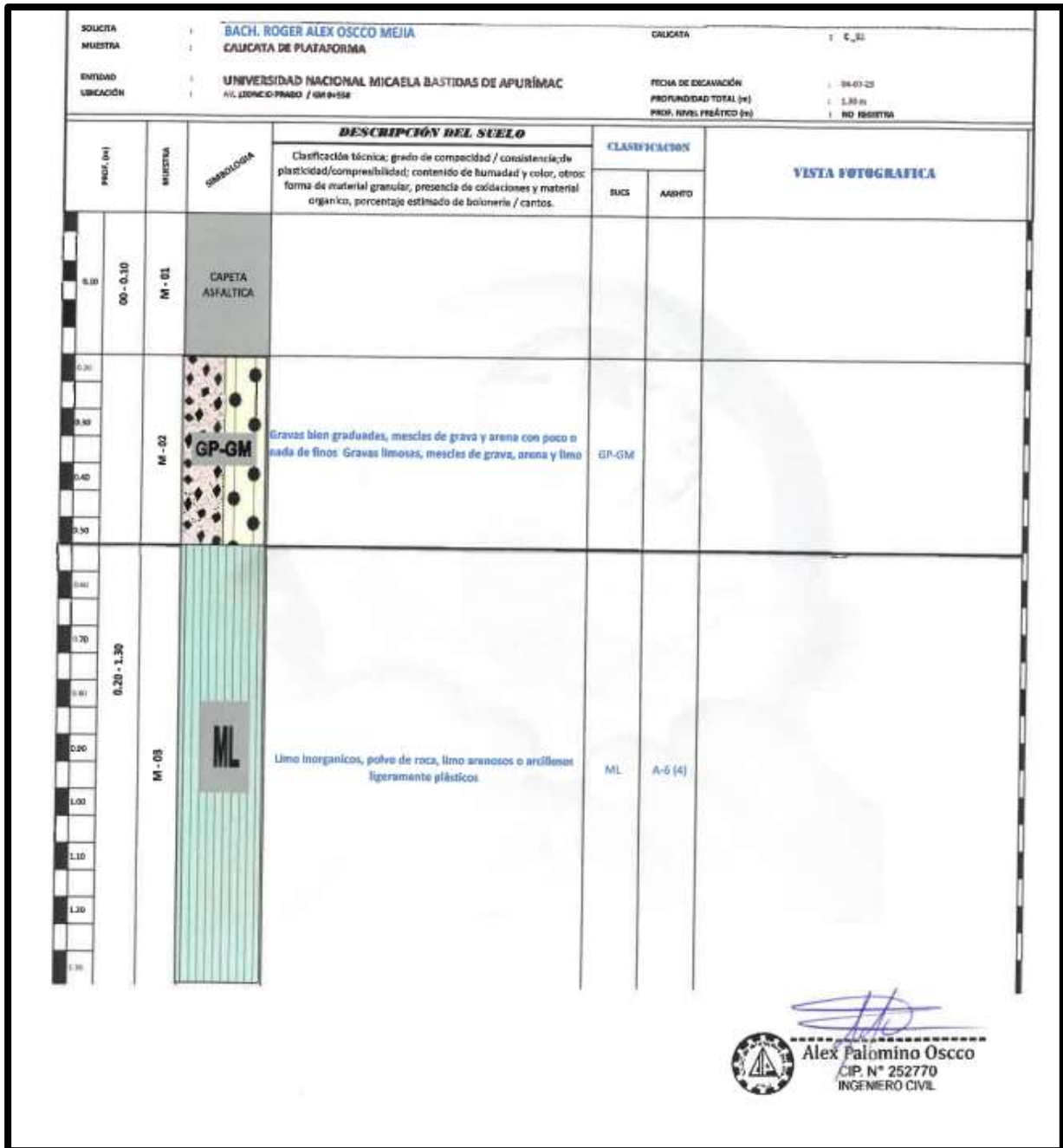


Figura 58 — Perfil Estratigráfico

Extraído de: ESTUDIO DE SUELOS, 2023.

Tal como se observa en el perfil estratigráfico, el espesor de la carpeta asfáltica es de 0.10 metros, además el suelo está compuesto por gravas, limos y arenas; siendo el tipo de suelo predominante el limo-arenoso.



Trabajos Preparatorios

Traslado de la Muestra

Luego de realizar la excavación de la calicata se recolectó la muestra y se empaquetó para su traslado seguro hasta el laboratorio.



Figura 59 — Muestras empaquetadas en bolsas herméticas debidamente embaladas calicata N° 01

Cuarteo de la Muestra

Para poder realizar los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y el ensayo de Proctor para la evaluación del CBR, primeramente, se realizó el cuarteo de la muestra obtenida de la zona de estudio.

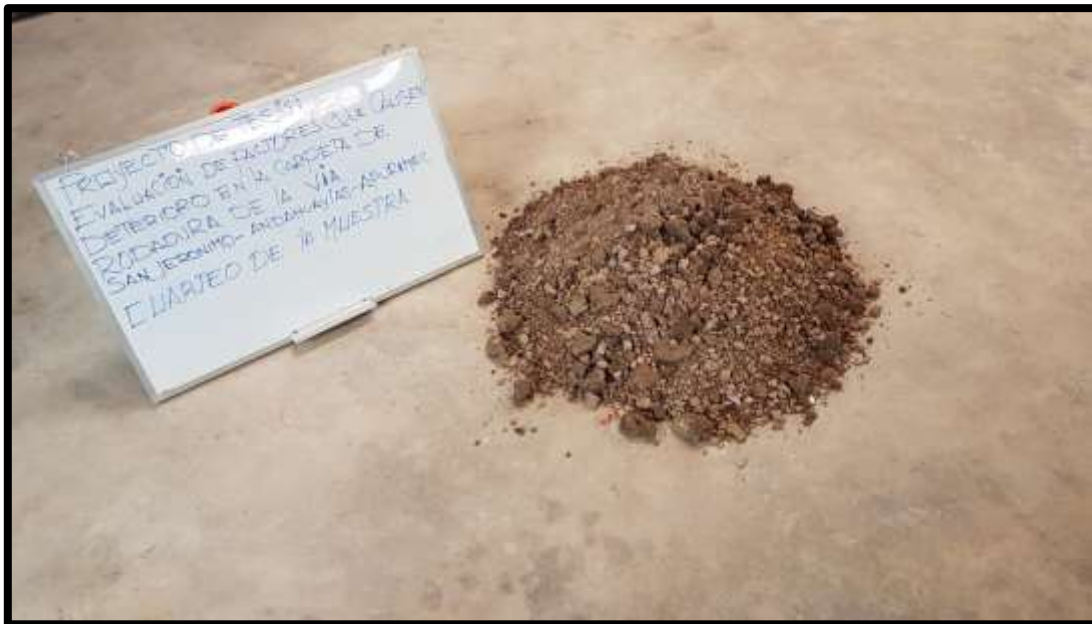


Figura 60 — Preparación para Cuarteo de Muestras



Figura 61 — Cuarteo de Muestra

Análisis Granulométrico

De acuerdo al análisis granulométrico realizado en el laboratorio, el suelo es clasificado según AASHTO como un suelo A-6(4), un suelo arcilloso. Y de acuerdo a la clasificación SUCS, como ML; un suelo limo arcilloso de ligera plasticidad.



Figura 62 — Tamizado de Muestra

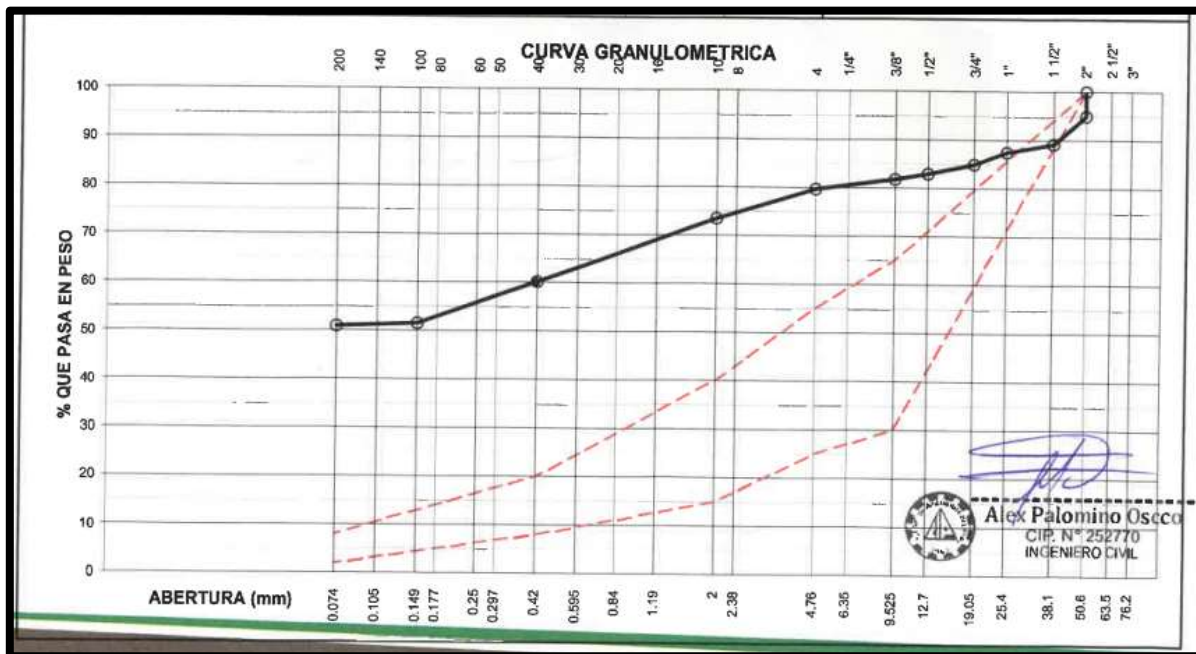


Figura 63 — Curva Granulométrica

Extraído de: Estudio de Suelos, 2023.

Límites de Atterberg

Para determinar el límite plástico, el límite líquido, y el índice de plasticidad, se realizaron los ensayos T89 y T90 (AASHTO), obteniéndose los resultados registrados en la siguiente tabla.



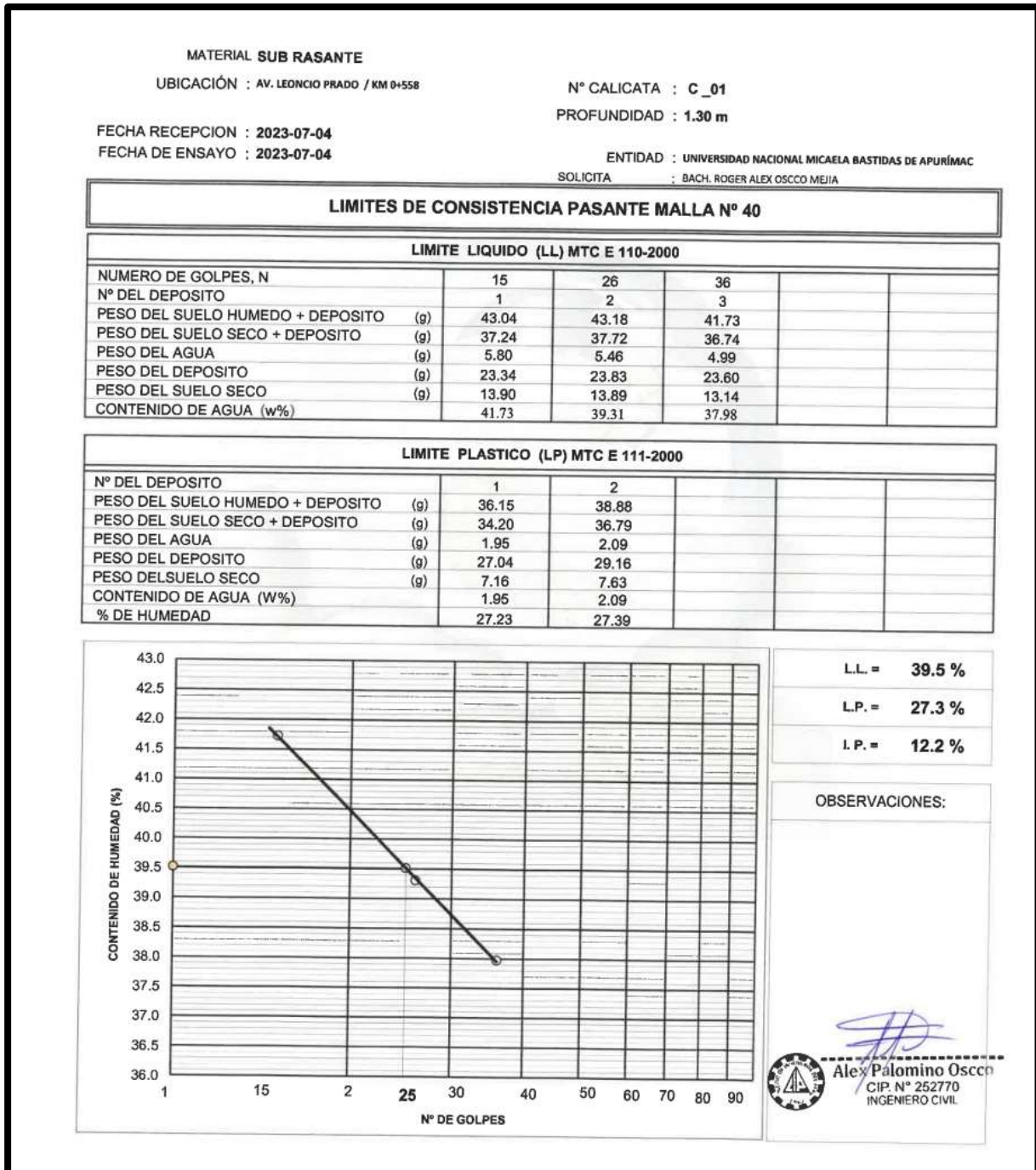


Figura 64 — Resultados de laboratorio-Limites líquido y plástico.

Tabla 46 — Límites de Atterberg

LIMITES DE CONSISTENCIA		
L.L.	L.P.	I.P.
39.5 %	27.3 %	12.2 %



Capacidad Portante (CBR)

Es importante conocer el CBR de la subrasante, para determinar la capacidad de carga, además esto nos permite estimar el módulo resiliente del suelo; y este a su vez nos permite realizar el diseño adecuado del pavimento.

Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo, se toma una muestra representativa del suelo fresco y se pesa. Luego, la muestra se seca en un horno a una temperatura específica (generalmente entre 105°C y 110°C) hasta que se alcance un peso constante. El peso final obtenido después de la evaporación completa del agua se considera el peso seco del suelo.



Figura 65 — Contenido de Humedad

MATERIAL : SUB RASANTE
 UBICACIÓN : AV. LEONCIO PRADO / KM 0+558
 I° CALICATA : C_01
 PROFUNDIDAD : 1.30 m
 FECHA RECEPCION : 2023-07-04
 FECHA DE ENSAYO : 2023-07-04
 ENTIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍ
 SOLICITA : BACH. ROGER ALEX OSCCO MEJIA

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108-2000				
Nº RECIPIENTE		1	2	
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	(g)	744.00	744.00	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	(g)	708.00	708.00	
PESO DEL AGUA	(g)	36.00	36.00	
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	113.0	113.0	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	595.00	595.00	
HUMEDAD	(%)	6.05	6.05	
PROMEDIO	(%)	6.1		

OBSERVACIONES :




 Alex Palomino Oscco
 CIP. N° 252770
 INGENIERO CIVIL

Figura 66 — Resultados de laboratorio de contenido de humedad

Máxima Densidad Seca

El procedimiento para determinar la densidad seca implicó tomar una muestra de suelo en el campo y secarla en el horno para eliminar toda la humedad. Una vez seco, se determinó su masa y su volumen. La masa se dividió luego por el volumen para obtener la densidad seca. La densidad seca del suelo se utiliza para evaluar la capacidad de soporte y su comportamiento frente a cargas externas.



Figura 67 — Ensayo de Densidad máxima seca

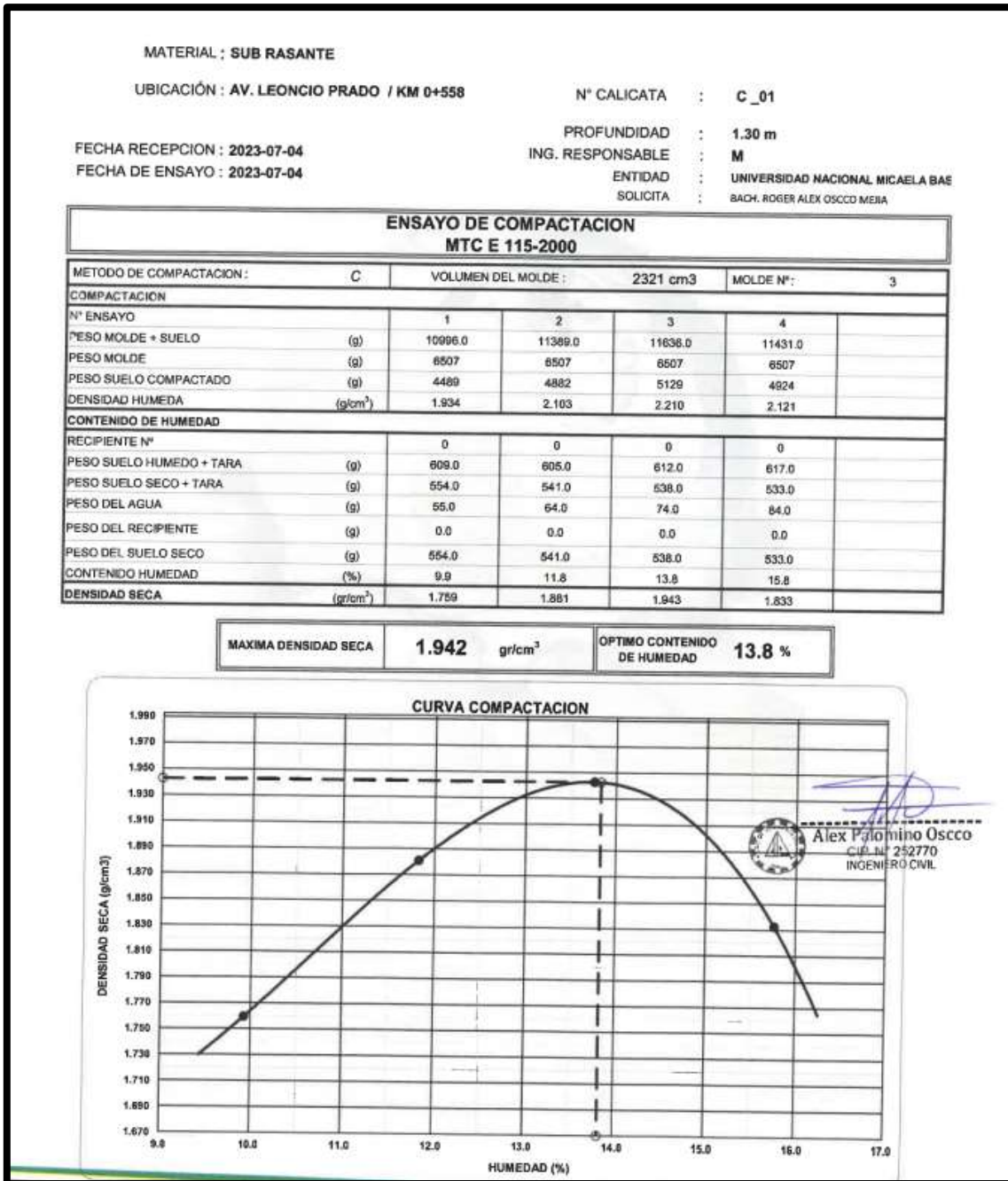


Figura 68 — Resultados de laboratorio del Ensayo de Densidad máxima seca Proctor Modificado

Se emplea para determinar la relación densidad seca – humedad de compactación de los materiales a utilizar en explanadas y en capas de firmes, y como referencia para el control de calidad de la compactación del pavimento.





Figura 69 — Ensayo de Proctor Modificado

Ensayo CBR

El ensayo de CBR consiste en hacer penetrar un pistón dentro de la muestra y medir la carga necesaria para alcanzar determinadas profundidades de penetración.



Figura 70 — Ensayo CBR

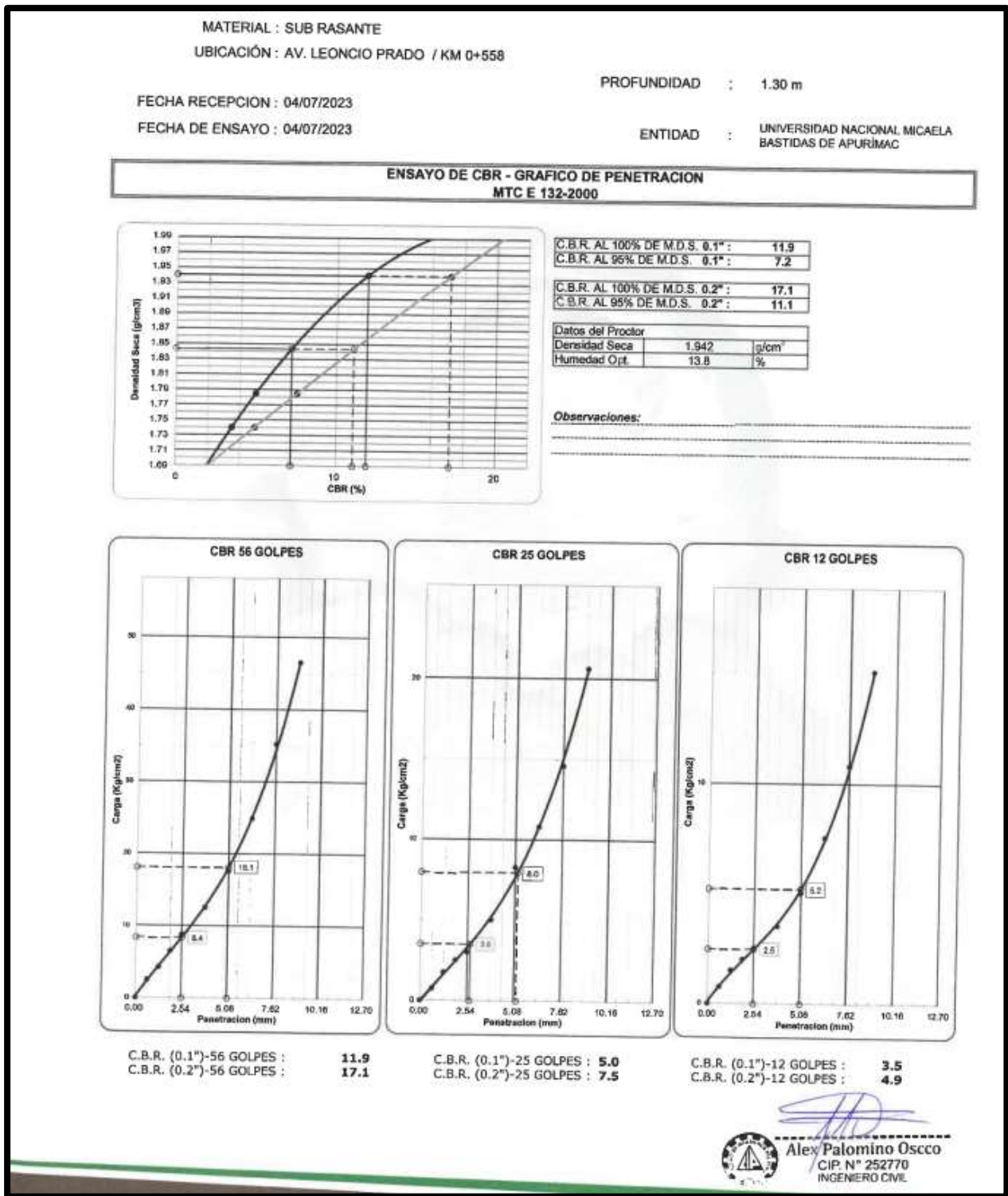


Figura 71 — Ensayo de CBR, Grafico de Penetración

Extraído de: ESTUDIO DE SUELOS, 2023.



Tabla 47 — Resultados de CBR

C.B.R. A 0.1" PENETRACION	
95%	100%
7,2	11,9

Como se observa en la tabla 40 el CBR correspondiente a la subrasante de la vía en cuestión es de 7,2, al 95 %, y 11,9 al 100%. Además, como se observa en la siguiente tabla, el suelo evaluado no cumple con la granulometría ni con el CBR mínimo, sin embargo, en cuanto al límite líquido y al índice de plasticidad si se llega a cumplir.

AV. LEONCIO PRADO / KM 0+558			
Ensayos	Resultados	Especificación	Observación
Granulometría(%) que pasa del tamiz N°200	10.5	2-8	No Cumple
Límite Líquido (%)	24.4	35 máx.	Cumple
Índice Plástico (%)	4.7	4 – 9	Cumple
CBR (%)	21.3	40 mín.	No Cumple

Figura 72 — Resultados y especificaciones de los ensayos

Extraído de: ESTUDIO DE SUELOS, 2023

Por lo que es recomendable evaluar la posible remoción de parte del material de subrasante y reemplazarlo con material pétreo.

DESCRIPCION : PROSPECCIONES			HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cc)	HUMEDAD OPTIMA (%)	C.B.R. A 0.1" PENETRACION 95%
CALICATA	MUES TRA N°	PROF. (m)		LL	LP.	I.P.	AASHTO	SUCS			
C_01	M-01	1.30 m	6,1	39.5 %	27.3 %	12.2 %	A-6 (4)	ML	1,942	13,8	7,2

Figura 73 — Parámetros Geotécnicos de la Zona de Estudio

Nota: Elaboración Propia en base al ESTUDIO DE SUELOS, 2023.



ANEXO N° 06

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL CALCULO DE ESAL																									
TESIS: "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"																									
Carretera		SAN - AND										Año de estudio		2023		Modificar datos:		[Yellow]							
Tramo		SAN - AND										Tiempo de estudio a la ejecución de proyecto		5		Cálculos automáticos:		[Green]							
Cod Estación		E-1										TIPO DE PAVIMENTO		Pavimento flexible		Resultados:		[Cyan]							
Estación		Arco San - And										Ubicación		AV. Leoncio prado - Arco											
		Factor de corrección estacional		Veh. Livianos		fe:		1,1000		Veh. Pesados		fe:		1,1000											
Día		Moto	Moto Taxi	VEHICULOS LIGEROS				Omnibus					CAMIONES ACOPLADOS					Traylers							
				Autos	Pick up	C.R.	Combi	B2/2E	B2-1/3E	4E	C2/2E	C3/3E	c4/4E	2S1	T2S2/2S2	T2S3/2S3	T3S2/3S1	T3S3/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Domingo 21/05/2023	SAN-AND	332	1965	2279	348	260	611	29	17	0	157	26	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	350	2002	2399	354	283	622	36	18	0	155	28	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	682	3967	4678	702	543	1233	65	35	0	312	54	27	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lunes 22/05/2023	SAN-AND	220	1157	1991	282	160	551	9	3	0	86	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	397	1039	1960	296	133	527	12	2	0	74	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	617	2196	3951	578	293	1078	21	5	0	160	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Martes 23/05/2023	SAN-AND	221	1110	1974	291	161	551	9	3	0	86	14	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	401	1040	1962	304	134	528	13	2	0	75	13	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	622	2150	3936	595	295	1079	22	5	0	161	27	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miércoles 24/05/2023	SAN-AND	224	1111	1992	290	167	556	16	3	0	86	14	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	402	1055	1971	308	153	550	12	2	0	74	13	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	626	2166	3963	598	320	1106	28	5	0	160	27	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jueves 25/05/2023	SAN-AND	233	1117	2008	291	184	562	16	3	0	86	14	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	358	1082	1984	324	179	528	17	3	0	74	13	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	591	2199	3992	615	363	1090	33	6	0	160	27	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viernes 26/05/2023	SAN-AND	225	1230	1999	295	178	563	13	3	0	86	14	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	304	1081	1967	299	144	531	13	2	0	74	15	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	529	2311	3966	594	322	1094	26	5	0	160	29	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado 27/05/2023	SAN-AND	244	1313	2010	296	193	552	13	5	0	14	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AND-SAN	303	1209	2009	301	160	530	13	3	0	74	13	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	547	2522	4019	597	353	1082	26	8	0	88	14	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMDs	SAN-AND	242,7	1286,1	2036,1	299,0	186,1	563,7	15,0	5,3	0,0	85,9	13,9	3,4	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AND-SAN	359,3	1215,4	2036,0	312,3	169,4	545,1	16,6	4,6	0,0	85,7	15,4	3,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	602,0	2501,6	4072,1	611,3	355,6	1108,9	31,6	9,9	0,0	171,6	29,3	6,4	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IMDa	SAN-AND	266,99	1414,76	2239,76	328,90	204,76	620,09	16,50	5,81	0,00	94,44	15,24	3,77	0,00	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AND-SAN	395,21	1336,97	2239,60	343,51	186,37	599,66	18,23	5,03	0,00	94,29	16,97	3,30	0,00	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	662,20	2751,73	4479,36	672,41	391,13	1219,74	34,73	10,84	0,00	188,73	32,21	7,07	0,00	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2023	Total vehículos	662	2752	4479	672	391	1220	35	11	0	189	32	7	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 74 — Aforo Vehicular diario

ANEXO N° 07

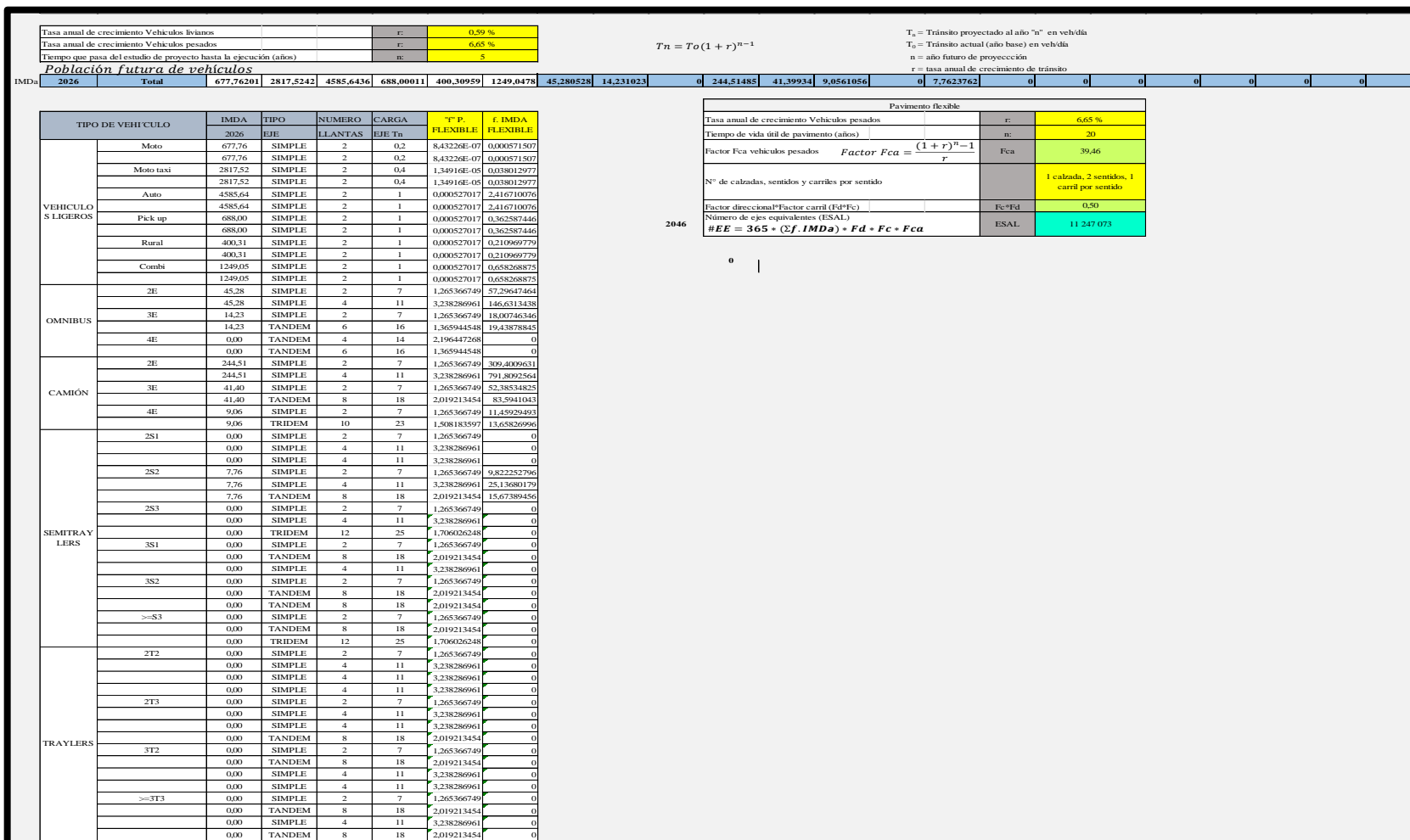


Figura 75 — Cálculo de ESAL

ANEXO N° 08

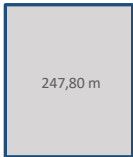
OBSERVACIONES		TIPO DE FALLAS EXISTENTES						FORMA DE LA MUESTRA			
1.- Piel de cocodrilo PC m2		11.- Parqueo PA m2		FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m  247,80 m 35,40 m							
2.- Exudación EX m2		12.- Pulimiento de agreg. PU m2									
3.- Agrietamiento en bloque BLO m2		13.- Huecos HUE und									
4.- Abultamiento y hundimie ABH m2		14.- Cruce de via ferrea CVF m2									
5.- Corrugación COR m2		15.- Ahuellamiento AHU m2									
6.- Depresión DEP m2		16.- Desplazamiento DES m2									
7.- Grieta de borde GB m		17.- Grieta parabolica GP m2									
8.- Reflexion de juntas GR m		18.- Hinchamiento HN m2									
9.- Desnivel carril/berma DN m		19.- Desprendimientos de agregados DAG m2									
10.- Grietas long y transv GLT m											
		TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
		1		2		3					
		L	M	H	L	M	H	L	M	H	
		6,80						5,40			
TOTAL POR FALLA		6,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	0,00	
		10			11			12			
		L	M	H	L	M	H	L	M	H	
		7,80									
TOTAL POR FALLA		7,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		16			17			18			
		L	M	H	L	M	H	L	M	H	
					4,50						
TOTAL POR FALLA		0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CÁLCULO DEL PCI											
TIPO DE FALLA		SEVERIDAD		TOTAL		DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO			
1		L		6,80		2,74%		19,66			
3		M		0,00		0,00%		0			
10		L		7,80		3,15%		2,2			
17		L		4,50		1,82%		9,14			
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN						VDT=		32,59			
CÁLCULO DEL PCI											
Número de deducidos > 2 (q)		3									
Valor deducido mas alto (HDV)		19,66									
Número máximo de valores deducidos (mi)		8,38									
$m_i = 1,00 + \frac{q}{9H} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.											
N°		VALORES DEDUCIDOS					VDT		q		VDC
1		19,66	9,14	2,2	1,59	0	0	0	32,59	3	18,81
2		19,66	9,14	2	2	0	0	0	32,8	2	24,24
3		19,66	2	2	2	0	0	0	25,66	1	25,66
MAX VDC =										25,66	
INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =		100- (MAX VDC)			
						PCI =		74,34			
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						MUY BUENO					

Figura 76 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 1




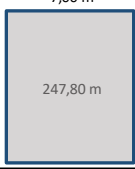
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"								
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										
NOMBRE DE LA VÍA :	AV. LEONCIO PRADO KM 0+177 AL KM 0+212.40	DISTRITO :	SAN JERÓNIMO	FECHA :	30 de mayo del 2023					
UNIDAD MUESTREADA :	M-02	PROGRESIVA :	KM 0+177,00 AL		KM 0+212,40					
AREA DE LA MUESTRA (m2) :	247,8	EVALUADOR :	ROGER ALEX OSCCO MEJIA							
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 				
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU m2					
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE und					
	4.- Abultamiento y hundimiento	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF m2					
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU m2					
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES m2					
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP m2					
	8.- Reflexión de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN m2					
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG m2					
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
	1			2			3			
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	22,10						21,54			
TOTAL POR FALLA	22,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,54	0,00	0,00	
	10			11			12			
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	21,30	18,60		26,90						
TOTAL POR FALLA	21,30	18,60	0,00	26,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	13			14			15			
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	16,00									
TOTAL POR FALLA	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
1	L	22,10	8,92%	31,51						
1	M	0,00	0,00%	0						
3	L	21,54	8,69%	7,25						
3	M	0,00	0,00%	0						
10	L	21,30	8,60%	6,76						
10	M	18,60	7,51%	15,07						
11	L	26,90	10,86%	17,39						
11	M	0,00	0,00%	0						
13	L	16,00	6,46%	32,13						
13	M	0,00	0,00%	0						
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=	110,11					
CÁLCULO DEL PCI		$m_i = 1,00 - \frac{q}{99} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.								
Numero de deducidos > 2 (q)	6									
Valor deducido mas alto (HDV _i)	32,13									
Número máximo de valores deducidos (mi)	7,23									
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	32,13	31,51	17,39	15,07	7,25	6,76	0	110,11	6	54,06
2	32,13	31,51	17,39	15,07	7,25	2	0	105,35	5	54,68
3	32,13	31,51	17,39	15,07	2	2	0	100,1	4	57,05
4	32,13	31,51	17,39	2	2	2	0	87,03	3	55,07
5	32,13	31,51	2	2	2	2	0	71,64	2	52,15
6	32,13	2	2	2	2	2	0	42,13	1	42,13
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100- (MAX VDC)			
						PCI =	42,95			
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						REGULAR				

Figura 77 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 2


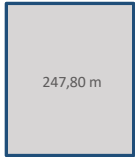
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"								
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										
NOMBRE DE LA VÍA :	AV. LEONCIO PRADO KM 0+354 AL KM 0+389.40	DISTRITO :	SAN JERÓNIMO	FECHA :	30 de mayo del 2023					
UNIDAD MUESTREADA :	M- 03	PROGRESIVA :	KM 0+354,00 AL KM 0+389,40	EVALUADOR :	ROGER ALEX OSCCO MEJIA					
AREA DE LA MUESTRA (m2) :	247,8									
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 				
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU m2					
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE und					
	4.- Abultamiento y hundimiento	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF m2					
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU m2					
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES m2					
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP m2					
	8.- Reflexión de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN m2					
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG m2					
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
	1		2			3				
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	25,60						16,80	12,90		
TOTAL POR FALLA	25,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,80	12,90	0,00	
	10			11			12			
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	22,80	12,60		18,70						
TOTAL POR FALLA	22,80	12,60	0,00	18,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	13			14			15			
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	8,40									
TOTAL POR FALLA	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO				
1	L			25,60	10,33%	33,26				
3	L			16,80	6,78%	6,17				
3	M			12,90	5,21%	11,55				
10	L			22,80	9,20%	7,2				
10	M			12,60	5,08%	11,62				
11	L			18,70	7,55%	13,97				
13	L			8,40	3,39%	37,86				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN					VDT=	121,63				
CÁLCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		7								
Valor deducido mas alto (HDVi)		37,86								
Número máximo de valores deducidos (mi)		6,71								
$m_i = 1,00 + \frac{q}{99i}$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.										
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	37,86	33,26	13,97	11,62	11,55	7,2	6,17	121,63	7	59,65
2	37,86	33,26	13,97	11,62	11,55	7,2	2	117,46	6	57,73
3	37,86	33,26	13,97	11,62	11,55	2	2	112,26	5	58,13
4	37,86	33,26	13,97	11,62	2	2	2	102,71	4	58,36
5	37,86	33,26	13,97	2	2	2	2	93,09	3	58,85
6	37,86	33,26	2	2	2	2	2	81,12	2	58,67
7	37,86	2	2	2	2	2	2	49,86	1	49,86
INDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100- (MAX VDC)			
						PCI =	40,35			
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						REGULAR				

Figura 78— Cálculo de PCI por tramos- Tramo 3




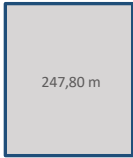
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"								
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										
NOMBRE DE LA VÍA : AV. LEONCIO PRADO KM 0+531 AL KM 0+566		DISTRITO : SAN JERONIMO		FECHA : 30 de mayo del 2023						
UNIDAD MUESTREADA : M - 04		PROGRESIVA : KM 0+531,00 AL		KM 0+566,40						
AREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		EVALUADOR : ROGER ALEX OSSCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimiento	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2				
	8.- Reflexión de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
15,20						12,60				
TOTAL POR FALLA	15,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,60	0,00	0,00	
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
22,30			14,60							
TOTAL POR FALLA	22,30	0,00	0,00	14,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
13			14			15				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
		9,90				15,40				
TOTAL POR FALLA	0,00	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40	0,00	0,00	
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		15,20	6,13%		27,8				
3	L		12,60	5,08%		5,06				
10	L		22,30	9,00%		7				
11	L		14,60	5,89%		11,5				
13	L		0,00	0,00%		0				
15	L		15,40	6,21%		22,57				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		136,03				
CÁLCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		6								
Valor deducido más alto (HDV _i)		62,1								
Número máximo de valores deducidos (mi)		4,48								
$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.										
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	62,1	27,8	22,57	11,5	7	5,06	0	136,03	6	65,62
2	62,1	27,8	22,57	11,5	7	2	0	132,97	5	68,49
3	62,1	27,8	22,57	11,5	2	2	0	127,97	4	71,99
4	62,1	27,8	22,57	2	2	2	0	118,47	3	72,24
5	62,1	27,8	2	2	2	2	0	97,9	2	69,53
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100 - (MAX VDC)			
						PCI =	27,76			
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						MALO				

Figura 79 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 4


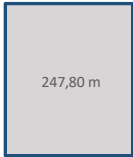
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"								
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										
NOMBRE DE LA VÍA : AV. LEONCIO PRADO KM 0+708 AL KM 0+743,40		DISTRITO : SAN JERONIMO		FECHA : 30 de mayo del 2023						
UNIDAD MUESTREADA : M - 05		PROGRESIVA : KM 0+708,00		AL : KM 0+743,40						
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2				
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
	TIPO DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
13,50	2,30					8,90				
TOTAL POR FALLA	13,50	2,30	0,00	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00		
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
8,90			15,30							
TOTAL POR FALLA	8,90	0,00	0,00	15,30	0,00	0,00	0,00	0,00		
13			14			15				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
						3,90				
TOTAL POR FALLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00	0,00		
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		13,50	5,45%		26,61				
1	M		2,30	0,93%		21,23				
3	L		8,90	3,59%		3,61				
10	L		8,90	3,59%		2,77				
11	L		15,30	6,17%		11,96				
15	L		3,90	1,57%		11,38				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		77,56				
CÁLCULO DEL PCI			$m_i = 1,00 + \frac{q}{981} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.							
Número de deducidos > 2 (q)			6							
Valor deducido mas alto (HDV _i)			26,61							
Número máximo de valores deducidos (mi)			7,74							
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	26,61	21,23	11,96	11,38	3,61	2,77	0	77,56	6	36,54
2	26,61	21,23	11,96	11,38	3,61	2	0	76,79	5	39,07
3	26,61	21,23	11,96	11,38	2	2	0	75,18	4	42,11
4	26,61	21,23	11,96	2	2	2	0	65,8	3	41,77
5	26,61	21,23	2	2	2	2	0	55,84	2	41,09
6	26,61	2	2	2	2	2	0	36,61	1	36,61
INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				PCI =		100 - (MAX VDC)				
				PCI =		57,89				
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				BUENO						

Figura 80 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 5




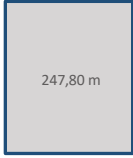
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023"								
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE										
NOMBRE DE LA VÍA :		AV. LEONCIO PRADO KM 0+885 AL KM 0+920		DISTRITO :		SAN JERONIMO		FECHA :		30 de mayo del 2023
UNIDAD MUESTREADA :		M-06		PROGRESIVA :		KM 0+885,00 AL		KM 0+920,40		
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) :		247,8		EVALUADOR :		ROGER ALEX OSCCO MEJIA				
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2				
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
10,20						19,30				
TOTAL POR FALLA	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,30	0,00	0,00	
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
14,90			15,20							
TOTAL POR FALLA	14,90	0,00	0,00	15,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16			17			18				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
						11,30				
TOTAL POR FALLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,30	0,00	0,00	
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		10,20	4,12%		23,86				
3	L		19,30	7,79%		6,77				
10	L		14,90	6,01%		5,11				
11	L		15,20	6,13%		11,9				
18	L		11,30	4,56%		7,36				
18	M		0,00	0,00%		0				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		55				
CÁLCULO DEL PCI			$m_i = 1,00 + \frac{q}{99} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.							
Número de deducidos > 2 (q)			5							
Valor deducido mas alto (HDV _i)			23,86							
Número máximo de valores deducidos (mi)			7,99							
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	23,86	11,9	7,36	6,77	5,11	0	55	5	26,00	
2	23,86	11,9	7,36	6,77	2	0	51,89	4	27,32	
3	23,86	11,9	7,36	2	2	0	47,12	3	28,98	
4	23,86	11,9	2	2	2	0	41,76	2	31,23	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				PCI =		100- (MAX VDC)				
				PCI =		68,14				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				BUENO						

Figura 81 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 6

OBSERVACIONES		TIPO DE FALLAS										FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES		
		1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2							
		2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2							
		3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und							
		4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2							
		5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2							
		6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2							
		7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2							
		8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2							
		9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2							
		10.- Grietas long y transv	GLT	m										
TIPO DE FALLAS EXISTENTES														
1			2			3								
L	M	H	L	M	H	L	M	H						
8,60						2,50								
TOTAL POR FALLA			8,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00			
10			11			12								
L	M	H	L	M	H	L	M	H						
8,90	1,20		12,90	3,30										
TOTAL POR FALLA			8,90	1,20	0,00	12,90	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00			
13			14			15								
L	M	H	L	M	H	L	M	H						
2,90														
TOTAL POR FALLA			2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
CÁLCULO DEL PCI														
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO								
1	L		8,60	3,47%		22,06								
3	L		2,50	1,01%		0								
10	L		8,90	3,59%		2,77								
10	M		1,20	0,48%		0								
11	L		12,90	5,21%		10,28								
11	M		3,30	1,33%		11,49								
13	L		2,90	1,17%		20,65								
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		67,25								
CÁLCULO DEL PCI														
Número de deducidos > 2 (q)		5												
Valor deducido mas alto (HDVi)		22,06												
Número máximo de valores deducidos (mi)		8,16												
$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.														
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC						
1	22,06	20,65	11,49	10,28	2,77	0	0	67,25	5	33,35				
2	22,06	20,65	11,49	10,28	2	0	0	66,48	4	36,89				
3	22,06	20,65	11,49	2	2	0	0	58,2	3	36,74				
4	22,06	20,65	2	2	2	0	0	48,71	2	36,10				
5	22,06	2	2	2	2	0	0	30,06	1	30,06				
INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100 - (MAX VDC)							
						PCI =	63,11							
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						BUENO								

Figura 82 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 7




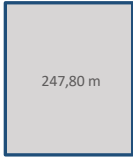
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023" EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
NOMBRE DE LA VÍA : AV. PERU KM 1+120 AL KM 1+152 UNIDAD MUESTREADA : M - 08 ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		DISTRITO : ANDAHUAYLAS PROGRESIVA : KM 1+239,00 AL KM 1+274,40 EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA		FECHA : 30 de mayo del 2023						
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2				
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
7,60						9,80	4,00			
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,80	4,00	0,00		
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
12,30	5,80		18,90	3,20						
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
12,30	5,80	0,00	18,90	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00		
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		7,60	3,07%		20,9				
1	M		0,00	0,00%		0				
3	M		4,00	1,61%		4,2				
3	H		0,00	0,00%		0				
10	H		0,00	0,00%		0				
11	M		3,20	1,29%		11,32				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN						VDT=		64,18		
CÁLCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		7								
Valor deducido mas alto (HDVi)		20,9								
Número máximo de valores deducidos (mi)		8,26								
$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.										
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	20,9	14,08	11,32	5,38	4,26	4,2	4,04	64,18	7	28,51
2	20,9	14,08	11,32	5,38	4,26	4,2	4,2	62,14	6	27,28
3	20,9	14,08	11,32	5,38	4,26	2	2	59,94	5	28,96
4	20,9	14,08	11,32	5,38	2	2	2	57,68	4	31,38
5	20,9	14,08	11,32	2	2	2	2	54,3	3	34,01
6	20,9	14,08	2	2	2	2	2	44,98	2	33,49
MAX VDC =									34,01	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100 - (MAX VDC)			
						PCI =	65,99			
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						BUENO				

Figura 83 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 8


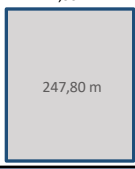
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023" EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
NOMBRE DE LA VÍA : AV. PERU KM 1+416 AL KM 1+451.40		DISTRITO : ANDAHUAYLAS		FECHA : 30 de mayo del 2023						
UNIDAD MUESTREADA : M - 09		PROGRESIVA : KM 1+416,00 AL		KM 1+451,40						
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimiento	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2				
	8.- Reflexión de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
12,80						15,40				
TOTAL POR FALLA	12,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40	0,00	0,00	
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
18,90	4,45			14,30						
TOTAL POR FALLA	18,90	4,45	0,00	0,00	14,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
13			14			15				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
12,90										
TOTAL POR FALLA	12,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		12,80	5,17%		26,11				
3	L		15,40	6,21%		5,83				
10	L		18,90	7,63%		6,18				
11	M		14,30	5,77%		24,09				
13	L		12,90	5,21%		38,39				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		104,76				
CÁLCULO DEL PCI			$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i . HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .							
Número de deducidos > 2 (q)			6							
Valor deducido mas alto (HDV _i)			38,39							
Número máximo de valores deducidos (mi)			6,66							
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	38,39	26,11	24,09	6,18	5,83	4,16	0	104,76	6	51,38
2	38,39	26,11	24,09	6,18	5,83	2	0	102,6	5	53,30
3	38,39	26,11	24,09	6,18	2	2	0	98,77	4	56,26
4	38,39	26,11	24,09	2	2	2	0	94,59	3	59,75
5	38,39	26,11	2	2	2	2	0	72,5	2	52,75
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				PCI =		100 - (MAX VDC)				
				PCI =		40,25				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				REGULAR						

Figura 84 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 9




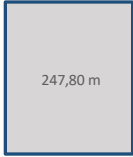
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023" EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									
NOMBRE DE LA VÍA : AV. PERU KM 1+440 AL KM 1+472			DISTRITO : ANDAHUAYLAS			FECHA : 30 de mayo del 2023					
UNIDAD MUESTREADA : M - 10			PROGRESIVA : KM 1+593,00			AL : KM 1+628,40					
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8			EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS											
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 				
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2					
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und					
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2					
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2					
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2					
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2					
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2					
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2					
	10.- Grietas long y transv	GLT	m								
TIPO DE FALLAS EXISTENTES											
1			2			3					
L	M	H	L	M	H	L	M	H			
12,50								5,60			
TOTAL POR FALLA			12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60	0,00
10			11			12					
L	M	H	L	M	H	L	M	H			
11,30			12,30								
TOTAL POR FALLA			11,30	0,00	0,00	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13			14			15					
L	M	H	L	M	H	L	M	H			
	15,30										
TOTAL POR FALLA			0,00	15,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19											
L	M	H									
12,90											
TOTAL POR FALLA			12,90	0,00	0,00						
CÁLCULO DEL PCI											
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO					
1	L		12,50	5,04%		25,87					
3	M		5,60	2,26%		6,42					
10	L		11,30	4,56%		3,86					
11	L		12,30	4,96%		9,82					
13	M		15,30	6,17%		72,68					
19	M		0,00	0,00%		0					
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		122,03					
CÁLCULO DEL PCI			$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.								
Número de deducidos > 2 (q)			6								
Valor deducido mas alto (HDVi)			72,68								
Número máximo de valores deducidos (mi)			3,51								
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC			
1	72,68	25,87	9,82	6,42	3,86	3,38	0	122,03	6	59,81	
2	72,68	25,87	9,82	6,42	3,86	2	0	120,65	5	62,33	
3	72,68	25,87	9,82	6,42	2	2	0	118,79	4	67,27	
4	72,68	25,87	9,82	2	2	2	0	114,37	3	70,19	
5	72,68	25,87	2	2	2	2	0	106,55	2	74,28	
6	72,68	2	2	2	2	2	0	82,68	1	82,68	
									MAX VDC =	82,68	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						PCI =	100- (MAX VDC)				
						PCI =	17,32				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :						MUY MALO					

Figura 85 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 10




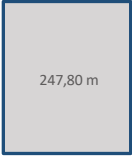
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023" EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
NOMBRE DE LA VÍA : AV. PERU KM 1+593 AL KM 1+628		DISTRITO : ANDAHUAYLAS		FECHA : 30 de mayo del 2023						
UNIDAD MUESTREADA : M - 11		PROGRESIVA : KM 1+593,00 AL		KM 1+628,40						
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de via ferrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabolica	GP	m2				
	8.- Reflexion de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
10,50						12,90				
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
10,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,90	0,00	0,00		
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
11,20	10,20		8,90							
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
11,20	10,20	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		10,50	4,24%		24,13				
3	L		12,90	5,21%		5,15				
10	L		11,20	4,52%		3,82				
10	M		10,20	4,12%		9,48				
11	L		8,90	3,59%		7,43				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		50,01				
CÁLCULO DEL PCI				$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.						
Número de deducidos > 2 (q)				5						
Valor deducido mas alto (HDVi)				24,13						
Número máximo de valores deducidos (mi)				7,97						
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	24,13	9,48	7,43	5,15	3,82	0	0	50,01	5	23,01
2	24,13	9,48	7,43	5,15	2	0	0	48,19	4	24,73
3	24,13	9,48	7,43	2	2	0	0	45,04	3	27,53
4	24,13	9,48	2	2	2	0	0	39,61	2	29,69
5	24,13	2	2	2	2	0	0	32,13	1	32,13
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				PCI =		100- (MAX VDC)				
				PCI =		67,87				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				BUENO						

Figura 86 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 11

OBSERVACIONES		TIPO DE FALLAS						FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES		
1.- Piel de cocodrilo		PC	m2	11.- Parcheo		PA	m2			
2.- Exudación		EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.		PU	m2			
3.- Agrietamiento en bloque		BLO	m2	13.- Huecos		HUE	und			
4.- Abultamiento y hundimiento		ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea		CVF	m2			
5.- Corrugación		COR	m2	15.- Ahuellamiento		AHU	m2			
6.- Depresión		DEP	m2	16.- Desplazamiento		DES	m2			
7.- Grieta de borde		GB	m	17.- Grieta parabólica		GP	m2			
8.- Reflexión de juntas		GR	m	18.- Hinchamiento		HN	m2			
9.- Desnivel carril/berma		DN	m	19.- Desprendimientos de agregados		DAG	m2			
10.- Grietas long y transv		GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
	9,80					9,80				
TOTAL POR FALLA	0,00	9,80	0,00	0,00	0,00	0,00	9,80	0,00	0,00	
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
23,00				14,50						
TOTAL POR FALLA	23,00	0,00	0,00	0,00	14,50	0,00	0,00	0,00	0,00	
13			14			15				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
	18,70									
TOTAL POR FALLA	0,00	18,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16			17			18				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
							11,50			
TOTAL POR FALLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,50	0,00		
19										
L	M	H								
	15,20									
TOTAL POR FALLA	0,00	15,20	0,00							
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	M		9,80	3,95%		35,45				
3	L		9,80	3,95%		4,04				
10	L		23,00	9,28%		7,28				
11	L		0,00	0,00%		0				
11	M		14,50	5,85%		24,27				
13	M		18,70	7,55%		77,48				
18	M		11,50	4,64%		25,87				
19	M		15,20	6,13%		14,66				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		189,05				
CÁLCULO DEL PCI			$m_i = 1,00 - \frac{q}{9H} [100 - HDV_i]$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m _i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i. HDV _i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.							
Número de deducidos > 2 (q)			7							
Valor deducido más alto (HDV _i)			77,48							
Número máximo de valores deducidos (mi)			3,07							
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	77,48	35,45	25,87	24,27	14,66	7,28	4,04	189,05	7	81,72
2	77,48	35,45	25,87	24,27	14,66	7,28	2	187,01	6	86,80
3	77,48	35,45	25,87	24,27	14,66	2	2	181,73	5	88,52
4	77,48	35,45	25,87	24,27	2	2	2	169,07	4	89,63
5	77,48	35,45	25,87	2	2	2	2	146,8	3	86,72
6	77,48	35,45	2	2	2	2	2	122,93	2	82,47
7	77,48	2	2	2	2	2	2	89,48	1	89,48
INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :			PCI =		100 - (MAX VDC)					
			PCI =		10,37					
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :			MUY MALO							

Figura 87 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 12




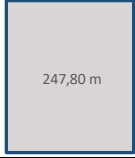
		UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "INCIDENCIA DE LOS FACTORES EN EL DETERIORO DE LA CARPETA DE RODADURA DE LA VÍA, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURÍMAC, 2023" EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
NOMBRE DE LA VÍA : AV. PERU KM 2+124 AL KM 2+159.40		DISTRITO : ANDAHUAYLAS		FECHA : 30 de mayo del 2023						
UNIDAD MUESTREADA : M - 13		PROGRESIVA : KM 2+124,00 AL		KM 2+159,40						
ÁREA DE LA MUESTRA (m2) : 247,8		EVALUADOR : ROGER ALEX OSCCO MEJIA								
TIPO DE FALLAS										
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parqueo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7,00 m 			
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimiento de agreg.	PU	m2				
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und				
	4.- Abultamiento y hundimie	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2				
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2				
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2				
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2				
	8.- Reflexión de juntas	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2				
	9.- Desnivel carril/berma	DN	m	19.- Desprendimientos de agregados	DAG	m2				
	10.- Grietas long y transv	GLT	m							
TIPO DE FALLAS EXISTENTES										
1			2			3				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
11,20						9,60				
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,60	0,00	0,00		
10			11			12				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
12,30			8,90							
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
12,30	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
13			14			15				
L	M	H	L	M	H	L	M	H		
7,90										
TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA			TOTAL POR FALLA				
7,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO				
1	L		11,20	4,52%		24,74				
3	L		9,60	3,87%		3,94				
10	L		12,30	4,96%		4,26				
11	L		8,90	3,59%		7,43				
13	L		7,90	3,19%		36,96				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN				VDT=		77,33				
CÁLCULO DEL PCI				$m_i = 1,00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas. Donde: m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i . HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .						
Número de deducidos > 2 (q)				5						
Valor deducido mas alto (HDVi)				36,96						
Número máximo de valores deducidos (mi)				6,79						
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	36,96	24,74	7,43	4,26	3,94	0	0	77,33	5	39,40
2	36,96	24,74	7,43	4,26	2	0	0	75,39	4	42,23
3	36,96	24,74	7,43	2	2	0	0	73,13	3	46,38
4	36,96	24,74	2	2	2	0	0	67,7	2	49,39
5	36,96	2	2	2	2	0	0	44,96	1	44,96
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				PCI = $100 - (\text{MAX VDC})$ PCI = 90,61						
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO :				REGULAR						

Figura 88 — Cálculo de PCI por tramos- Tramo 13



ANEXO N° 09

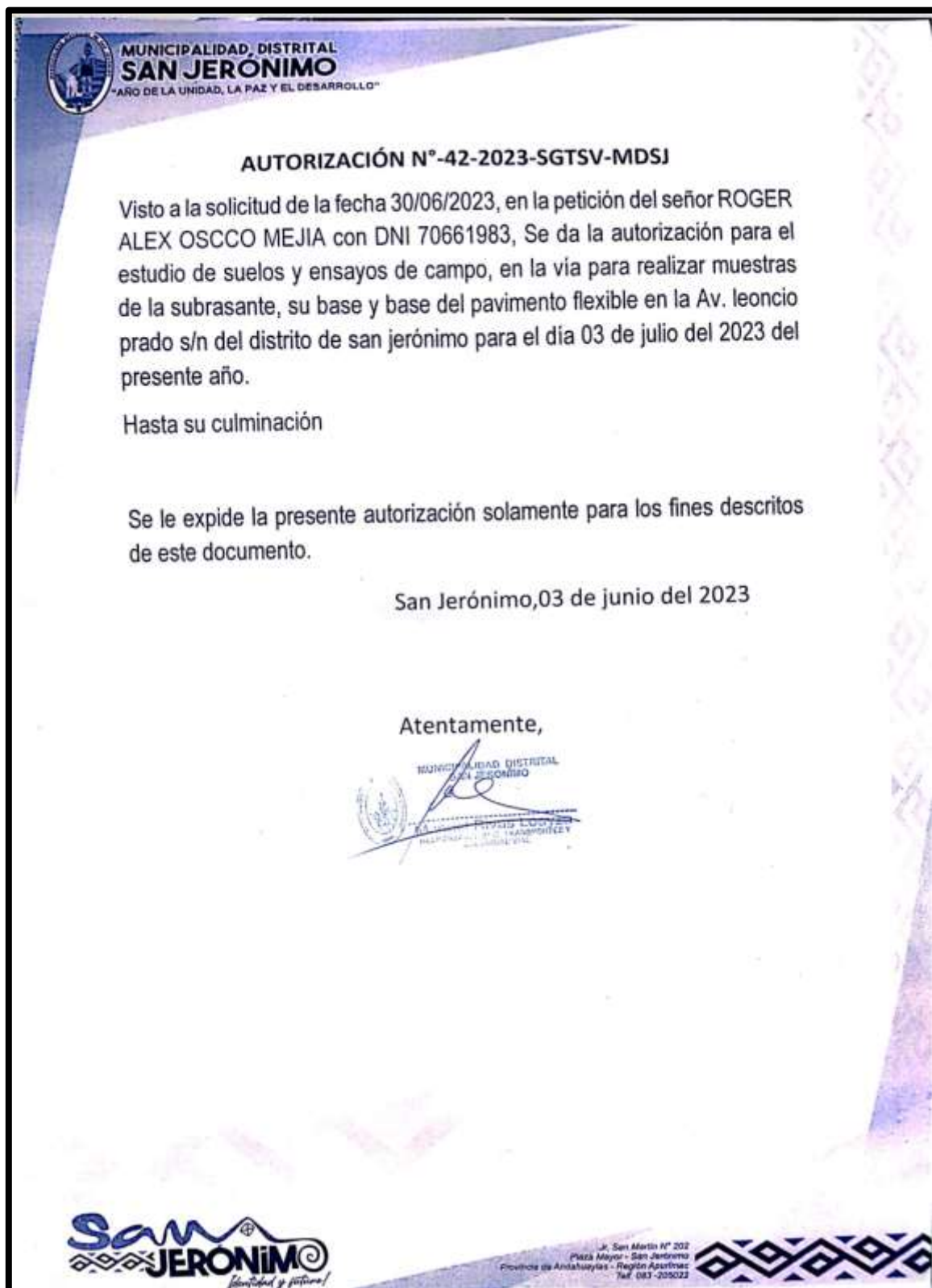


Figura 89 — Autorización Para Realizar Ensayos



ANEXO N° 10

4/7/23, 16:43 Gmail - Solicito Estación / Parámetros / Escala / Periodo precipitaciones de la estaciones meteorológicas

 Royer Alex Oscco Mejia <ra3om9@gmail.com>


Solicito Estación / Parámetros / Escala / Periodo precipitaciones de la estaciones meteorológicas
5 mensajes

Royer Alex Oscco Mejia <ra3om9@gmail.com> 28 de junio de 2023, 18:23
Para: "mhuilca@senamhi.gob.pe" <mhuilca@senamhi.gob.pe>

Estimado Ing. Zenón,
Buenas tardes, de mi especial consideración es grato dirigirme a usted, agradecerle su apoyo de la solicitud mencionada en los documentos adjuntos.

Saludos cordiales
Roger Oscco

5 adjuntos

-  **004-2023 ROGER OSCCO - SENAMHI CUSCO OK.pdf**
211K
-  **SUSTENTO DE PEDIDO.pdf**
140K
-  **ANEXO 02 - DIR. ZONAL - FORMATO DE SOLICITUD PARA ESTUDIANTES Y TESISTAS.pdf**
1286K
-  **ANEXO 03- DECLARACION JURADA.pdf**
1306K
-  **ANEXO 04 - CARTA DE COMPROMISO.pdf**
1376K

Martha Huilca Condor (DZ12) <mhuilca@senamhi.gob.pe> 4 de julio de 2023, 11:07
Para: Royer Alex Oscco Mejia <ra3om9@gmail.com>

Estimado buen dia

Previo un cordial saludo, y al mismo tiempo previa coordinación por vía whatsapp, aclare usted el periodo de requerimiento de datos para la Estación de Andahuaylas que es la única que será posible atenderlo.

Atentamente

Martha H.
DZ12
SENAMHI
[El texto citado está oculto]

Royer Alex Oscco Mejia <ra3om9@gmail.com> 4 de julio de 2023, 11:18
Para: "Martha Huilca Condor (DZ12)" <mhuilca@senamhi.gob.pe>

Estimada Buenos días,
El periodo requerimiento se solicita del año 1969 hasta la fecha (Estación de Andahuaylas), agradeceré su apoyo.

Saludos Cordiales
Roger Oscco
[El texto citado está oculto]

Martha Huilca Condor (DZ12) <mhuilca@senamhi.gob.pe> 4 de julio de 2023, 16:12
Para: Royer Alex Oscco Mejia <ra3om9@gmail.com>

Estimado buenas tardes,

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=d008ecca3b&view=pt&search=all&permthid=thred-a:r-8989442615233848964&siml=msg-a:r8052586819...> 1/2

Figura 90 — Correo de Solicitud de Datos del SENHAMI



Figura 91 — Correo de Solicitud de Datos del SENHAMI



ANEXO N° 11

Panel Fotográfico



Figura 92 — Grietas Longitudinales (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm). AV. LEONCIO PRADO
KM 0+000 AL KM 0+0035.40



Figura 93— Grietas longitudinal y transversal/ AV. LEONCIO PRADO KM 0+177 AL
KM 0+212.40



**Figura 94 — Ahuellamiento de severidad Media / Tramo 04 / AV. LEONCIO PRADO
KM 0+531 AL KM 0+566**



**Figura 95 — Huevo en borde de severidad media / Tramo 06 / AV. LEONCIO PRADO
KM 0+708 AL KM 0+743.40**



Figura 96 — Parcheo de severidad Media en la AV. PERU, KM 1+593 AL KM 1+628



Figura 97 — Hinchamiento de severidad Media / Tramo 12 / AV. PERU KM 1+947 AL KM 1+982.40



Figura 98 — Huevo de Baja severidad / Tramo 12 / AV. PERU KM 1+947 AL KM 1+982.40



Figura 99 — Agrietamiento en bloque de severidad media / Tramo 13 / AV. PERU KM 2+124 AL KM 2+159.40



**Figura 100 — Piel de cocodrilo de severidad media / Tramo 13 / AV. PERU KM 2+124
AL KM 2+159.40**