

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR.
TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE
CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGIÓN JUNIN**

TESIS

PRESENTADO POR: Bachiller

Eduardo DE LA O MUÑOZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

ASESORES: Mg. José Luis León Untiveros

Ing. Melquiades Elmer Hinostraza Bartolo

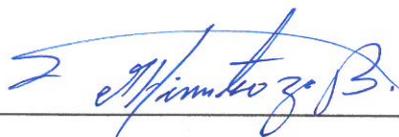
HUANCAYO – PERÚ

MAYO – 2018



Mg. José Luis LEÓN UNTIVEROS

ASESOR METODOLÓGICO



Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO

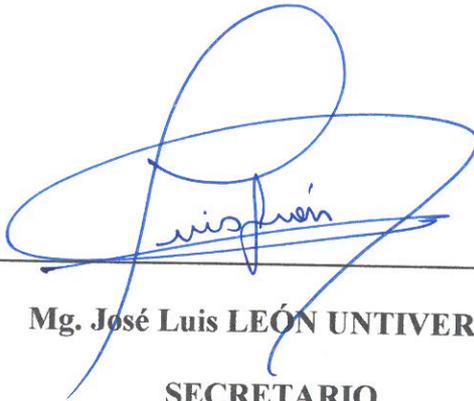
ASESOR TEMÁTICO

MIEMBROS DEL JURADO:



Dr. Telésforo Epifanio LEÓN COLONIA

PRESIDENTE



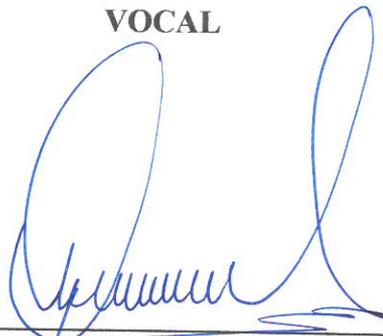
Mg. José Luis LEÓN UNTIVEROS

SECRETARIO



Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO

VOCAL



Ing. Raúl CURASMA RAMOS

VOCAL

RESOLUCIÓN N°0003-2018/FI-UPeCEN

Huancayo, 02 de mayo del 2018

EL DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

VISTO:

El expediente N°0002-GTP/CIV-2018-UPeCEN; del Bachiller **EDUARDO DE LA O MUÑOZ**. Identificado con DNI N° 42435845, Bachiller en Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Del Centro, quien solicita titulación en la modalidad de Sustentación de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Del Centro tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Que la comisión revisora ha emitido su dictamen favorable de la Tesis titulado **"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO DE P.C.I CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNÍN"**.

Que de conformidad al reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Del Centro y estando Expedita para la sustentación.

RESUELVE:

PRIMERO.- AUTORIZAR, la sustentación de la referida Tesis del **Bachiller EDUARDO DE LA O MUÑOZ**, acto que se realizará como sigue:

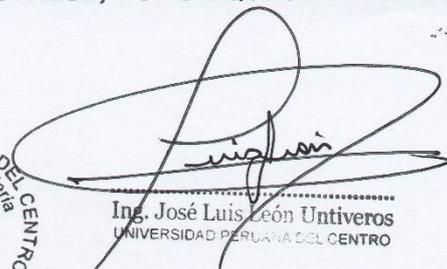
Hora : 04:30 pm
FECHA : 11 de mayo de 2018
LUGAR : Aula 602 de la Universidad Peruana Del Centro

SEGUNDO: NOMBRAR, la Comisión de Jurado de Sustentación

Presidente : Dr. TELESFORO EPIFANIO LEÓN COLONIA
Secretario : Mg. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS
Vocal : Ing. MELQUIADES ELMER HINOSTROZA BARTOLO
Vocal : Ing. RAUL CURASMA RAMOS

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE




Ing. José Luis León Untiveros
UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

JLLU/cg
Cc.: Miembro del jurado
Sustentante

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Huancayo, siendo las 5:00PM horas del día 11 de MAYO de 2018 en el aula 602 de la Universidad Peruana Del Centro, se reunieron los Miembros del Jurado conformado por

Presidente : Dr. TELESFORO EPIFANIO LEÓN COLONIA
Secretario : Mg. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS
Vocal : Ing. MELQUIADES ELMER HINOSTROZA BARTOLO
Vocal : Ing. RAUL CURASMA RAMOS

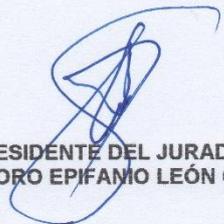
Con la lectura de la RESOLUCIÓN N° 0003-2018/FI-UPeCEN, de fecha 02 de mayo de 2018, leída por el Secretario Docente, se procede a la sustentación de la tesis titulada, "EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO DE P.C.I CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN". Realizada por el Bachiller **EDUARDO DE LA O MUÑOZ**, con la finalidad de optar el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**.

Posteriormente se realizó la exposición de su Tesis.

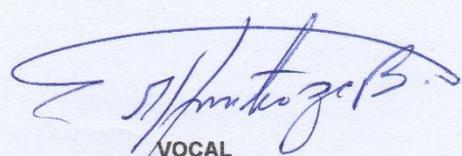
Concluida la Sustentación se llegó al siguiente resultado

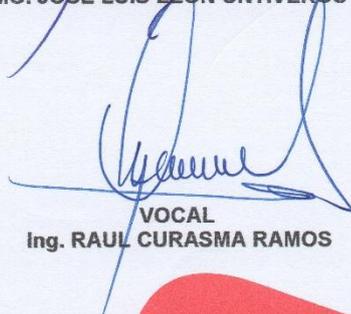
APROBADO POR MAYORÍA

Siendo las 6:45PM terminó el Acto de Sustentación, haciendo conocer el resultado de inmediato y firman los Señores Miembros del Jurado.


PRESIDENTE DEL JURADO
DR. TELESFORO EPIFANIO LEÓN COLONIA


SECRETARIO
MG. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS


VOCAL
Ing. MELQUIADES ELMER HINOSTROZA BARTOLO


VOCAL
Ing. RAUL CURASMA RAMOS



UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
(EX UMBRA IN SOLEM)

**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DEL
CÓDIGO DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN**

El que suscribe, **Dr. Telésforo Epifanio León Colonia**, Presidente del Comité Institucional de Ética para la Investigación de la Universidad Peruana Del Centro.

CERTIFICA:

Que, don **Eduardo De La O Muñoz**, identificado con DNI N° 42435845, con código de matrícula N° 2010000135, egresado de la escuela profesional de Ingeniería Civil de esta casa superior de estudios; ha desarrollado el Trabajo de Investigación **“EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNÍN”** para optar el título profesional de Ingeniería Civil.

Durante el desarrollo del presente Trabajo de Investigación, el mencionado alumno, ha cumplido con el Código de Ética para la Investigación de nuestra universidad, en todos sus extremos.

Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Atentamente,



Dr. Telésforo E. León Colonia
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE ÉTICA

DEDICATORIA

A Dios, como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea, por habernos dado la inteligencia, paciencia y ser guía de nuestra vida.

A mis padres, quienes me apoyaron para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

También se la dedico a mis hijos, quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por estar siempre a nuestro lado, por darnos la sabiduría y el entendimiento necesario en los estudios, por ser nuestro mejor amigo y ayudarnos en los momentos más difíciles, gracias Dios, eres lo más importante en nuestras vidas

A mi familia le doy las gracias por el apoyo, amor y comprensión que siempre me han brindado.

A mis asesores Mg. José Luis León Untiveros e Ing. Melquiades Elmer Hinostroza Bartolo, gracias por los consejos y sabias enseñanzas.

A los integrantes de la Coordinación de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana del Centro, gracias por su ayuda, en especial al Msc. Hugo F. Cañari Marticorena por su valiosa colaboración.

Y en general a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de este proyecto, para ellas hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 Problema General.....	4
1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	6
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5.1 Objetivo General.....	7
1.5.2 Objetivos Específicos.....	7
1.6 HIPÓTESIS	8
1.6.1 Hipótesis General.....	8
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	8
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	10
2.1 MARCO EPISTEMIOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	11
2.2.1 A Nivel Internacional	11
2.2.2 A Nivel Nacional.....	14

2.3	BASES TEÓRICAS	16
2.3.1	Pavimento	16
2.3.2	Efectos del Agua sobre el Pavimento Flexible	22
2.3.3	Fallas en Pavimentos Flexibles	24
2.3.4	Evaluación de Pavimentos.....	27
2.3.5	Métodos de Evaluación de Pavimentos	28
2.3.6	Cuadro Comparativo de Métodos de Evaluación de Pavimentos	39
2.3.7	Índice de Condición de Pavimentos	43
2.3.8	Normas que rigen la Investigación	49
2.4	MARCO CONCEPTUAL	53
2.4.1	Definiciones Conceptuales	53
	CAPÍTULO III : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	56
3.1.2.	Diseño de la Investigación	57
3.2	POBLACIÓN DE ESTUDIO	59
3.3	TAMAÑO DE MUESTRA	60
3.4	INSTRUMENTOS QUE SE UTILIZARON:	60
3.5	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	61
3.5.1	Observación Directa	62
3.5.2	Entrevista No Estructurada	62
3.5.3	Recopilación Documental a Través de la Web.....	63
	CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64

4.1 ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
4.1.1 Análisis de Resultados	64
4.1.2 Interpretación y Discusión de Resultados	82
4.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS	95
4.2.1 Hipótesis General.....	95
4.2.1 Hipótesis Específicas	95
4.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	97
4.3.1 Unidad de Muestra N° 01.....	97
4.3.2 Unidad de Muestra N° 02.....	99
4.3.3 Unidad de Muestra N° 03.....	100
4.3.4 Unidad de Muestra N° 04.....	101
4.3.5 Unidad de Muestra N° 05.....	102
4.3.6 Unidad de Muestra N° 06.....	103
4.3.7 Unidad de Muestra N° 07.....	104
4.3.8 Unidad de Muestra N° 08.....	105
4.3.9 Unidad de Muestra N° 09.....	106
4.3.10 Unidad de Muestra N° 10.....	107
4.3.11 Unidad de Muestra N° 11.....	108
4.3.12 Unidad de Muestra N° 12.....	109
4.3.13 Unidad de Muestra N° 13.....	110
4.3.14 Unidad de Muestra N° 14.....	111
4.3.15 Unidad de Muestra N° 15.....	112
4.3.16 Unidad de Muestra N° 16.....	113
4.3.17 Unidad de Muestra N° 17.....	114

4.3.18 Unidad de Muestra N° 18.....	115
4.3.19 Unidad de Muestra N° 19.....	116
4.3.20 Unidad de Muestra N° 20.....	117
4.3.21 Unidad de Muestra N° 21.....	118
4.3.22 Unidad de Muestra N° 22.....	119
4.3.23 Unidad de Muestra N° 23.....	120
4.3.24 Unidad de Muestra N° 24.....	121
4.3.25 Unidad de Muestra N° 25.....	122
4.3.26 Unidad de Muestra N° 26.....	123
4.3.27 Resultado PCI de Seccion de Pavimento	124
CAPÍTULO V : PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL	125
5.1 ESTUDIO DE SUELOS	125
5.1.1 Perfil Estratigráfico	126
5.1.2 Límite Líquido (ASTM D-423) y Límite Plástico (ASTM D-424)	126
5.1.3 Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557).....	127
5.1.4 Determinación de CBR	127
5.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO	128
5.3 SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTO	128
5.3.1 Iniciando Simulación:	128

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Drenaje para Capas Granulares	24
Cuadro N° 2: Clasificación de la condición de un pavimento	30
Cuadro N° 3: Degradación del Tipo A	32
Cuadro N° 4: Degradación del tipo B	32
Cuadro N° 5: Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A	33
Cuadro N° 6: Niveles de gravedad de los deterioros del tipo B	33
Cuadro N° 7: Calificación del pavimento método DNIT	36
Cuadro N° 8: Calificación de la condición del pavimento PCI	37
Cuadro N° 9: Algoritmo para elegir la Estrategia de Acción.	38
Cuadro N° 10: Relación del índice de estado con la categoría de acción.....	38
Cuadro N° 11: Comparación de Métodos de Evaluación de Pavimentos.....	42
Cuadro N° 12: Rangos de Clasificación del PCI	44
Cuadro N° 13: Diseño de la Investigación evaluación del PCI	58
Cuadro N° 14: Características de la Vía en estudio	67
Cuadro N° 15: Longitud de Unidades de Muestra en Pavimentos Asfálticos	72
Cuadro N° 16: Cálculo de cantidad de Unidades de Muestreo.....	73
Cuadro N° 17: Detalle de Planilla de datos .CSV	78
Cuadro N° 18: Cálculo de PCI Global - Software UnalPCIA 2.0	81
Cuadro N° 19: Cantidad de Unidades de Muestra – Cálculo Algebraico.....	82
Cuadro N° 20: Cantidad de Unidades de Muestra – Cálculo Software UnalPCI 2.0 ...	84
Cuadro N° 21: Unidades de Muestra por Sección	85
Cuadro N° 22: Resumen de fallas por grado de severidad	87
Cuadro N° 23: Fallas según su tipo en porcentaje	89
Cuadro N° 24: Verificación y Validación de Resultados	94

Cuadro N° 25: Presentación de Resultados	95
Cuadro N° 26: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 01	98
Cuadro N° 27: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 02.....	99
Cuadro N° 28: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 03.....	100
Cuadro N° 29: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 04.....	101
Cuadro N° 30: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 05.....	102
Cuadro N° 31: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 06.....	103
Cuadro N° 32: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 07.....	104
Cuadro N° 33: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 08.....	105
Cuadro N° 34: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 09.....	106
Cuadro N° 35: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 10.....	107
Cuadro N° 36: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 11.....	108
Cuadro N° 37: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 12.....	109
Cuadro N° 38: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 13.....	110
Cuadro N° 39: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 14.....	111
Cuadro N° 40: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 15.....	112
Cuadro N° 41: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 16.....	113
Cuadro N° 42: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 17.....	114
Cuadro N° 43: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 18.....	115
Cuadro N° 44: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 19.....	116
Cuadro N° 45: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 20.....	117
Cuadro N° 46: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 21.....	118
Cuadro N° 47: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 22.....	119
Cuadro N° 48: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 23.....	120
Cuadro N° 49: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 24.....	121

Cuadro N° 50: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 25.....	122
Cuadro N° 51: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 26.....	123
Cuadro N° 52: Cálculo de PCI de una Sección de Pavimento - Método Algebraico ..	124
Cuadro N° 53: Clasificación de Suelo de calicatas.....	126
Cuadro N° 54: Clasificación según Límite Líquido y Límite Plástico	127
Cuadro N° 55: Clasificación según Proctor Modificado	127
Cuadro N° 56: Clasificación según CBR.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos	17
Figura N° 2: Sección Típica de Pavimentos	19
Figura N° 3 : Sección Típica de Pavimento Rígido	19
Figura N° 4. Tipos de Superficies de Rodadura en Pavimentos Flexibles	20
Figura N° 5: Comportamiento del Pavimento frente a cargas de Transito	22
Figura N° 6: Categorías de Daños en Pavimentos Flexibles	25
Figura N° 7. Esfuerzo y tiempo de cargas repetidas.....	26
Figura N° 8: : Tipos de Sección de Vía	35
Figura N° 9: Sección típica de vía en estudio	66
Figura N° 10: Ábacos de PCI - Asphalt 01 (Piel de Cocodrilo).....	76
Figura N° 11: Software UnalPCIA 2.0 - Pantalla Inicial.....	79
Figura N° 12: Vista de archivo data CSV para cálculo de PCI	79
Figura N° 13: Presentación de Resultados Calculados con UnalPCIA 2.0	80
Figura N° 14: Resultados según Rango de Clasificación	83
Figura N° 15: Resultados según Software UnalPCIA 2.0	84
Figura N° 16: Rango de Clasificación por Secciones.....	86
Figura N° 17: Resultado según grado de Severidad	88
Figura N° 18: Falla con mayor incidencia según severidad de daños	88
Figura N° 19: Fallas según su tipo.....	89
Figura N° 20: Fallas más comunes en unidades de muestras	90
Figura N° 21: Número de Fallas en cada Unidad de Muestra	91
Figura N° 22: Severidad Media en Fallas más comunes	92
Figura N° 23: Porcentaje de Fallas	93
Figura N° 24: Fallas más relevantes en el estudio de la vía	93

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Verificación de drenaje en Área de Estudio	23
Fotografía N° 2: Inspección de Unidad de Muestreo	46
Fotografía N° 3: Observación Directa de Patologías del Pavimento	62
Fotografía N° 4: Observacion de drenaje fluvial	68
Fotografía N° 5: Análisis de Tipo de Falla por Unidad de Muestra	69
Fotografía N° 6: Inspección de detalles de daño Hueco	70
Fotografía N° 7: Identificación de tipo de falla	75

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 : Matriz de Consistencia.....	146
Anexo 02: Formato de Registro de Daños	148
Anexo 03: Curvas Para Pavimentos Asfalticos	149
Anexo 04: Ensayo de CBR	153
Anexo 05: Ensayo de Proctor Modificado.....	156
Anexo 06: Cálculo Estructural de Pavimentos	159
Anexo 07: Panel Fotográfico	169
Anexo 08: Planos	173

RESUMEN

El presente proyecto de tesis, evaluó el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín, mediante el cálculo de Índice de Condición de Pavimentos Flexibles (Método PCI)

La metodología que se empleó consto en acopiar información de campo basado en rangos de clasificación y grado de severidad de daños en pavimentos flexibles, los cuales son datos importantes para el cálculo de Índice de Condición de Pavimentos (P.C.I.) que serán plasmados en hojas de cálculo asistido por medio de un computador bajo ambiente Windows para realizar un cálculo rápido del Índice de Condición de Pavimentos Flexibles.

Como resultado se determina el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; mediante el uso de hojas de cálculo programados y validados para el propósito planeado.

Palabras Clave: Método PCI, Pavimentos, Estado Situacional, Severidad, Clasificación, Daños.

ABSTRACT

The present thesis project, I evaluate the situational state of Leoncio Prado Avenue, Jr. Túpac Amaru Section (Km 2 + 200.00) - Los Incas Avenue (Km 2 + 670.00) of the District of Chilca, Province of Huancayo, Junín Region, by calculating the Flexible Pavement Condition Index (PCI Method).

The methodology used consisted in gathering field information based on classification ranges and degree of severity of damage in flexible pavements, which are important data for the calculation of Pavement Condition Index (PCI) that will be included in spreadsheets. assisted by means of a computer under Windows environment to perform a quick calculation of the Condition Index of Flexible Floors.

As a result, the situational state of Av Leoncio Prado, Jr. Túpac Amaru Section (Km 2 + 200.00) - Av. Los Incas (Km 2 + 670.00) of the Chilca District, Huancayo Province, Junín Region; through the use of programmed and validated spreadsheets for the planned purpose.

Key Words: PCI Method, Pavements, Situational Status, Severity, Classification, Damage.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Conservar el patrimonio vial existente en el Distrito de Chilca – Huancayo es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión; por ello la presente investigación, aplica un método de evaluación de pavimentos para evaluar los deterioros superficiales presentes en el pavimento de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; pudiendo de igual manera ser aplicado a la mayoría de las calles de este Distrito lo que permitirá que se pueda implementar y planificar un plan de mantenimiento adecuado para el distrito.

Determinar el grado de servicialidad que tiene un pavimento es un componente importante para el mantenimiento periódico de pavimentos flexibles. Existen muchos métodos que permiten evaluar un pavimento, logrando realizar una proyección futura del estado del pavimento; algunos métodos son más precisos que otros, pero todos coinciden que si cuantifica con precisión la condición actual de

pavimentos, se logrará proyectar a mayor exactitud; Por lo tanto, después de revisar algunas metodologías para evaluación de pavimentos flexibles, se elige aplicar el método que se encuentra estandarizado el cual es el Método P.C.I. (Índice de Condición de Pavimentos).

El Método P.C.I. (Pavement Condition Index), se desarrolló entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos; El cual fue ejecutado por los Ingenieros Mohamed Y., Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de realizar un sistema de administración de mantenimiento de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos aplicando el P.C.I.

El objetivo principal de este método es determinar la condición actual del pavimento aplicando inspecciones visuales de la superficie de los diferentes tipos de pavimentos. El método esta basado en resultados obtenidos de las inspecciones visuales aplicadas al pavimento, en el cual se identifican diferentes tipos de fallas y/o patologías y se registran las cantidades de acuerdo a su severidad de daño, con el cual se puede identificar las causas posibles del deterioro del pavimento.

Luego de la revisión bibliográfica, se observa que existen muchas combinaciones de fallas, grados de severidades y posibles densidades, el método P.C.I. soluciona esta dificultad insertando el “valor deducido”, como un factor de ponderación, el cual es un indicador del grado de afectación a la condición del pavimento para cada combinación de deterioro, grado de severidad y densidad.

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Considerando el desarrollo económico en el Perú, la pérdida del patrimonio vial constituye un riesgo latente, es por ello la necesidad de crear una política de

conservación del patrimonio vial el cual estará sustentado en factores económicos y de seguridad vial. Los elementos estructurales de la vía están a la acción de muchos factores naturales como las variaciones de la temperatura, la lluvia, el sol, además de la acción repetida de las cargas ejercidas por el tráfico; conllevando a que las vías se vayan deteriorando con el transcurso del tiempo.

Las deformaciones de pavimentos interesan desde dos puntos de vista: por un lado, las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla y por otro, porque es sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho. (Del Castillo, 1994)

Se reconoce que los problemas del pavimento flexible ya no son solo el agua y sus efectos más directos de pavimentos de antaño; hoy son otros los elementos nocivos más activos, la acción de las cargas repetidas es la más notable causa de deterioro; como se dijo estas cargas han aumentado mucho, tanto en magnitud como en número de repeticiones, lo que induce la posibilidad de fallas por fatiga y por el efecto de la deformación acumulativa. (Del Castillo, 1994)

Las cargas repetidas y las fallas por fatiga dependen de la aplicación del pulso de la velocidad y nivel de tránsito diario que pasan la Av. Leoncio Prado en el tramo de Jr. Tupac amaru y Av. Los Incas; asimismo el agua como enemigo del pavimento genera grietas en el interior de la sección estructural, formada generalmente por materiales térreos que disminuye su resistencia, creándo un efecto de cascada que lleva a una falla generalizada de la mencionada sección estructural.

La prolongación de la vida útil de las carreteras ha sido una permanente preocupación por parte de las entidades públicas en el ámbito regional y nacional

que surge de la construcción y posterior mantenimiento de los pavimentos flexibles, es por ello, la necesidad de evaluar el estado situacional de las carreteras y pavimentos flexibles; En el presente estudio tomamos como muestra de evaluación el tramo más crítico de la Av. Leoncio Prado, el cual se ubica entre el Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; para saber el grado de servicialidad que ofrece.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema General.

¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; mediante el cálculo del índice de condición de pavimento flexible por el método PCI?

1.2.2 Problemas Específicos

1. ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en rangos de clasificación; mediante el cálculo de índice de condición de pavimento flexible(PCI)?
2. ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en grado de

severidad de daños; mediante el cálculo de índice de condición de pavimento flexible (PCI)?

3. ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en el mayor valor residual; mediante el método de índice de condición de pavimento flexible (PCI)?

1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La ingeniería civil en el ámbito del sistema de infraestructura vial, tiene la importancia de realizar el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos con sistemas tecnológicos que logre la seguridad del proyecto mínimamente dentro de la vida útil calculada y con el propósito que con su mantenimiento se logre un pavimento con uso de todas sus facultades para la factibilidad del servicio vial terrestre.

Debido a la gran importancia de estas infraestructuras para el desarrollo de un Estado, la ingeniería geotécnica vial se encarga de estimar la resistencia entre partículas del manto terrestre de distinta naturaleza, granulometría, humedad, cohesión, y de las propiedades de los suelos en general, con el fin de asegurar la interacción suelo con la estructura. Asimismo, la Ingeniería del Transporte e Infraestructura Vial es una especialidad basada en la aplicación de las ciencias físicas, matemáticas, la técnica y en general el ingenio, en beneficio de la humanidad. Se encarga del diseño de estructuras de transporte vial, de las carreteras y elementos necesarios para un adecuado transporte de personas y materiales. Se

entiende por Ingeniería de Transportes y Vías, el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, prácticas profesionales, principios y valores, necesarios para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes. Su campo de aplicación es en Infraestructuras del transporte: Aeropuertos, Autovías, Carreteras, Vías férreas, Puertos, Puentes, Redes de transporte urbano.

Concluyendo que el presente estudio se fundamenta en la rama de la Ingeniería Civil de La Geotecnia y la Infraestructura Vial y Pavimentos, mediante el cual se sustenta en conocimientos teóricos de la Ingeniería Geotécnica e Ingeniería Vial y Pavimentos, debido a la necesidad de Evaluar el estado situacional de la vía por medio del cálculo de índice de condición de pavimentos flexibles (PCI) que permita evaluar el estado situacional en que se encuentra y así poder planificar el tiempo de su mantenimiento y poder tener una vía en óptimas condiciones, logrando así prolongar la vida del pavimento.

De esta manera, encontramos un método de Índice de Condición de Pavimento Flexible, que no solo ayudará a saber el estado en que se encuentra la vía, sino, también que recomiende las posibles soluciones a realizarle a dicha vía.

1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación tiene el propósito de evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; mediante el cálculo del índice de condición de pavimento flexible por el método PCI porque según el expediente técnico, este pavimento estaba proyectado para una vida útil de 25 años y su mantenimiento cada 04 años .

Sin embargo se pudo observar que en un periodo de 20 años presenta daños severos y no cumple con los años de vida útil, lo que ocasiona una pérdida económica para su mejoramiento, necesitando un presupuesto no programado y retrasando el desarrollo vial de otras vías; también se generan problemas sociales porque con un pavimento dañado se necesita mayor tiempo de desplazamiento y genera molestias al conductor.

Por ello la importancia de realizar la evaluación de esta vía para tomar como lecciones aprendidas y aplicarlas a nuevos proyectos viales del valle del Mantaro; Así, se lograría reducir las patologías prematuras de los pavimentos viales y ayudaría a controlar su estado óptimo con un mantenimiento de bajo grado de severidad, logrando optimizar los recursos económicos de nuestra región y fomentando un desarrollo sostenible y sustentable en el tiempo.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.5.1 Objetivo General.

Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI.

1.5.2 Objetivos Específicos.

1. Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en rangos de

clasificación; mediante el cálculo del índice de condición de pavimentos flexibles (PCI).

2. Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en grado de severidad de daños; mediante el cálculo del índice de condición de pavimentos flexibles (PCI).
3. Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en el mayor valor residual; mediante cálculo del índice de condición de pavimento flexibles (PCI).

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis General.

Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el Método PCI.

1.6.2 Hipótesis Específicas

1. Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en rangos de clasificación.

2. Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en grado de severidad de daños.
3. Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en el mayor valor residual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO EPISTEMIOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

La ingeniería civil es una ciencia que se encarga de emplear conocimientos de cálculos, basados en la matemática teórica y práctica para realizar diseños, construcciones y mantenimiento de las infraestructuras; la ingeniería a través de los años tiene un continuo crecimiento y evolución de métodos, materiales y procesos de gestión de un proyecto.

La evolución de la ingeniería civil en el campo de la infraestructura vial y geotecnia no solo tiene el propósito de proveer un diseño de pavimento en un suelo estable, sino, también tiene la capacidad de gestionar nuevos métodos de cálculo utilizando softwares para calcular la vida útil y con una simulación exacta con datos reales de la zona del pavimento ; estos propósitos determinan las características físicas, mecánicas y ambientales mediante la capa asfáltica para determinar la resistencia y durabilidad; controlando la cohesión, humedad y las propiedades de los suelos en general .

Este conocimiento se sostiene en las áreas de Diseño Geométrico de Vías, Diseño de Pavimentos Flexibles, Diseño de Pavimentos Rígidos, Diseño Racional de Pavimentos e Ingeniería de Materiales

Todo lo anterior, lleva a la necesidad de profundizar en el conocimiento de los mecanismos de deformación de los materiales utilizados en las vías, con la finalidad de entenderlos y establecer entonces métodos de diseño que incorporen tal conocimiento a diseños más apegados al comportamiento real de las estructuras de pavimento; logrando un desarrollo global dentro de nuestro ámbito con estudio ingenieril óptimo

2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

2.2.1 A Nivel Internacional

- Rodríguez (2004), en su tesis titulado “Diseño de un sistema automatizado para el cálculo de índice de condición del pavimento (PCI) en pavimentos flexible” Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta – República Bolivariana de Venezuela; indica que el programa o sistema de automatización del índice de condición de pavimentos esta basado en un programa asistido por medio de un ordenador bajo ambiente Windows, mediante una programación realizada en Visual Basic 6.0; el cual estará en la capacidad de realizar un estudio de condición de pavimentos flexibles, logrando así, mejorar el tiempo de cálculo y disminuir el porcentaje de error humano. Concluye que se pudo obtener el sistema de ecuaciones que permitió automatizar el cálculo de valor de deducción y el valor de deducción

corregido, con los resultados obtenidos se logró obtener un área de bacheo sugerida.

- Orozco (2004), en su Publicación Técnica N° 245 titulada “Sistema de Evaluación de Pavimentos V.2.0”. Secretaria de Comunicaciones y Transporte del Instituto Mexicano de Transporte; concluye que a nivel mundial los recursos que se asignan a la conservación de carreteras siempre son escasos e insuficientes; en virtud de ello la tendencia mundial obligó al desarrollo de administración o Gestión de pavimentos con el objetivo de optimizar y eficientar las acciones de conservación, como la priorización de recursos económicos disponibles: un sistema que evalúe las condiciones del pavimento y un sistema que administre su conservación estrictamente en ese orden.
- Castillo (2008), en su tesis titulada “Formulación de una metodología general para la elección de programas de conservación de pavimentos viales y su aplicación a la región de Magallanes” del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile; concluye que las políticas de conservación pueden estar basadas en una intervención programada o a una intervención por condición de respuesta (aparición de fallas). La elección de una u otra dependerá principalmente de la información histórica que se posea de un pavimento. Si hay información suficiente y confiable como para generar buenos modelos de evolución de deterioros, lo más adecuado es que la política de intervención sea de tipo programada. En el caso de que exista muy poca información, lo más adecuado

es usar una política basada en la aparición de falla, mientras se genera una base de datos que permita generar los modelos adecuados.

- Ceron (2006), en su Especialización en Vías y Transporte titulada “Evaluación y comparación de Metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía : Museo Quimbaya – Crq Armenia Quindío (Pr 0+000 -2+600)”. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia; indica que en el tramo indicado anteriormente obtiene calificaciones promedio en ambos métodos de evaluación (PCI:53.55 Regular y VIZIR:3 Regular); concluye que la metodología PCI cubre mayor tipo de daño que la metodología VIZIR, en este caso el pulimiento de agregados influye en la clasificación PCI y para VIZIR no; y teniendo en cuenta que es uno de los daños que mayor área afecta, se presenta diferencias marcadas cuando se hace la comparación de estas dos metodologías en diferentes tramos de la investigación.

- Cazorla (2010), en su tesis de Maestría titulada “Metodologías para la evaluación de pavimentos flexibles y propuesta de soluciones de rehabilitación de un tramo de carretera a partir de la inspección visual “ del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría CUJAE – La Habana; concluye que logró obtener una metodología válida para el diagnóstico del estado del pavimento flexible de tramos de carreteras en Cuba mediante Inspección Visual, logrando un método de inspección visual que unificando el uso del “Catálogo de Deterioro de Pavimentos Flexibles” y el cálculo del Índice de Estado del Pavimento se obtuviera una evaluación lógica y correcta

del estado del pavimento para cada tramo, al ser revisados los resultados con un método alto comprobado como es ya conocido el PCI.

2.2.2 A Nivel Nacional

- Rabanal (2014), en su tesis titulado “Análisis del Estado de Conservación del Pavimento Flexible de la Vía de Evitamiento Norte, Utilizando el Método del índice de Condición del Pavimento; Indica que el pavimento flexible en evaluación según rango de clasificación tiene un valor P.C.I. de 49, concluyendo que el estado actual de dicho pavimento es Regular; Así mismo indica que las fallas con mayor nivel de severidad son baches, piel de cocodrilo, agrietamientos longitudinales, transversales y agrietamiento en bloque.

- Rodríguez (2009), en su tesis titulado “Cálculo del índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. Indica que el área de estudio consta de 1,200.00 ml. de pavimento flexible, los cuales son divididos en dos tramos de 600 ml. cada uno.

Indica que el tramo 1 se divide en tres secciones mientras que el tramo 2 en una sola sección; siendo un total de 32 unidades de muestras inspeccionadas. Las secciones han sido estudiado detalladamente para determinar las fallas existentes y determinar el estado situacional de la vía. Concluyendo que el 37% de las unidades de muestras presentan un estado de pavimento regular, un 33% un estado de pavimento bueno, un 15% un estado de pavimento bueno, un 9% un estado de pavimento muy malo y un 6% un estado de pavimento muy bueno. (Rodríguez, 2009);

- Camposano y Garcia (2012), en su tesis titulada “Diagnóstico del Estado Situacional de la vía: Av. Argentina, Av. 24 de Junio por Método: Índice de Condición de Pavimentos-2012”, señala que las principales causas de fallas identificadas en la evaluación del pavimento son directamente: la condición climática, las cargas repetidas de tránsito, los materiales de calidad baja y una base de pavimento inestable. Concluyendo con un rango de clasificación P.C.I. de 51, el cual indica que el pavimento flexible se encuentra en un estado regular.

- Amaro (2008), en su informe final N° 02 titulado “Elaboración del estudio para el mejoramiento de la transitabilidad Carretera Ica – Palpa – Nazca, tramos Km. 290+887 – Km. 326+000, Km.336+000 – Km. 342+000 y Km. 345+000 – Km. 388+290”. Provias Nacional. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC); indica que realizó la evaluación superficial mediante el método del PCI, seleccionando y analizando los tramos homogéneos de acuerdo a la magnitud de su deterioro. Definiendo las alternativas de intervención que requiere el pavimento a la fecha de la evaluación, las soluciones se dan mediante métodos convencionales que permiten optimizar la estructura del pavimento para el tiempo de vida proyectado. Las obras a ejecutar serán a nivel de sellado previo tratamiento del pavimento existente.

- Humpiri (2015), en su tesis titulada “Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región Puno”. Escuela de Post Grado en Ingeniería Civil de la Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez – Puno; Concluye que las fallas superficiales identificadas con

mayor presencia son las grietas longitudinales y transversales, seguidas de los ahuellamientos, pulimiento de agregados y desgaste superficial; todo ello producto de las deficiencias en el diseño estructural, ejecución, operación y mantenimiento; los cuales influyen de manera negativa sobre el resultado final del proyecto; Indica que es indispensable realizar una evaluación detallada del pavimento en estudio para determinar el tipo de mantenimiento adecuado a emplear, el cual es un factor importante que nos ayudara a la conservación vial de manera adecuada.

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Pavimento

Puede definirse como capa o conjunto de capas con materiales apropiados, generalmente integrada por la sub-base, base y carpeta de rodadura, construida sobre una terracería debidamente compactada, su función principal es de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme de textura apropiada resistente a las abrasiones y punzonamientos producidos por las cargas ejercidas de personas o vehículos y la compresión de los elementos que se apoyan sobre el. (Olivera, 2000)

a) Tipos de Pavimentos.

Los pavimentos se pueden dividir en flexibles y rígidos. El comportamiento de cada tipo de pavimento al aplicarle cargas es muy diferente, para mayor detalle se puede observar en la siguiente Figura. En un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante. Lo contrario

sucede en un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. (Coronado, 2002).

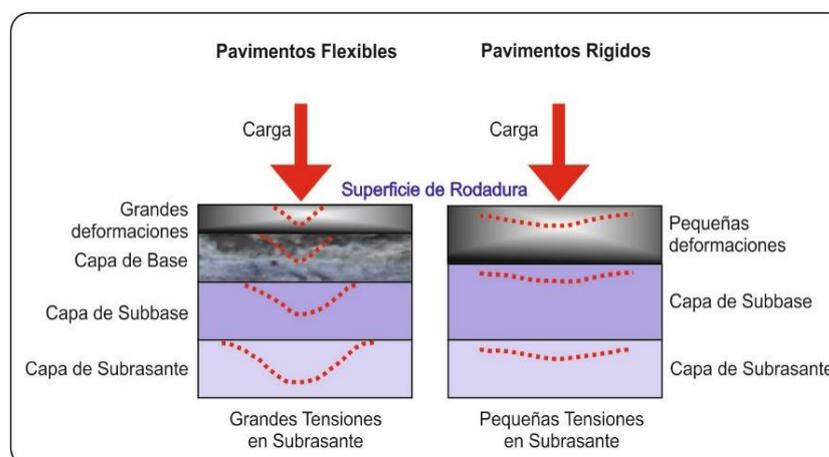


Figura N° 1. Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos

- **Pavimento Flexible**

Son aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre el; permitiendo pequeñas deformaciones en las capas inferiores, este tipo de pavimento es mas económico para su construcción inicial, teniendo la desventaja de necesitar mantenimiento periódico para poder cumplir con su vida útil.

- **Pavimento semi – rígido.**

Este pavimento tiene la misma estructura del pavimento flexible, con la diferencia que una de las capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo el cual puede ser: asfalto,

cemento, emulsión, cal o algún otro material químico; el cual permita aumentar la capacidad portante del suelo.

- **Pavimentos Rígidos:**

Son pavimentos en el cual la capa superior se compone por una losa de concreto hidráulico el cual a veces presenta acero de refuerzo, esta losa se encuentra soportada sobre una capa granular llamada base (o sub base) sobre la sub rasante. El pavimento rígido no permite deformaciones de sus capas inferiores; este tipo de pavimentos tiene un costo elevado y su periodo de vida varia de 20 a 40 años, requiere de mantenimiento mínimo, el cual esta orientado generalmente al tratamiento de las juntas de dilatación de las losas. (Olivera, 2002)

- **Pavimentos Articulado.**

Son pavimentos con capas de rodamiento conformadas por bloques de concretos prefabricados, a los cuales se denominan adoquines, dichos bloques son iguales entre ellos y tienen un espesor uniforme; que son colocados sobre una base delgada de arena, el cual se encuentra sobre la sub rasante dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud frecuencia de las cargas ejercidas por dichos pavimentos, la subrasante debe tener una composición homogénea y libre de material organico. (Minaya, 2006)

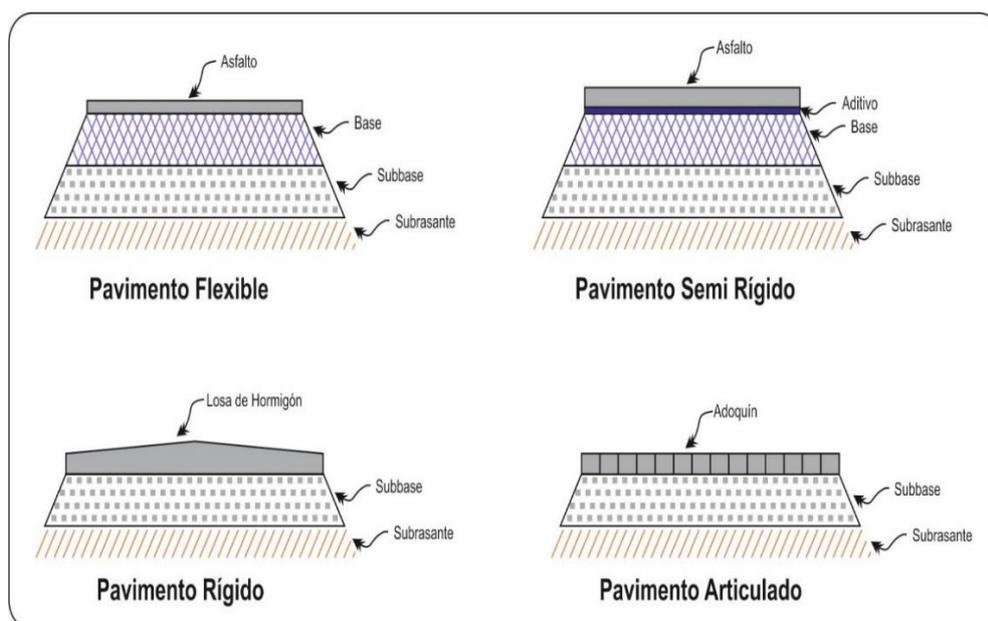


Figura N° 2: Sección Típica de Pavimentos

Fuente: Minaya, Silene (2006) Diseño Moderno de pavimentos Asfálticos

b) Estructura Básica del Pavimento flexible.

El pavimento flexible estructuralmente está conformado por las siguientes capas: Carpeta Asfáltica, Base, Sub Base, Sub Rasante (Ver figura N° 3).

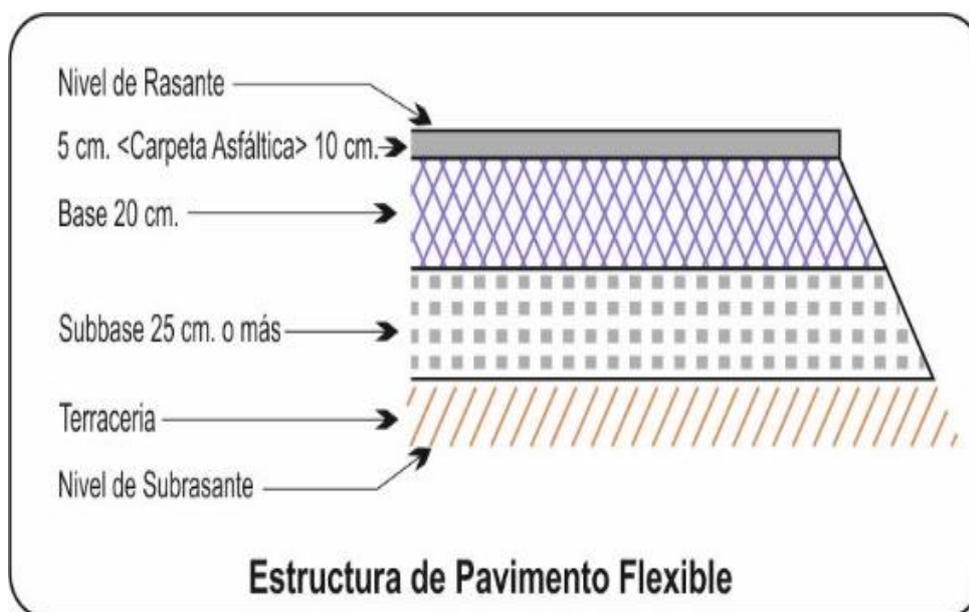


Figura N° 3 : Sección Típica de Pavimento Rígido

Fuente: Minaya, Silene (2006) Diseño Moderno de pavimentos Asfálticos

- 1. Carpeta Asfáltica o Superficie de Rodadura:** Es una capa que se ubica en la parte superior de la estructura del pavimento, proporciona la superficie de rodadura a la vía. Cumple una función importante de impermeabilizar la superficie evitando las filtraciones de agua, soportar las cargas repetidas y distribuir los esfuerzos cortantes,. Esta capa es la más expuesta al intemperismo y efectos abrasivos, por lo cual se recomienda realizar mantenimientos rutinarios para su adecuada conservación.

Las superficies de rodadura de los pavimentos flexibles se dividen según se muestra en la Figura N° 4

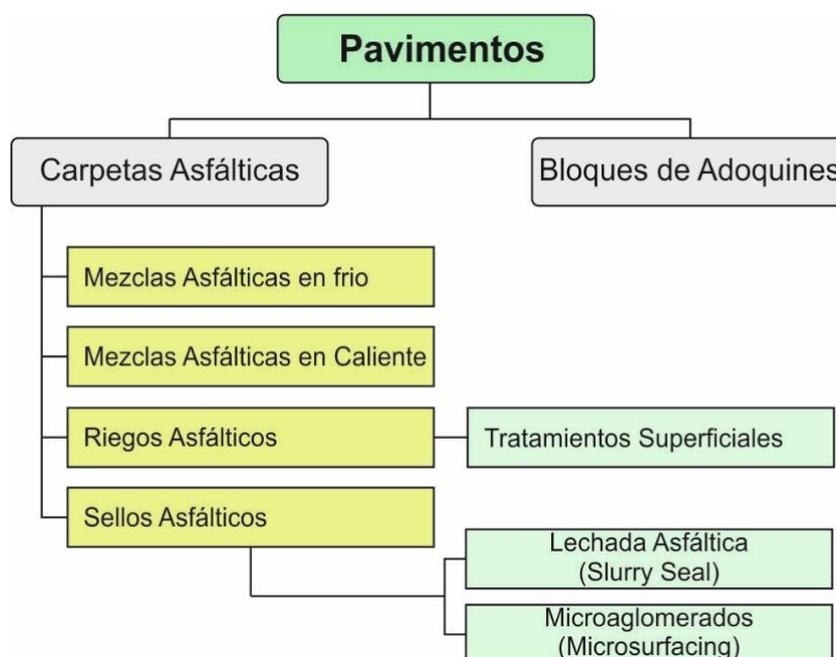


Figura N° 4. Tipos de Superficies de Rodadura en Pavimentos Flexibles

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos

- 2. Base:** Capa de material granular el cual se conforma por piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; tiene como función principal de soportar, distribuir y transmitir las cargas a la Sub Base o

capa siguiente inferior; también se considera como una base estabilizada ya que esta construida con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, siendo esta una Base Estabilizada.

3. **Sub-base:** Capa caracterizada por tener material granular cuya función es transmitir, soportar y distribuir de manera uniforme las cargas ejercidas en la carpeta asfáltica; También se constituye como una transmisión entre la sub base y sub rasante, evitando la contaminación de los materiales, disminuyendo efectos perjudiciales en el pavimento, que pueden ser ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material del terreno de fundación.
4. **Sub rasante:** Capa de terreno que soporta la estructura del pavimento flexible, el cual se extiende hasta una profundidad promedio que no pueda afectar la carga de diseño para el cual fue previsto. Esta carpeta esta formada por corte y/o relleno, el cual después de compactada debe soportar la estructura del pavimento, extendiéndose hasta una profundidad en la cual no influya cargas de tránsito.

El espesor del pavimento depende de la calidad de la Subrasante, el cual debe tener estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y compresión por efectos de humedad. Por lo tanto para el diseño de un pavimento es fundamental el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Su comportamiento estructural de los pavimentos aplicado con cargas externas, oscila de acuerdo a las capas que lo conforman.

En pavimentos flexibles, la distribución de las cargas ejercidas estará determinada por las características estructurales de las capas que la conforman. La diferencia principal entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se distribuyen las cargas. (Ver figura N° 5).

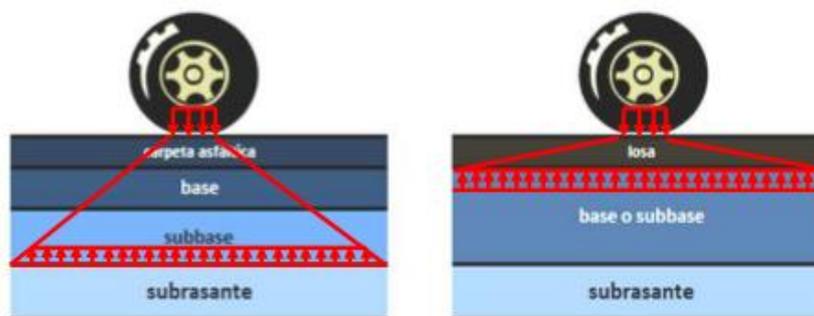


Figura N° 5: Comportamiento del Pavimento frente a cargas de Transito

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos

2.3.2 Efectos del Agua sobre el Pavimento Flexible

El agua penetra dentro de la estructura del pavimento flexible por diferentes medios, así como grietas, juntas o infiltraciones del pavimento o como corriente subterránea de algún acuífero interrumpido, el cual eleva el nivel freático. (Coronado, 2002)

Las consecuencias que genera las aguas, cuando está dentro de la estructura del pavimento son las siguientes:

- Reducir la resistencia del suelo, específicamente de la subrasante cuando se satura, permaneciendo en similares condiciones durante largos periodos de tiempo.
- Reducir la resistencia de los materiales granulares de las diferentes capas.

- Succionar los finos de los agregados de las bases que están bajo los pavimentos flexibles, produciendo que las partículas del suelo se desplacen con los resultados de pérdida de soporte por la erosión que se provoca.



Fotografía N° 1: Verificación de drenaje en Área de Estudio

Fuente: Elaboración Propia

Un buen drenaje mantiene la capacidad de soporte de la subrasante, lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite en determinado momento el uso de capas de soporte de menor espesor.

En el siguiente cuadro se indica los tiempos de drenaje recomendado por AASHTO. Basado en el tiempo que es necesario para que la capa de base elimine la humedad cuando esta tiene un grado de saturación del 50%; pero es de hacer notar que un grado de saturación de 85% reduce en buena medida el tiempo real necesario para seleccionar la calidad de un drenaje. (AASHTO, 1993).

Cuadro N° 1: Drenaje para Capas Granulares

Calidad de Drenaje	50% Saturación	85% Saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 hora
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASHTO 1993

2.3.3 Fallas en Pavimentos Flexibles

Las fallas son algo que se desprende de lo que se consideró perfecto; en pavimentos se utiliza tanto para verdaderos colapsos, así como para deterioros simples. Son resultados de interacciones complejas de diseño, construcción, materiales, cargas ejercidas por el tránsito y medio ambiente; los cuales combinados originan el deterioro progresivo del pavimento. La tecnología con la que se desarrolla los pavimentos hoy en día tiene como objetivo evitar fallas y deterioros estructuralmente.

Existen dos formas que se puede originar las fallas: Estructurales y Funcionales. Las estructurales originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las funcionales afectan directamente la transitabilidad y la servicialidad, es decir, afectan la calidad de la superficie de rodadura del pavimento y la seguridad que brinda al usuario.

En pavimentos flexibles los daños se agrupan en 4 categorías de fallas:

- Fisuras y grietas.
- Deformaciones superficiales
- Desintegración de pavimentos o desprendimientos

- Afloramientos y otras fallas. (Ver Figura N° 6).

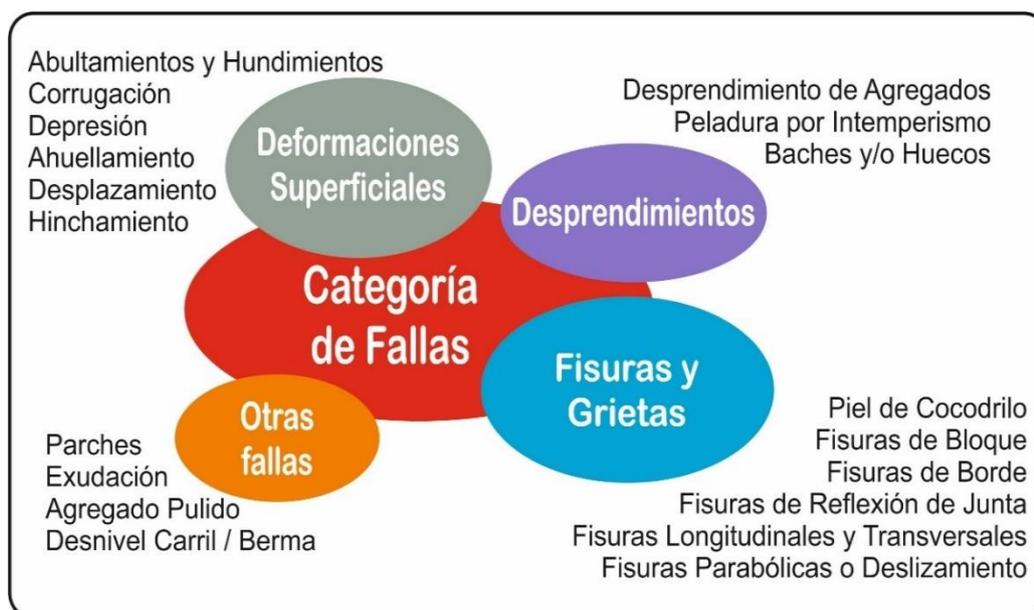


Figura N° 6: Categorías de Daños en Pavimentos Flexibles

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos

a) Falla por fatiga

Este tipo de fallas ocurre generalmente por la acción repetida de un esfuerzo, el cual aplicado una sola vez no provocaría ningún problema; Asimismo, esto influye potencialmente en la flexibilidad o rigidez de la capa del pavimento flexible, el cual soporta la repetición de carga. En los pavimentos, la intensidad del efecto es medida por la magnitud de la carga que se aplica a través de las llantas de un vehículo y la reiteración es medida por las repeticiones de esa carga sobre una misma zona de dicho pavimento. Como se dijo, ambas cosas han crecido mucho en las redes de pavimentos. El efecto de deformación acumulativa resulta de la deformación que el pavimento sufre bajo la acción de la llanta que pasa. Dicha deformación se recupera parcialmente cuando la llanta deja de oprimir, pero tal recuperación nunca es total; siempre queda un remanente, que conduce a una deformación

permanente, la cual dificulta la marcha de los vehículos, aumentando su costo operativo y, eventualmente, contribuye a la ruptura y agrietamiento de la carpeta asfáltica. (Orozco, 2004)

b) Falla por cargas repetidas

Son reportadas por graficas de esfuerzo y deformación, los cuales son obtenidos mediante la instrumentación de una estructura de pavimento flexible sujeta a la aplicación de cargas repetidas por medio del paso de un tractocamión. La Figura siguiente corresponde a las mediciones realizadas en un punto ubicado a 35 cm. de profundidad respecto a la superficie de rodadura. Se aprecia que las carga repetidas que transmiten los vehículos se grafican en forma de pulsos, la magnitud del pulso depende esencialmente de la presión de inflado de las llantas y de la carga ejercida por el eje; Por lo tanto, la duración de aplicación del pulso depende mucho de la velocidad y del nivel de tránsito diario. Se observa también que la deformación máxima registrada corresponde al valor del esfuerzo máximo. (Brown, 1996)

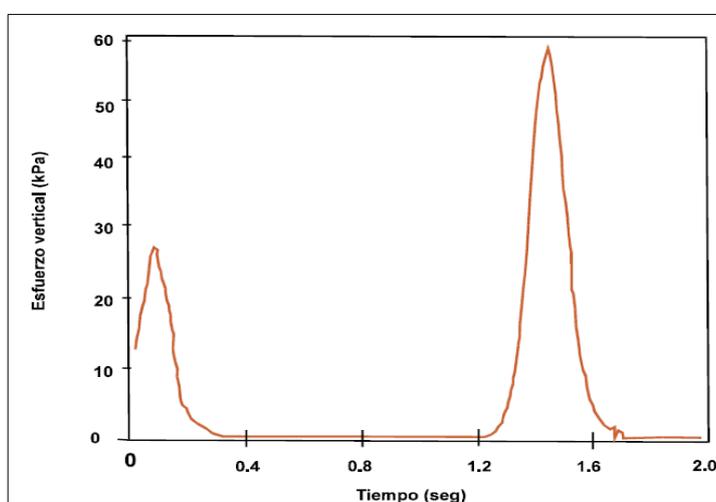


Figura N° 7. Esfuerzo y tiempo de cargas repetidas

Fuente : (Brown, 1996)

2.3.4 Evaluación de Pavimentos

Para Orozco (2004), la incidencia de factores diversos determina alteraciones de la superficie de rodamiento de los pavimentos, que afectan la seguridad, comodidad y velocidad con que debe funcionar el tránsito vehicular presente y futuro.

El objetivo de todo proceso de mantenimiento de los pavimentos, es corregir los defectos o fallas para alcanzar un grado de servicialidad y transitabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente que justifique la inversión necesaria. (Orozco, 2004)

Las causas que originan los defectos que se mencionan son de diferente origen y naturaleza; entre ellos se puede destacar las siguientes:

- Factor climático desfavorable; presencia de lluvias prolongadas ocasionando inundaciones y elevando el nivel freático, insuficiente drenaje superficial o mala profundidad prevista en el diseño.
- Diseños deficientes; aplicar métodos de diseño establecidos, desatinada valoración de las características de los materiales empleados en la estructura del pavimento, mala evaluación del tránsito presente y previsto durante el periodo de tiempo de diseño del pavimento flexible.
- Carencias; falta de control de calidad de los materiales, falta de control de espesores y densificación de capas durante el proceso constructivo.
- Mantenimiento deficiente, ocasionado por la escasez y/o mala distribución de presupuesto económico, maquinarias y equipos especializados y mano de obra de personal capacitado.

Por los anteriores, existe una necesidad de optimizar el empleo de materiales (agregados pétreos y ligantes), maquinaria, mano de obra especializada y recursos económicos en las tareas de construcción y conservación de la red vial.

Actualmente existen muchos métodos para realizar la evaluación de pavimentos. Rabanal (2014), indica que estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. (Rabanal, 2014)

2.3.5 Métodos de Evaluación de Pavimentos

Existen muchos métodos para realizar la evaluación del estado situacional del pavimento. La mayoría de los métodos se evalúan por contrastación con catálogos y manuales propuestos por diferentes instituciones internacionales. Los métodos de evaluación permiten determinar condiciones funcionales y estructurales en pavimentos rígidos y flexibles.

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados, tienen como base las mediciones o verificación de la presencia de defectos, que aparecen en la superficie de los pavimentos. Las posibles causas para generar los defectos en pavimentos provienen de una serie de factores asociados como clima, características de los materiales, tráfico y procesos constructivos que actúan en conjunto o por separado.

La observación es una de las herramientas más importantes en la evaluación y diagnóstico, el cual forma parte fundamental de todo tipo de investigación; en algunos métodos se realizan evaluaciones estructurales y funcionales. Podemos definir varios métodos de evaluación de pavimentos los cuales se indican a continuación:

a) Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER)

Apolinario (2012), Indica que el método Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER), el cual fue desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían de 1 a 10, donde 10 corresponde a las mejores condiciones de calidad. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. La evaluación responde a los estándares con los que han sido diseñados los otros métodos.

Cuadro N° 2: Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras Sealcoat

Edad de la Superficie	Fallas Visibles	Estado general, drenaje y mejoras	Clasificación de la Superficie
1 año	No hay peligro. Excelente superficie	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere mantenimiento	5 EXCELENTE
2 - 4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie	Excelente o buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4 BUENO
3 - 5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario in situ mejoras de drenaje y parches. Es recomendado mantenimiento preventivo	3 REGULAR
Más de 5 años de edad	Se aprecian las grietas de borde y parches. Aparición de baches y pérdidas significativas de la superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de parches y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado	2 POBRE
Más de 5 años de edad	Gran pérdida de superficie del borde sealcoat, agrietamiento severo y / o grietas de cocodrilo, parches en mal estado	Mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble sealcoat no mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble	1 FALLADO

*Fuente: Wisconsin Transportation Information Center. Manual PASER, Sealcoat Roads.
Edit. WisDOT. Wisconsin, 2001.*

Cabe señalar que la calificación PASER, refleja las condiciones de la superficie del pavimento, y no la condición estructural del pavimento, o de la vida de la superficie del pavimento restante. La metodología que utiliza PASER es aplicable para varios tipos de pavimento como también a sus obras de arte, según los diferentes manuales de la aplicación Paser con sus respectivas guías de evaluación. (Apolinario 2012).

En el sistema de evaluación superficial con el manual PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de

criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación según su catálogo de fallas. El método no considera escalas intermedias que permitan mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. (Apolinario, 2012).

b) Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR)

Apolinario (2012), define el método “Visión Inspection de Zones et Itinéraires Á Risque” (VIZIR) fue desarrollado en Francia a partir de los años 60 para pavimentos flexibles, además fue publicado por el laboratorio central de puentes y carreteras “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)”; este método experimentó por primera vez en los continentes asiático y africano, el cual es muy conocido en otros países;

El Método VIZIR para la calificación y cuantificación de los daños, a partir de las inspecciones visuales, permitiendo calificar la condición del pavimento mediante el índice global de degradación que está vinculado a la tarea de mantenimiento. El objetivo fue desarrollar un índice de deterioro superficial (Is) para carreteras, para establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento.

La aplicación de este método no sólo es en Francia, sino también en Europa, África, América del Sur y America Central como Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica, donde sirvió de base al establecimiento de las normas nacionales. Este método se utiliza por lo menos en 20 países del mundo.

Esta metodología clasifica y cuantifica los deterioros de los pavimentos flexibles en carreteras, considerando dos categorías de deterioro: los deterioros de Tipo “A”, que determinan la condición

estructural del pavimento y los deterioros de Tipo “B”, en su mayoría de tipo funcional, consiste en determinar la longitud del pavimento que presenta defecto del tipo dado y determinar la extensión de esta misma longitud considerando otras clases: menos de 10% de 10 a 50 %, más de 50% de la superficie. Por lo tanto el pavimento se divide en tres partes: lado derecho, lado izquierdo y parte central.

Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos básicos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores: *tipo*, *gravedad* y *extensión*. (Apolinario, 2012).

El método VIZIR clasifica las fallas de pavimento en dos grupos: Degradaciones Tipo A y B

Cuadro N° 3: Degradación del Tipo A

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y zanjas reparadas	BZR	m

Fuente: Adaptación de Manual INVIAS

Cuadro N° 4: Degradación del tipo B

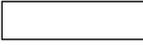
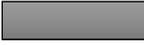
NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Huecos	H	Und.
Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m

Descascaramiento	D	m ²
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Fuente: Adaptación de Manual INVIAS

Se indica como fuente: Adaptación del Manual INVIAS; debido a que algunas denominaciones de los deterioros son reemplazadas terminologías usadas en el método CONREVIAL, además de modificarse algunos códigos (abreviatura) que identifican a cada uno de ellos según las denominaciones reemplazadas.

Cuadro N° 5: Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm.	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm. <= Flecha <= 40 mm.	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Flecha > 40 mm.
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento.	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (Grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de Cocodrilo	Piel de cocodrilo formadas por mallas grandes (> 500 mm.) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas mas densas (< 500 mm.), con perdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm.) con perdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y Parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A.	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Fuente: Instituto Nacional de Vías INVIAS – Colombia

Cuadro N° 6: Niveles de gravedad de los deterioros del tipo B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1		2		3	
						
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y unica		- Ancha (10 mm. O mas) sin desprendimiento - Fina ramificada		Anchas con desprendimiento o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimiento, o finas con desprendimiento o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimiento	
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimiento	
Grietas de borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimiento	
Abultamientos	F < 20 mm.		20 mm. <= F <=40 mm.		F > 40 mm.	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	Cantidad	> 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diametro (mm)	<=300	<= 300	<= 1000	<= 300	>= 1000
Desprendimientos: - perdida de pelicula de ligante - Perdida de agregados	Perdidas aisladas		Perdidas Continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	<= 25	<= 25	> 25	> 25	
	Area (m2)	<= 0.8	> 0.8	<= 0.8	> 0.8	
Pulimiento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua muy marcada	
Afloramientos: - de Mortero - de Agua	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy Intensos	
desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm. a mas		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm.		Desnivel entre 50 y 100 mm.		Desnivel superior a 100 mm.	
erosión de bermas	Erosión incipiente		Erosión Pronunciada		La erosion pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

Fuente: Instituto Nacional de Vías INVIAS – Colombia

c) Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl)

Apolinario (2012), Indica que el Consorcio de Rehabilitación Vial, presenta un método que determina evaluaciones superficiales, usando un catálogo de fallas que es obtenida directamente de la superficie del pavimento, además realiza evaluaciones estructurales mediante la medición de las deflexiones.

El diagnostico mediante la observación del estado del pavimento, se efectúa en base a la determinación detallada de todos los deterioros y fallas observables en la superficie transitable y visible del mismo, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de severidad de cada

característica; la característica del estado de la superficie del pavimento, en este método considera tres aspectos:

- El revelamiento de las diferentes manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación).
- El análisis de acuerdo al tipo de falla observada, estableciendo causas y mecanismos que la originan (interpretación).
- Establecer la condición de servicialidad del pavimento en base a la magnitud, extensión, tipo de falla y mecanismo de deterioro (Apolinario, 2012).

d) Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT).

Apolinario (2012), menciona que mediante la norma DNIT 006/2003-PRO, se fijan procedimientos para la evaluación objetiva de las superficies de pavimentos flexibles y semi- rígidos, todo esto mediante un conteo y clasificación de principales ocurrencias aparentes y de su medida de las deformaciones permanentes sobre la huella de rodadura.

A continuación, se presenta algunas designaciones en el formato usado: Estacas enumeradas secuencialmente a cada 20 metros. Faja: D: Derecha, E: Izquierda

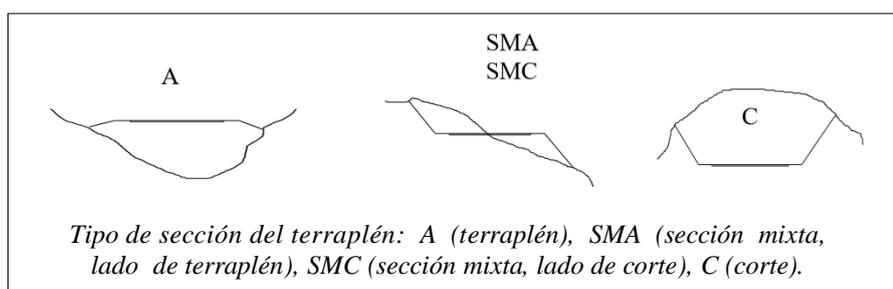


Figura N° 8: : Tipos de Sección de Vía

Fuente: DNIT 006/2003-PRO

A continuación se presenta algunos conceptos de degradación: En el cuadro N° 7 ; se presenta las calificaciones del pavimento en función del Índice de gravedad global (IGG).

Cuadro N° 7: Calificación del pavimento método DNIT

CONCEPTOS	LIMITES
Optimo	$0 < IGG \leq 20$
Bueno	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Malo	$80 < IGG \leq 160$
Pésimo	$IGG > 160$

Fuente: Norma DNIT 006/2003-PRO

e) **Índice de Condición del Pavimentos (P.C.I.)**

El Índice de Condición de Pavimentos es un método completo para evaluar y calificar pavimentos flexibles y rígidos, dentro de modelos de gestión vial. Este método es fácil de implementar y no necesita herramientas especializadas.

El deterioro estructural de pavimentos esta en función de la clase de daño, grado de severidad y cantidad del mismo. Este método se califica mediante un cuadro de rangos de calificación numérico que varia de 0 a 100 que es para un pavimento en perfecto estado. Todo ello fundamentado en resultados de un inventario visual, en el cual se detallan clase, severidad y cantidad de cada daño; mediante este calculo se puede determinar el índice de integridad estructural del pavimento. (Vasquez, 2002).

Cuadro N° 8: Calificación de la condición del pavimento PCI

RANGO DE CLASIFICACIÓN	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

f) Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano -México.

Para determinar el estado del pavimentos, este método detalla algunos parámetros, los más significativos en el desempeño del pavimento constituye la generación de actividades de mantenimiento y rehabilitación, en el corto y mediano plazo:

- D1 - Roturas
- D2 - Fisuras en bloques
- D3 - Otras fisuras
- D4 - Defectos de superficie
- D5 - Comodidad de manejo.

Los parámetros son indicadores de daño, los cuales permiten caracterizar el estado de una sección de pavimento desde dos enfoques distintos: La integridad de la estructura del pavimento, realizando la caracterización del grado de severidad y tamaño de las fallas estructurales significativas visibles en la superficie y la condición funcional de su superficie en relación a la aceptación de los usuarios, mediante la caracterización de la comodidad de manejo.

El procedimiento para determinar el índice de estado situacional es basado en criterios de valores deducibles donde se asignan puntos a deducir de un valor ideal, según el tipo y magnitud de los daños localizados.

Cuadro N° 9: Algoritmo para elegir la Estrategia de Acción.

INDICE ESTADO	NIVEL DE SERVICIO	COSTOS DE LOS USUARIOS	DESCRIPCION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO
100-90-	Muy bueno	Costos de operación de referencia (100%).	Pavimento en condición muy buena; circulación muy comfortable, superficie uniforme. No se observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos.
80-70-60-	Bueno a Regular	Ligero incremento, costos de operación 105 a 120%.	Pavimento en condición buena a regular, circulación comfortable. Se observa fallas incipientes aunque de tipo localizado. □
□50-40-	Regular a Malo	Significativo incremento de costos de operación 120 a 150%	Pavimento en condición regular, circulación poco comfortable. Daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil, requiere una inspección detallada.
30-	Malo a Muy mala	Altos costos de operación 130 a 150%.	Pavimento en condición deficiente, circulación no comfortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil.
20-10-	Muy mala a Pésimo	Muy altos costos de operación 145 a 170%.	Condición deficiente; circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles.

Fuente: Manual de Inventario del estado funcional de Pavimentos –México

Cuadro N° 10: Relación del índice de estado con la categoría de acción

RANGO DE INDICE ESTADO	CATEGORIA DE ACCION	DESCRIPCION*
100 a 85	A Mantenimiento mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 a 60	B Mantenimiento Correctivo	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 a 40	C Mantenimiento Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acción: (1) Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor (2) Sellado de superficie. (3) Recapado delgado.
40 a 25	D Rehabilitación Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
□ < 25	Rehabilitación Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas, que requieren una rehabilitación mayor probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano – Mexico.

2.3.6 Cuadro Comparativo de Métodos de Evaluación de Pavimentos

a) Según Inventario de Fallas y Sistema de Calificación

La información obtenida como resultado del inventario de fallas de un pavimento tiene múltiples aplicaciones: delimitando zonas de diferentes comportamientos, los diferentes tipos de fallas según su grado de severidad se relacionan con algunos mecanismos de deterioros.

Comparando las metodologías para calcular las condiciones del pavimento, podemos observar que la metodología más conservadora es la desarrollada por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos llamada Paviment Condition Index (PCI), ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelente estado; además cuenta con 19 patologías para evaluar la superficie de un pavimento asfáltico, teniendo en consideración los daños estructurales y superficiales. En comparación con la metodología francesa VIZIR adoptada por el INVIAS, ésta sólo tiene 3 rangos de calificación las cuales son: 1 - 2 superficie en buenas condiciones, 3 - 4 superficies en regular estado y 5 - 6 y 7 superficies en deficiente condición. La metodología VIZIR sólo tiene en cuenta los daños tipo A que son daños estructurales, y desprecia los daños tipo B que son superficiales.

Asimismo el método CONREVIAl Establece ubicación, extensión y grado de magnitud de cada característica, el cual sólo realiza una evaluación estructural mediante la medición de deflexiones, estableciendo solo condiciones de servicio de confort y transitabilidad y no teniendo un valor como indicador final de la condición.

También podemos determinar que la metodología VIZIR , PASER, CONREVIAl; no considera determinante la presencia de huecos en la via, mientras que la presencia de otras fallas como ahuellamiento, corrugaciones, pulimientos son considerados fuertemente?; en el Método PCI el número de huecos es muy significativo para la evaluación del pavimento y el ahuellamiento es calificado como fallas de grado moderado, es por ello que algunos tramos de evaluación pueden presentar diferencias considerables respecto a otros métodos de evaluación.

b) Según Tipo de pavimento de Evaluación y forma de evaluación.

La metodología PCI evalúa los pavimentos de acuerdo a su tipo (pavimentos flexibles y rígidos), especificando en cada uno de ellos 19 tipos de fallas que pueden ser funcionales o estructurales, detallando en tramos y estos en unidades de muestras las cuales pueden ser evaluados independientemente; La Metodología VIZIR es más sencilla y de fácil aplicación, el cual está orientado sólo a pavimentos flexibles cuantificando los daños a partir de inspecciones visuales; sus sistema de calificación de daños se realiza hallando el Índice Global de Degradación, determinando así el Índice de Deformación y Fisuración, con el cual podemos evaluar la condición según sus rangos establecidos. El programa de Investigación Estrategias de Carreteras (SHRP) evalúa redes viales genéricas mediante muestreos estadísticos (Ejm. 100 ml. de calzada cada 1000 ml.); mientras que el Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT) determina procedimientos para realizar un diagnostico objetivo mediante la realización de conteo de principales ocurrencias y midiendo su grado de severidad de las deformaciones sobre las

huellas de rodamientos de vehículos, el cual determina un parámetro de índice de condición de superficie para continuar con la evaluación estructural del pavimento. Calculando así la frecuencia relativa para determinar el Índice de Gravedad Individual, determinando con ello la calificación según los límites obtenidos.

El consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAL) realiza una evaluación visual detallando todos los deterioros en la superficie transitable y visible considerando tres aspectos; identificación, interpretación y evaluación de pavimentos, para esto se usa un catálogo de fallas comunes, Asimismo se realizan evaluaciones de tipo estructural recurriendo a la medición de las deflexiones en el pavimento. El Sistema de Evaluación y Rango de Pavimentos (PASER), determina la condición de la superficie del pavimento flexible, pero no la condición estructural del pavimento flexible, este método se aplica a varios tipos de pavimentos, así como también en obras de arte, CONREVIAL evalúa el pavimento mediante observación directa, no proporcionando valores deductivos los cuales son indicadores de calificación de la condición presente del pavimento flexible, sencillamente se basa en algunos criterios de ingeniería y experiencias registradas en su catálogo de fallas.

Cuadro N° 11: Comparación de Métodos de Evaluación de Pavimentos

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	¿Qué Evalúa?	¿Cómo se realiza?	Tipo de Cálculo	Rangos de Clasificación
PASER (Evaluación Superficial y Rango de Pavimento)	- Superficie del Pavimento - Obras de Arte	- Evalúa visualmente, no cuantifica deterioros, ni proporciona valor deductivo alguno	- Simplemente sobre la base de criterios de Ingeniería y experiencias según catálogo de fallas	-1 Año Excelente -2-4 Años Bueno -3-5 Años Regular -+5 Años Pobre -+5 Años Fallado
VIZIR (Inspección Visual de Daños en carreteras)	- Pavimentos Flexibles	- Cuantifica y califica los daños de tipo estructural y funcional a partir de inspecciones visuales	- Índice Global de Degradación - Índice de Deterioro Superficial - Índice de Fisuración - Índice de Deformación	-1 a 2 Bueno -3 a 4 Regular -5 a 7 Malo
CONREVIAl (Consortio de Rehabilitación Vial)	- Pavimentos	- Mediante una determinación detallada de deterioros y fallas observables en la superficie transitable.	- Establece la ubicación, extensión y magnitud de las características del pavimento. - Evaluación estructural midiendo deflexiones	- Establece condición de servicio - No tiene indicador final de la condición global del pavimento. - Método con revelamiento de fallas o confiables.
DNIT (Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes)	- Pavimentos Flexibles - Pavimentos Semi Rígida	- Mediante conteo y clasificación de ocurrencias sobre la huella de rodamiento	- Frecuencia Relativa - Frecuencia Absoluta - Índice de Gravedad Individual - Índice de Gravedad Global	- Optimo $0 < IGG < 20$ - Bueno $20 < IGG < 40$ - Regular $40 < IGG < 80$ - Malo $80 < IGG < 160$ - Pésimo $IGG > 160$
PCI (Índice de Condición de Pavimentos)	- Pavimentos Flexibles - Pavimentos Rígidos	- Inventario Visual de fallas, estableciendo clase, severidad y cantidad de daño.	- Unidades de Muestra - Intervalo de Inspección - Valores deducidos - Cantidad de daños - Severidad de daños - Densidad en % - Curvas de Corrección - PCI por Unidad de Muestra	- Excelente 100 - 85 - Muy Bueno 85 - 70 - Bueno 70 - 55 - Regular 55 - 40 - Malo 40 - 25 - Muy Malo 25 - 10 - Fallado 10 - 0
Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano - México	- Pavimentos	- Integridad de la estructura del pavimento - Condición funcional de la superficie	- Índice de estado - Factor de ajuste - Indicadores de deterioro - Categoría de Acción	- Muy Bueno de 100 a 90 - Bueno a Regular de 80 a 60 - Regular a Malo de 50 a 40 - Malo a Muy Malo de 30 a 20 - Muy Mala a Pésimo < de 20

Fuente: Elaboración Propia

2.3.7 Índice de Condición de Pavimentos

El método P.C.I. para pavimentos de carreteras, aeropuertos y estacionamientos es la metodología mas completa para realizar la evaluación y calificación objetiva de pavimentos; la metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas, es considerablemente aceptado y adaptado formalmente como método con procedimientos estandarizados. (Vasquez, 2002)

a) Objetivos del P.C.I.

Los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son:

- Determinar el estado situacional del pavimento desde el punto de su integridad estructural y nivel de servicialidad.
- Determinar un indicador el cual permita realizar la comparación del criterio uniforme de la condición y el comportamiento del pavimento.
- Obtener un criterio fundado coherente para determinar la programación de trabajos de rehabilitación y mantenimiento del pavimentos.
- Obtener información detallada de evaluación de pavimentos respecto al comportamiento de las soluciones propuestas durante el diseño y evaluación de pavimentos.

Vasquez (2002), indica que el deterioro de la estructura del pavimento esta en función de la clase de daño, su severidad y cantidad del mismo. El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. El PCI se desarrolló

para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie

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. En el Cuadro se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. (Vasquez, 2002).

Cuadro N° 12: Rangos de Clasificación del PCI

<i>RANGOS DE CLASIFICACION DEL PCI</i>	
RANGO	CLASIFICACION
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 - 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Vasquez, L.R. (2002) Pavement Condition Index (PCI)

Para determinar el P.C.I. se tiene que establecer un inventario de pavimentos, los cuales se diferencia de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1) **Red:** Es un conjunto de pavimentos los cuales serán administrados (por ejemplo: avenidas principales es una red).
- 2) **Rama:** Es una parte de la Red el cual es fácil de identificar (por ejemplo: calles).
- 3) **Sección:** es la unidad menor de la administración de pavimentos con características homogéneas (por ejemplo: estructura, tipo, condición actual, historia de su construcción).

b) Evaluación de la Condición

Vasquez (2002), indica que la evaluación corresponde al trabajo de campo para identificar los daños , esto teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos, registrándose esta información en formatos adecuados. El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipo.

- Odómetro y/o Flexómetro para medir longitudes y determinar áreas de los daños localizados.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños en vías con superficie de concreto asfáltico (Pavimento Flexible), incluyendo formatos de registro adecuados.

Procedimiento.

Se inspecciona cada unidad de muestra con la finalidad de medir el tipo, cantidad y grado de severidad de daños de acuerdo al Manual de Daños, registrándose la información de campo en un formato adecuado. Para realizar el registro se debe conocer e identificar estrictamente las definiciones, procedimientos y magnitud de los daños; Los formatos deben ser adecuados para cada unidad de muestra, en el cual se debe registrar detalladamente todas las características de la falla localizada. El

equipo de personas a inspeccionar necesariamente deben cumplir medidas de seguridad para su desplazamiento en la plataforma a inspeccionar.



Fotografía N° 2: Inspección de Unidad de Muestreo

Fuente: Elaboración Propia

c) **Manual de Daños**

Entre las fallas consideradas en el método del P.C.I. se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada.

Es muy importante que el personal evaluador este capacitado en los diferentes tipos de fallas, su grado de severidad y el tipo de unidad de medición establecida por el método.

Según, Vasquez (2002), cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños. La calidad de tránsito se determina realizando un recorrido de la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar y a una velocidad establecida por el límite legal. Las unidades de muestras cercanas a las señales de tránsito deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. A continuación nos

presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

- **L: (Low: BAJO)**. Se percibe vibraciones en el vehículo, pero no necesariamente requiere reducir la velocidad por razones de seguridad y comodidad. Estas vibraciones generan un ligero rebote del vehículo el cual crea poca incomodidad al usuario.
- **M (Medium: MEDIO)**. Se produce vibraciones significativas, generando que se reduzca la velocidad por seguridad. Las vibraciones generan un rebote significativo del vehículo, el cual ocasiona saltos continuos que producen molestias e incomodidad.
- **H: (High: ALTO)**. Se produce vibraciones tan excesivas en el vehículo, las cuales son muy excesivas que deben reducirse la velocidad de forma considerable por seguridad, las vibraciones causan un excesivo rebote del vehículo produciendo gran molestia, potencial de peligro y posible daño vehicular. (Vazquez, 2002).

d) Fallas más comunes en los pavimentos

Existen diferentes tipos de fallas comunes en pavimentos flexibles, podemos resaltar entre ellas el agrietamiento de fisuras y grietas “piel de cocodrilo”, el cual se forma permanentemente en la superficie del pavimento debido a la presencia de cargas repetidas y filtraciones por presencia de agua, así como también por fallas de cortante y consolidación del terreno de fundación.

e) Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos.

Existen muchos criterios básicos a tener cuenta al analizar el comportamiento del pavimento, por lo tanto es importante considerar que la estructura sufrirá con el tiempo daño o deterioro aún cuando sea diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. Los pavimentos que con un mantenimiento óptimo alcanzarán un punto de falla; los pavimentos son probablemente la única estructura dentro de la ingeniería la que se diseña para que falle dentro de un periodo determinado de tiempo.

La forma de presentarse los deterioros varía sustancialmente, el cual está en función de varios parámetros, los cuales son:

- La estructura del pavimento
- Volumen de tráfico y tipo de carga
- Políticas de mantenimiento

Los pavimentos flexibles deben iniciar su primer mantenimiento entre el segundo y quinto año de su construcción, mientras que los pavimentos rígidos lo realizan a partir del décimo año. Asimismo una vez realizado su primer mantenimiento, los pavimentos flexibles realizan mantenimiento y rehabilitación cada dos años. Las acciones de mantenimiento que se realiza en los pavimentos son: Sellado de Bacheo, sello asfáltico localizado, nivelación localizada, fresado y texturizado, remoción por fresado y reciclado. (Jugo, 2005).

2.3.8 Normas que rigen la Investigación

a) Norma ASTM D 5340: Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Según ASTM D 5340 (2014), Método de evaluación normalizado para la obtención del Índice de Condición de Pavimentos(PCI); Indica que esta metodología tiene el propósito de determinar la condición de pavimentos de aeropuertos a través de inspecciones visuales en superficies pavimentadas con asfaltos, incluyendo capas porosas de alto grado de fricción (Porous Friction Courses) y con hormigón simple o reforzado de cemento Pórtland con juntas, usando el Índice de Condición de Pavimentos (PCI) como método de cuantificación normalizado.

El PCI para pavimentos de aeropuertos fue desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de la US Army con fondos provistos por la US Air Force. Posteriormente fue verificado y adoptado por la FAA y la US Naval Facilities Engineering Command.

Los valores expresados en unidades de pulgada-libra deben ser considerados como el estándar. Las unidades en el Sistema Internacional (SI) están dadas entre paréntesis sólo a fines de información.

Ésta norma no pretende cubrir todos los aspectos de seguridad, de existir alguno, asociados con su uso. Es la responsabilidad del que utiliza esta norma el establecer medidas apropiadas de seguridad e higiene industrial y el determinar la aplicabilidad de limitaciones normativas antes de su implementación. (ASTM D 5340, 2014)

b) ASTM D6433-03: Práctica Estándar para el Estudio de PCI en Pavimentos.

Quijano (2017), Indica que el pavimento se divide en ramas que se dividen en secciones. Cada sección se divide en unidades de la muestra. El tipo y la gravedad de la dificultad del pavimento se determina mediante inspección visual de las unidades de pavimento de la muestra. Los datos se utilizan para calcular el PCI para cada unidad de muestra. El PCI de la sección de pavimento se determina basándose en el PCI de las muestras inspeccionadas dentro de la sección

El PCI es un indicador numérico que clasifica a la superficie condición del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición actual del pavimento sobre la base de deterioro observado en la superficie del pavimento, que también indica la integridad estructural y estado de la superficie operativa (localizada la rugosidad y la seguridad). El PCI no se puede medir estructuralmente ni tampoco la capacidad de proporcionar una medición directa de deslizamiento resistencia o rugosidad. Se proporciona un objetivo y racional base para determinar las necesidades de mantenimiento y reparación y prioridades. La monitorización continúa del PCI se utiliza para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite a principios identificación de las necesidades de rehabilitación importantes.

El PCI proporciona comentarios sobre el comportamiento del pavimento para la validación o la mejora del diseño del pavimento actual y los procedimientos de mantenimiento. (Quijano, 2017).

c) Norma CE .010: Pavimentos Urbanos – Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

RNE CE.010 (2010). Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú.

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario. (RNE CE.010, 2010).

d) AASHTO-72: Diseño de Pavimentos Flexibles

Corredor (1993). La aplicación del método AASHTO en el diseño de pavimentos flexibles debe diferenciarse en función del año de publicación de las “Guías de Diseño”. La primera de ellas, producto del desarrollo de la información de campo obtenida del Experimento Vial de la AASHO, es puesta a la disposición de los ingenieros de pavimentos a comienzos del año 1962. Esta primera versión es una “Guía Provisional”, y se le conoce como la versión AASHO-72, ya que para la fecha la Asociación de Administradores de Carreteras de los Estados Unidos no

había tomado aún la responsabilidad de adelantar la administración de los problemas asociados con el “tránsito”.

Posteriormente, en el año 1972, y en función de la experiencia acumulada durante diez años, tanto de éxitos como de fracasos, en la determinación de espesores mediante la aplicación de las guías originales, así como por la ejecución de “estudios satélites” que permitieron el ajuste y perfeccionamiento del método, se realiza la segunda edición del método, aún bajo la denominación de “Guías Provisionales”. A partir de la edición de la Guía Provisional del año 1972, se incorpora también el “tránsito” como responsabilidad de la organización de Administradores de Carreteras, por lo cual comienza a conocerse como “Guía AASHTO-72”. (Corredor, 1993).

e) DG 2014 Manual de Carreteras - Diseño Geométrico

DG (2014). El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento. La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento. El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento

obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial. (DG, 2014).

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 Definiciones Conceptuales

- Pavimento

Es la estructura integral de las capas de subrasante, sub-base, base y carpeta colocado encima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares.

- Rangos de clasificación de PCI

Este método incluye una serie de daños, de los cuales se tiene para cada uno una unidad de medida y grado de severidad de daño, que de acuerdo a la identificación se deben clasificar y cuantificar adecuadamente para determinar el índice de integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie.

- **Grado de severidad de daños**

Cuando se realiza la inspección de daños, se debe evaluar la calidad de tránsito, mediante ello para determinar el grado de severidad de daños así como las corrugaciones.

- **Mayor valor residual**

El Mayor Valor Residual se determina mediante un proceso repetido que consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2.0 que se denomina (cantidad de datos), luego se determina el Valor deducido total que resulta de sumar todos los valores individuales

- **Integridad estructural**

Se asocia al concepto de estado sólido, y tiene que ver con la capacidad de un sistema físico, por varias piezas y/o materiales, para mantener sus características originales a lo largo del tiempo bajo las condiciones de operación normales establecidas por el diseño.

- **Cantidad de daños**

Son indicadores para determinar o establecer el estado de conservación del pavimento flexible

- **Lectura de Ábacos de PCI**

Cuando se realiza la inspección de daños debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños

- **Patologías del pavimento**

Definir los diferentes tipos de fallas que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles.

- **Calidad de tránsito %**

Se determina recorriendo la sección del pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal.

- **Nivel de severidad**

La severidad se determina con los índices (Low: Bajo, Medium: Medio y High: Alto)

- **Número de unidad de muestra**

El pavimento flexible se divide en unidades de muestra, las dimensiones de cada unidad de muestra varían de acuerdo al tipo de vía y la capa de rodadura.

- **Carpeta o superficie de rodamiento**

Es la parte superior de la estructura de un pavimento, generalmente de los pavimentos flexibles o rígidos, el cual soporta directamente las cargas de tránsito durante la circulación vehicular.

- **Daños**

Son fisuras, grietas, deformaciones y/o desprendimientos ocurridos en la superficie de un pavimento debido a efectos climáticos y funcionales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

En el estudio se aplica un tipo de investigación APLICADA, NO EXPERIMENTAL DE TIPO TRANSECCIONAL porque toma conocimiento ya establecidos de la Ingeniería de Caminos de la rama de infraestructura vial y geotecnia con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Aplicando un método de cálculo para la determinación del estado situacional de un pavimento, este resultado a la vez es validado y experimentado mediante la aplicación de un sistema automatizado; logrando así determinar un resultado, el cual será un parámetro para dar solución al problema de investigación, dándole un mantenimiento periódico planificado y eficiente.

Cada investigación, contiene en sí misma, un nivel de especificidad que puede orientarse hacia la exploración, la experimentación o hacia una propuesta factible; Esta investigación se encuentra enmarcada, en un diseño de campo, ya

que los datos requeridos para la aplicación del Metodo PCI son producto de la exploración y recolección de datos de campo directamente, logrando así realizar cálculos matemáticos para la determinación del Índice de Condición de Pavimentos. Arias (2006); expresa que una investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”. (p.21).

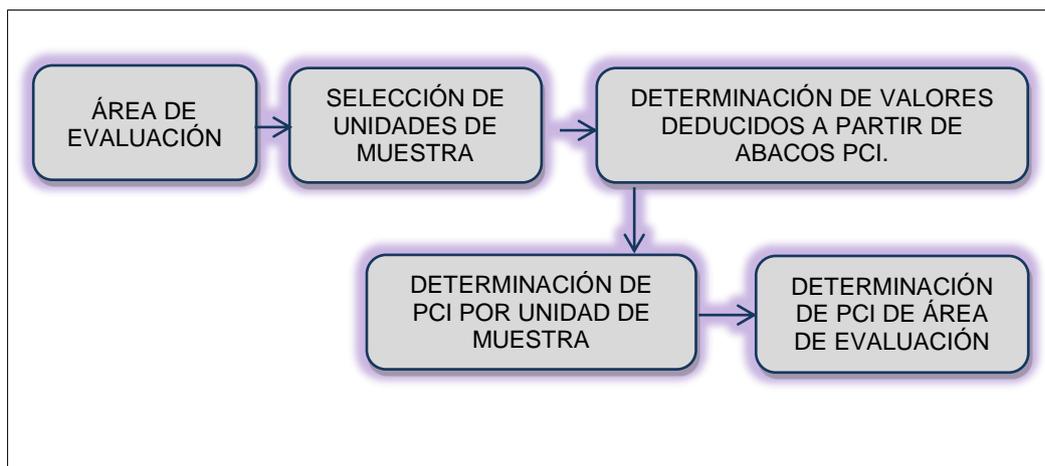
3.1.2. Diseño de la Investigación

La investigación se realizará POR OBJETIVOS, mediante el cual se determinará diagramas de flujos de cómo se debe realizar los trabajos en este tipo de pavimentos flexibles; las cuales servirán para dar respuesta a un problema y comprobar la hipótesis, maximizando la validez y confiabilidad de la información y reduciendo los errores en los resultados.

El objetivo general de esta investigación, es determinar el Índice de Condición de Pavimentos (P.C.I.); el cual será un indicador para el ingeniero en procesos de diagnóstico, evaluación y determinación de labores de mantenimiento y reparación, logrando así el mejoramiento de la transitabilidad y grado de servicialidad del pavimento.

Si aplicamos un diagrama de flujo para el índice de condición de pavimentos flexibles mediante la evaluación de las condiciones actuales, integridad estructural y condiciones operacionales, se determinará con mayor eficiencia el estado situacional del pavimento, integridad estructural del pavimento, comportamiento del pavimento y fallas del pavimento.

Cuadro N° 13: Diseño de la Investigación evaluación del PCI



Fuente: Elaboración Propia

a) Análisis de Información.

Se elaboró hojas de cálculos siguiendo el procedimiento de evaluación de la condición del pavimento registrado en el Manual de Índice de Condición de Pavimentos; en donde se registro las fallas durante el trabajo de campo, identificando los daños teniendo en cuenta la clase, grado de severidad y tamaño de los daños. Una vez que tenemos esta información registramos en el formato HRDUM el cual esta formulado adecuadamente para contener la información necesaria para cada unidad de muestra.

El Formato HRDUM nos permite registrar: Nombre de la Vía, Tipo de Vía, Progresivas de Inicio y Fin de la Unidad de Muestra, Código de Unidad de Muestra, Área de la Unidad de Muestra y Fecha de recopilación de Información; Asimismo podemos registrar los daños encontrados en los pavimentos según su severidad y tamaño, indicando también las cantidades parciales. (Ver Anexo 02)

b) Etapas de trabajo y recorrido previo.

El procedimiento P.C.I. tiene una etapa de trabajo de campo para detectar deterioros en el pavimento bajo estudio y otra de gabinete donde se procesa la información y se hace el análisis de los resultados de campo y los que se obtienen analíticamente.

Para esta etapa del estudio se registró un inventario de daños del tramo en estudio siguiendo el procedimiento establecido por el método P.C.I.

Teniendo como objetivo inicial identificar el estado actual del pavimento en estudio, se realizó una inspección detallada de cada unidad de muestra y además de un recorrido en marcha lenta por todo el tramo en estudio, dicho recorrido se realizó con los siguientes propósitos:

- Identificar algunos tramos diferentes, en cuanto a su estructura y composición del pavimento, estado de conservación .
- Observar la ubicación y estado situacional de los drenajes y sus tipos.
- Identificar en función a las vibraciones el estado situacional de cada unidad de muestra, y valorar los posibles daños durante la circulación de los vehículos.
- Observar si presentan diferencias notables las condiciones del pavimento entre uno y otro carril y detallar las ubicaciones donde ocurre esto.

3.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

De acuerdo con el criterio Hernández (2006); la población es “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p.238). En relación a lo expuesto este conjunto de elementos pueden ser personas, casos, objetos,

instituciones y otros, se seleccionan de acuerdo a la naturaleza del problema y los objetivos de la investigación.

En efecto, para este estudio la población está constituida por los *pavimentos flexibles* los cuales están relacionados con las actividades de toma de datos de campo desarrolladas, para luego llevar a cabo el cálculo de Índice de Condición de pavimentos Flexibles.

3.3 TAMAÑO DE MUESTRA

La muestra es definida como el subgrupo de la población de interés, sobre la cual se recolectan datos, debiendo ésta ser representativa de la población. En consecuencia, por ser la población un conjunto pequeño, pueden estudiarse todos los elementos siendo la población igual a la muestra y viceversa.

El muestreo no probabilístico es una técnica donde los elementos de muestra son elegidos a juicio del investigador; luego se selecciona aleatoriamente algunos tramos finales de los diferentes tramos existentes en forma proporcional.

En caso de esta investigación se determinó como muestra representativa la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín.

3.4 INSTRUMENTOS QUE SE UTILIZARON:

- Fichas de encuestas
- Formatos de toma de datos de campo
- Croquis de ubicación de Campo
- Wincha de 50 Metros
- GPS Etrex 30
- Laptop Core i5

- Software Unal PCIA 2.0
- Conos de Seguridad
- Regla rectangular de Aluminio de 3.00 Metros
- Microsoft Word, Excel y Programa diversos.

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La presente investigación se desarrolla basado en la metodología mas completa para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos flexibles; y se consolida con la práctica general de inspección de pavimentos, todo esto mediante la observación visual que se ha realizado en algunas partes del país por instituciones autorizadas. Este método es de fácil implementación y no necesita de herramientas especializadas, no se cuenta con regulaciones ni limitaciones para realizar este procedimiento. Previa a iniciar la aplicación del método, se procedio a inspeccionar e identificar los deterioros presentes por unidad de muestra empleando el formato HRDUM-PCI “Hoja de Registro de daños por Unidad de Muestra” el cual ha sido elaborado por el investigador (Ver Anexo 2).

Durante el desarrollo de la evaluación con el método de cálculo de Índice de Condición de Pavimentos Flexibles fue necesario aplicar algunas técnicas de recolección de datos, para lograr determinar las características y requerimientos del sistema. Estas técnicas acompañadas de algunos instrumentos permitieron recolectar la información requerida. Arias F. (2006); describe las técnicas como “las distintas formas o maneras de obtener la información”. (p.25). y los instrumentos como “los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”. (p.25). En el caso de esta investigación, tipificada como de campo, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

3.5.1 Observación Directa

Esta permitió conocer los distintos procesos llevados a cabo en la Municipalidad Distrital de Chilca – Provincia de Huancayo, y de esta manera poder dar cumplimiento a uno de los objetivos planteados en la investigación, cuyo propósito era disminuir el tiempo de cálculo del Índice de Condición de Pavimentos en el contexto operacional de dicha institución. La observación es la primera forma de contacto o de relación con los objetos que van a ser estudiados. Constituye un proceso de atención, recopilación y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos (vista, oído, olfato y tacto), para estar al pendiente de los sucesos y analizar los eventos ocurrientes en una visión global, en todo un contexto natural. De este modo la observación no se limita al uso de la vista.



Fotografía N° 3: Observación Directa de Patologías del Pavimento

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Entrevista No Estructurada

Se aplicó a las personas encargadas de planificar los procesos llevados en el registro de mantenimiento vial de la Gerencia de Obras de la Municipalidad Distrital de Chilca, con el fin de obtener los requerimientos

básicos para el diseño del sistema, utilizando como herramienta principal el historial de mantenimiento de vías por el Método de PCI. Para este tipo de entrevista “no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos, lo que permite definir el tema de la entrevista” (Arias, F. 2006, p.74).

3.5.3 Recopilación Documental a Través de la Web

Esta técnica permitió obtener información de gran importancia para el desarrollo de la investigación, ya que gran parte de la información acerca del Método de evaluación estándar de Índice de Condición de pavimentos según norma ASTM D 5340, fue obtenida directamente desde algunas páginas webs, así como también los libros en línea y algunos documentos en línea, fueron de gran ayuda para la realización de este proyecto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Detallamos la metodología aplicada para este caso en particular el pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca – Huancayo, siguiendo los lineamientos básicos y definidos por la Norma ASTM D6433-03. Procedimiento estándar para inspección del Índice de Condición de Pavimentos flexibles.

- **Datos Generales de la Zona de Estudio**

a. Descripción:

El Distrito de Chilca, creado el 02 de Mayo de 1957, según Ley N° 12829, es uno de los distritos más grandes de la provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Se encuentra a una latitud S:12°04'24.37" / 12°06'25.40" Longitud W : 75°07'08.08" / 75°13'59.02". Limita al Norte y

Este con el Distrito de Huancayo, al Sur con el Distrito de Sapallanga y Huancan, al Oeste con el Distrito de 03 de Diciembre y Huamancaca Chico. Se encuentra ubicada geográficamente a una altitud de 3,229.10 m.s.n.m.

b. Densidad y Superficie:

Actualmente, el Distrito de Chilca en gran parte cuenta con viviendas unifamiliares, calles y avenidas; La Población del distrito de Chilca según Censo INEI 2007, alcanza 77,392 habitantes, presenta un crecimiento de 1,92% anual, siendo 94.89% Urbana y 5.11% rural; predominando el sexo femenino con 51.89%; con una densidad de 2,760 habitantes/Km² en una superficie total de 28.04 Km² y perímetro de 35.54 Kms.

c. Vías de Acceso:

La vía en estudio tiene tres zonas de acceso (Desde el centro de Huancayo):

- Calle Real Hasta Avenida Leoncio Prado
- Avenida Jacinto Ibarra hasta Avenida Leoncio Prado
- Avenida Huancavelica hasta Avenida Leoncio Prado

- Datos Generales de la Vía en Estudio

a. Radio Mínimo

La vía en estudio tiene un radio mínimo de 45 metros y un radio máximo de 250 metros

b. Ancho de Carril

La vía en estudio es de doble carril, cada carril de 5.00 mts.

c. Ancho de Calzada

El ancho de calzada de la vía en estudio es de 2.40 metros, como se indica en la Figura N° 10.

d. Longitud de la Vía en estudio

La longitud de la vía en estudio es de 470.00 metros lineales, ubicado en el tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00).

e. Velocidad directriz

La velocidad directriz de la vía es de 35 Km/h de acuerdo al *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013*.

f. Clasificación de la Vía

La vía en estudio se clasificó de acuerdo a sus condiciones orográficas establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2013. Se clasifica como tipo I, porque la vía en estudio tiene pendientes transversales al eje de vía menores al 1%, asimismo se observa que sus pendientes longitudinales son menor a 3% el cual facilita a realizar alineamientos sin dificultad para realizar el trazado del tramo en estudio.

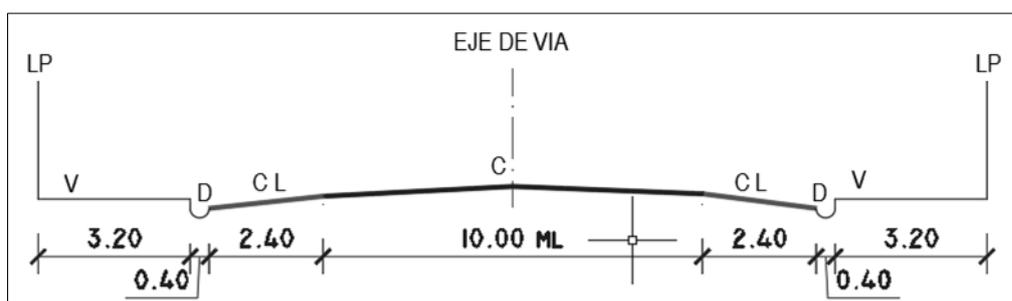


Figura N° 9: Sección típica de vía en estudio
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 14: Características de la Vía en estudio

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA EN ESTUDIO	
Ancho de Carril	5.00 m.
Ancho de Berma	2.40 m.
Ancho de Calzada	10.00 m.
Longitud de la Vía	470.00 m.
Radio Mínimo / Máximo	45 m. / 250 m.
Velocidad directriz	35 Km/h

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo del PCI - Método Algebraico

a. Muestra y Análisis de Muestras

La evaluación superficial del pavimento de la vía en estudio del Distrito de Chilca se realizó siguiendo los procedimientos estándar de inspección de PCI, como se detalla a continuación:

1. Se ha definido a la Av. Leoncio Prado como red de pavimento identificando un tramo, el cual es el más crítico en donde podemos apreciar la mayoría de fallas en el pavimento: Desde el Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00), obteniendo 470.00 metros lineales de estudio, el cual será dividido en unidades de muestras de acuerdo al cálculo; Se realiza un cronograma adecuado de trabajo: Primero, se realizó fichas de inspección de campo; Segundo, se realizó la inspección y toma de datos en campo; y finalmente se procedió a procesar los datos por unidades de muestras de acuerdo a cálculo realizado y utilizando los ábacos del Índice de Condición de Pavimentos.

2. La inspección visual y detallada de campo se realizó los días 17, 18 y 19 de julio del año 2017, identificándose y registrando su tipo, clase y cantidad de daños por unidad de muestra.

Asimismo durante el procesamiento de información se necesitó registrar algunos detalles, procediéndose a realizar un mapeo de revelamiento de fallas en las 26 unidades de muestras; durante los días 25, 26, 27, 28 y 29 de julio del mismo año. También se realizó visitas durante cambios climáticos (lluvias), esto para observar el drenaje fluvial en la zona de estudio.



Fotografía N° 4: Observación de drenaje fluvial

Fuente: Elaboración Propia

3. Se tomaron muestras y evidencias del trabajo realizado, empleando varios recursos como son: fichas de toma de datos, anotaciones, cámaras fotográficas, odómetros, etc.
4. El día 20 de julio del 2017 se realizó el estudio de mecánica de suelos, para determinar principalmente el CBR, para el cual se contrató los servicios al Laboratorio de Mecánica de Suelos Geolumas S.A.C. , siendo

el Ing. Civil Edwin Peña Dueñas encargado de dicho proceso. (Ver Anexo 4 y 5).



Fotografía N° 5: Análisis de Tipo de Falla por Unidad de Muestra

Fuente: Elaboración Propia

b. Diseño de Tablas de Muestreo

El diseño de las tablas de muestreo, está basado en la bibliografía usada, el cual se sustenta en la norma AASHTO, y cuenta con 19 fallas características que se pueden encontrar en un pavimento asfáltico, también indica su densidad en porcentaje, su severidad y su valor de deducción; los cuales están explicados en el capítulo anterior. El diseño de la tabla se realizó en gabinete mediante el uso de software MS Excel, en hojas de cálculo; el cual será la plataforma base para iniciar los trabajos de recolección de datos de campo.

En dicho formato, indicamos el nombre de la vía, el tipo de vía en estudio, las progresivas de inicio y fin de cada unidad de muestra, un código que se asigna a cada unidad de muestra, el área de la unidad de muestra, la fecha de toma de datos de campo, el nombre completo del responsable y

detallamos los daños que encontramos según su código, grado de severidad y cantidades parciales. (Ver Anexo N° 2)

c. Inspección y recolección de datos de campo

En esta etapa identificaremos los daños de acuerdo a las instrucciones de las normas del PCI, en el cual tomaremos en cuenta la clase de daño, su severidad y extensión de los mismos.

La información recolectada se registrará en tablas de muestreo adecuados para su cálculo posterior. Se realizó un recorrido general a la vía en estudio, delimitando así las unidades de muestras desde el Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00); para luego anotar en las hojas de toma de datos de campo las fallas encontradas, su severidad y su medida.



Fotografía N° 6: **Inspección de detalles de daño Hueco**

Fuente: Elaboración Propia

Para la realización de esta inspección y toma de datos de campo fue necesario el uso de herramientas y equipos como se detallan a continuación:

- 01 Wincha de 50 Mts.
- 01 Regla de Aluminio de 3 Mts.

- 01 Flexometro de 5 Mts.
- 02 Pintura Spray Color Rojo
- 02 Conos de seguridad medianos
- Estacas
- Yeso
- Ficha de inspección de campo
- Laptop Core i7
- Cámara fotográfica digital
- Odómetro.

d. Cálculo del PCI de las Unidades de Muestras

Siendo necesario determinar el valor de deducción reducido de los ábacos del PCI y cumpliendo con las metodologías AASHTO, procederemos al cálculo del mismo y así determinar el valor del PCI de cada unidad de muestra y concluir promediando los resultados del PCI de todas las unidades de muestras; llegando a determinar resultados por unidad de muestra del estado situacional de la vía en estudio.

Para determinar dichos valores necesarios para el cálculo del PCI, se hizo un análisis completo de la metodología, para la cual se realizó los siguientes cálculos:

- Cálculo de Unidades de Muestra

De la población en estudio se escogió el tramo más crítico, los cuales se subdividieron en unidades de muestras, cuyas dimensiones varían de acuerdo al tipo de vía y capa de rodadura.

Según el manual PCI, las unidades de muestras para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m. el área de cada unidad de muestra debe estar en el rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$; los datos de longitudes de unidades de muestreo según el cuadro N° 15 esta en función al área máximo del rango que establece el manual PCI. (230 m^2).

En el Cuadro N° 15, se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada para pavimento flexible. Para el presente cálculo se realizó una interpolación del siguiente cuadro para un ancho de calzada de 10.00 Mts. Obteniendo así un resultado mucho más cercano a la realidad, el valor que se toma será el menor consecutivo.

Cuadro N° 15: Longitud de Unidades de Muestra en Pavimentos Asfálticos

Ancho de calzada(m.)	Longitud de la unidad de muestreo(m.)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3	31.5

Fuente: Vasquez, L.R. (2002) Pavement Condition Index (PCI)

$$\text{Interpolando: } \frac{6.5-7.3}{6.5-10} = \frac{35.4-31.5}{35.4-x};$$

$$\text{despejando : } x = 18.34$$

Por lo tanto, el valor menor reducido será: $x = 18.3$

- Cálculo de Unidades de Muestreo

Una vez definido el valor de longitud de la muestra, y teniendo la longitud total del área de estudio; realizamos una división de la longitud total sobre la longitud de muestra.

$$N^{\circ} \text{ Muestras} = \frac{470}{18.3}$$

$$N^{\circ} \text{ Muestras} = 25.68 \cong 26 \text{ Und.}$$

Cuadro N° 16: Cálculo de cantidad de Unidades de Muestreo

Longitud de Carril	470.00 m.
Ancho de Calzada	10.00 m
Long. Unidades de Muestreo	18.3 m.
Número de Unidades de Muestra	26 unid.

Fuente: Elaboración Propia

- Determinación de Unidades de Muestra para Evaluación

Para comprender mejor el método, aplicamos la Ecuación N° 1. Se adoptará un error admisible de $e = 5\%$ y una desviación estándar $\sigma = 10$ debido a que es la primera evaluación que se realiza en este tramo.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

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

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

$$n = \frac{(26)*(10)^2}{\left(\frac{0.05^2}{4}\right)*(26-1)+10^2} ;$$

$$n = 25.996$$

Del resultado podemos determinar que se realizarán **26 unidades de muestreo**, el cual verifica el total de unidades de muestras.

- Selección de Unidades de Muestra para inspección

Luego de determinar el número de unidades de muestreo, procedemos a la selección de unidades, aplicando la Ecuación N° 2:

$$i = \frac{N}{n} \dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Donde:

N : Número total de unidades de muestra disponible.

N : Número mínimo de unidades para evaluar.

i : Intervalo de muestra, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

$$i = \frac{26}{25.996} ;$$

$$i = 1.00015 ;$$

Redondeando : $i = 1.00$

El resultado indica que las muestras a analizar se realizaran consecutivamente uno en uno.

- Inspección de Unidades de Muestra

Luego de determinar las unidades de muestra que se inspeccionarán, se realizó un croquis en el cual se detallan las unidades de muestras. Con apoyo del Manual de daños del Método Índice de Condición de

Pavimentos (PCI), procedimos a realizar la inspección individualmente para cada unidad de muestra elegida. La inspección se realizó identificando el tipo de falla, tamaño y grado de deterioro; el cual se registra en formato apropiado.



Fotografía N° 7: Identificación de tipo de falla

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de Valores deducidos en Unidades de Muestra

Una vez terminada la toma de datos de campo, procedemos a calcular los valores deducidos. Para este caso realizamos un cuadro en hojas Excel para un mejor orden y obtención de resultados y con ayuda de los ábacos. A continuación, se muestra el desarrollo de la Unidad de Muestra N° 01 (UM-1), el cual servirá como ejemplo a seguir para las demás unidades de muestras.

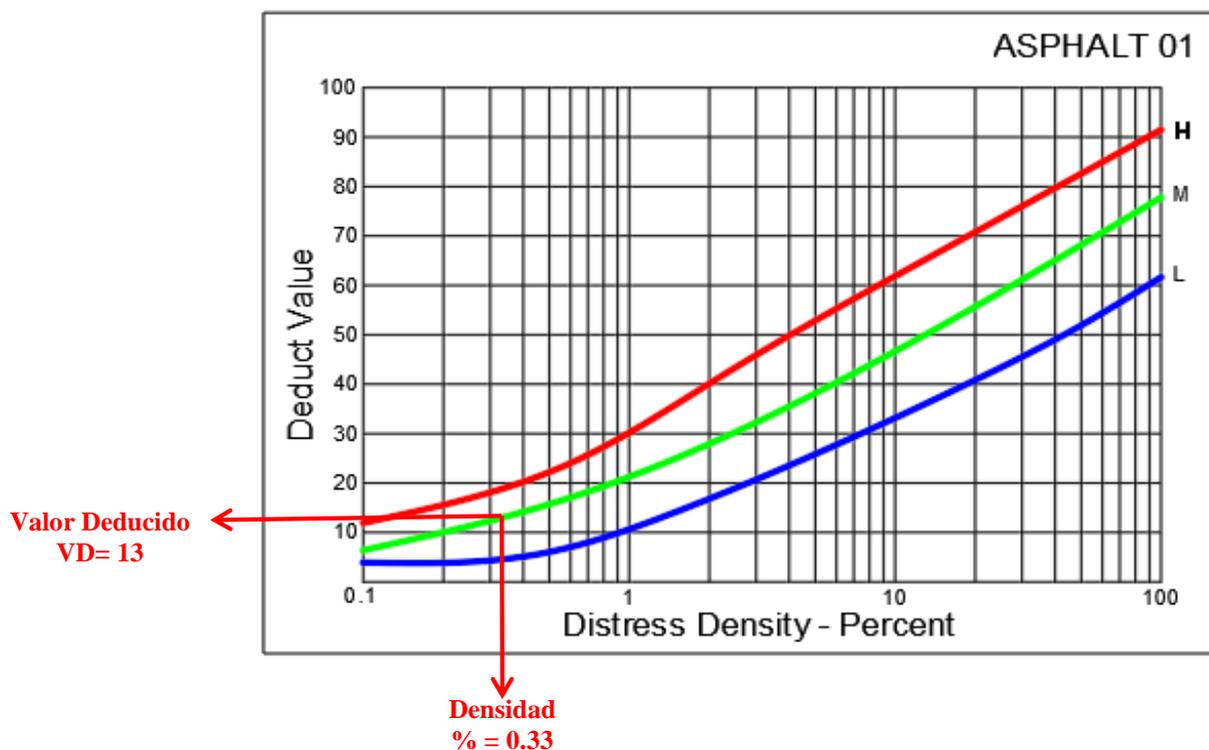


Figura N° 10: Ábacos de PCI - Asphalt 01 (Piel de Cocodrilo)

Fuente: Curvas para Pavimentos Asfálticos – Manual PCI

- **Determinación del Número Máximo Admisible (m)**

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - HDV_i) \dots \text{Ecuación N}^\circ 3$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”,

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - 41.1)$$

$$m = 6.41$$

- **Cálculo del Máximo Valor Corregido (CDV)**

Vasquez (2002), Indica que el Máximo Valor Corregido (CDV) se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

1. Determinar el número de valores deducidos q , mayores que 2.0.
2. Determinar el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.
3. Determinar el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección para pavimentos asfálticos.
4. Reducir a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 1 hasta 3, hasta que q sea igual a 1.
5. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.
6. Calcular el PCI de la unidad de muestra sustrayendo de 100 el máximo CDV obtenido en el paso 5.

- **Cálculo del PCI de la sección en estudio**

Una vez inspeccionadas el total de muestras, el valor del PCI global será igual al promedio de los resultados obtenidos en cada unidad de muestra inspeccionada.

- **Cálculo Del PCI – Cálculo con Software UnalPCIA**

a. Planilla de datos (.csv)

Durante la investigación se recurrió a un software llamado UNALPCI 2.0 para verificar la validación de los cálculos algebraicos, para el cual se realizó una hoja de cálculos para tabular las fallas y su severidad de las mismas en cada unidad de muestra, como se muestra a continuación:

Cuadro N° 17: Detalle de Planilla de datos .CSV

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	COD	DATE	ABS I	ABS F	UNIT	AREA	FL1	FM1	FH1	FL2	FM2	FH2	F
2	1	14/03/2016	2975	2994	1	189	0	0.6	0	0	0	0	
3	1	14/03/2016	2994	3013	2	189	0	5.5	0	0	0	0	
4	1	14/03/2016	3013	3032	3	189	0	2.1	0	0	0	0	
5	1	14/03/2016	3032	3051	4	189	0	2.1	0	0	0	0	
6	1	14/03/2016	3051	3070	5	189	0	3	1.5	0	0	0	
7	1	14/03/2016	3070	3088	6	189	0	2.1	0	0	0	0	
8	1	14/03/2016	3088	3107	7	189	0	0.45	2.4	0	0	0	
9	1	14/03/2016	3107	3126	8	189	0	2.45	0	0	0	0	
10	1	15/03/2016	3126	3145	9	189	0	2.58	0	0	0	0	
11	1	15/03/2016	3145	3164	10	189	0	3.04	0	0	0	0	
12	1	15/03/2016	3164	3183	11	189	0	3.72	4.32	0	0	0	
13	1	15/03/2016	3183	3202	12	189	0	0	1.2	0	0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez terminada la planilla Excel con toda la información de campo, se procede a guardar el archivo en formato .CSV (delimitado por comas), para luego hacer referencia al archivo guardado desde el software UNALPCI 2.0

b. Pantalla Inicial UnalPCIA 2.0

Una vez iniciado el software UnalPCIA 2.0, desde la pantalla principal hacer click en el comando ABRIR Y PROCESAR ARCHIVO, luego buscar con el examinador de carpetas el archivo de extensión .CSV guardado anteriormente. Se recomienda activar la casilla de verificación de GENERAR ARCHIVOS POR SECCIÓN, para que el software cree reportes por cada unidad de muestra.

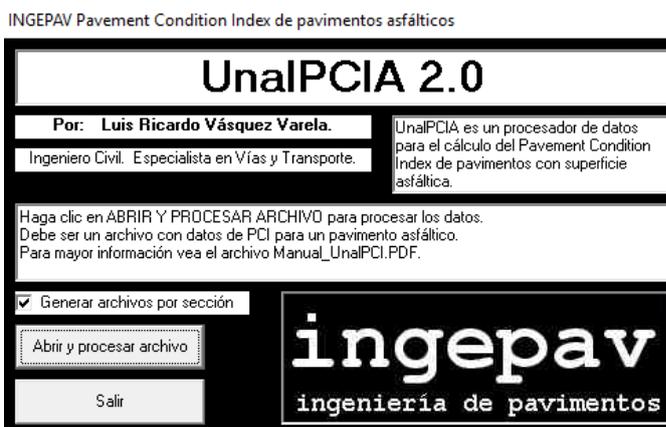


Figura N° 11: Software UnalPCIA 2.0 - Pantalla Inicial

Fuente: Software UnalPCI 2.0

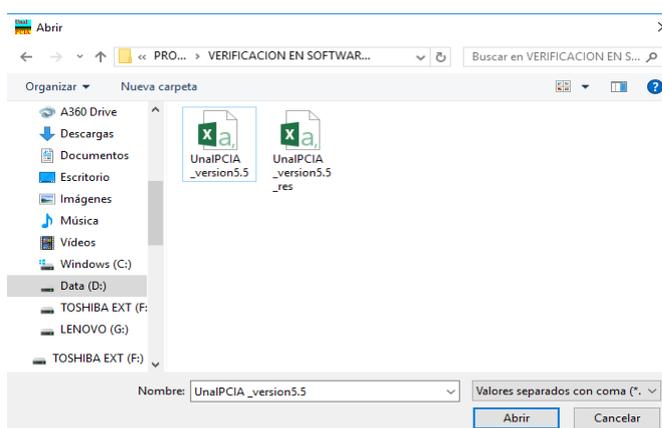


Figura N° 12: Vista de archivo data CSV para cálculo de PCI

Fuente: Software UnalPCI 2.0

c. Presentación de resultados UnalPCIA 2.0

Una vez seleccionado el archivo, el software automáticamente realiza el cálculo, el cual guarda los resultados en la misma carpeta origen del archivo de datos seleccionado, los resultados se almacenan en documentos de texto (Block de Notas) de manera individual de cada unidad de muestra. A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la unidad de muestra N° 25 obtenidos a través del software.:

UnalPCIA _version5.50025: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela
 Pavimentos asfálticos

=====

Archivo : UnalPCIA _version5.5.csv
 Código vía : 1
 Fecha inspección : 16/03/2016
 Abscisa inicial : K2+639.20
 Abscisa final : K2+657.50
 Unidad : 025
 Área unidad -m² : 183.00

=====

Daño	(severidad)	unidad	Cantidad	Densidad(%)	Valor deducido
01.Piel de cocodrilo(M)	- m ² :		013.60	007.43	042.2
08.Grieta ref. junta(M)	- m :		007.00	003.83	007.2
10.Grieta long/tran (M)	- m :		004.00	002.19	005.1
11.Parcheo-acometida(M)	- m ² :		001.24	000.68	008.1
13.Huecos	(L) - un:		002.00	001.09	020.2
19.Desprendimiento	(L) - m ² :		003.00	001.64	002.2

Número de deducidos: 6

=====

Daño	Valor deducido
01.Piel de cocodrilo(M)	042.2
13.Huecos (L)	020.2
11.Parcheo-acometida(M)	008.1
08.Grieta ref. junta(M)	007.2
10.Grieta long/tran (M)	005.1
19.Desprendimiento (L)	002.2
Valor deducido más alto	: 042.2
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras):	06.31

=====

PCI Sección : 048 Regular

Figura N° 13: Presentación de Resultados Calculados con UnalPCIA 2.0
Fuente: Software UnalPCI 2.0

d. Inspección de Resultados y Cálculo de PCI de Sección (UnalPCIA 2.0)

Una vez obtenida la información procesada mediante software existente, tabulamos el valor PCI de cada Unidad de Muestra; como indica la norma ASTM D-5340, se realiza la inspección de los resultados de las unidades de muestra y el resultado final será el promedio de la sumatoria de los PCI's de cada Sección o Unidad de Muestra. Indicamos a continuación los resultados obtenidos de cada sección y el PCI de todo el estudio:

Cuadro N° 18: Cálculo de PCI Global - Software UnalPCIA 2.0

CALCULO SOFTWARE UnalPCIA 2.0						
Item	Unidad Muestra	Progresivas		Area (m2)	PCI	Rating
		Pk Inicio	Pk Final			
1	UM-01	2+200.00	2+218.30	183.00	43.00	REGULAR
2	UM-02	2+218.30	2+236.60	183.00	6.00	FALLADO
3	UM-03	2+236.60	2+254.90	183.00	16.00	MUY MALO
4	UM-04	2+254.90	2+273.20	183.00	19.00	MUY MALO
5	UM-05	2+273.20	2+291.50	183.00	20.00	MUY MALO
6	UM-06	2+291.50	2+309.80	183.00	20.00	MUY MALO
7	UM-07	2+309.80	2+328.10	183.00	14.00	MUY MALO
8	UM-08	2+328.10	2+346.40	183.00	6.00	FALLADO
9	UM-09	2+346.40	2+364.70	183.00	9.00	FALLADO
10	UM-10	2+364.70	2+383.00	183.00	10.00	FALLADO
11	UM-11	2+383.00	2+401.30	183.00	9.00	FALLADO
12	UM-12	2+401.30	2+419.60	183.00	22.00	MUY MALO
13	UM-13	2+419.60	2+437.90	183.00	28.00	MALO
14	UM-14	2+437.90	2+456.20	183.00	16.00	MUY MALO
15	UM-15	2+456.20	2+474.50	183.00	30.00	MALO
16	UM-16	2+474.50	2+492.80	183.00	25.00	MUY MALO
17	UM-17	2+492.80	2+511.10	183.00	13.00	MUY MALO
18	UM-18	2+511.10	2+529.40	183.00	37.00	MALO
19	UM-19	2+529.40	2+547.70	183.00	31.00	MALO
20	UM-20	2+547.70	2+566.00	183.00	42.00	REGULAR
21	UM-21	2+566.00	2+584.30	183.00	55.00	REGULAR
22	UM-22	2+584.30	2+602.60	183.00	28.00	MALO
23	UM-23	2+602.60	2+620.90	183.00	28.00	MALO
24	UM-24	2+620.90	2+639.20	183.00	56.00	BUENO
25	UM-25	2+639.20	2+657.50	183.00	48.00	REGULAR
26	UM-26	2+657.50	2+670.00	125.00	49.00	REGULAR

PCI TOTAL:	26.15	MALO
-------------------	--------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a. Según Rango de Clasificación

Del cálculo matemático, según el rango de clasificación del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín, se diagnosticó un total de 26 unidades de muestras; de los cuales podemos determinar que el 31 % del total de muestras califica con rango de clasificación MUY MALO, el cual tiene mayor presencia durante el estudio.

Cuadro N° 19: Cantidad de Unidades de Muestra – Cálculo Algebraico

Rango de Clasificación	Cantidad Unidad Muestra	%
Excelente	0	0
Muy Bueno	0	0
Bueno	0	0
Regular	6	23
Malo	6	23
Muy Malo	8	31
Fallado	6	23
TOTAL	26	100

Fuente: Elaboración Propia

También podemos deducir que el 23 % de las unidades de muestra representa un pavimento flexible de rango de clasificación Fallado, malo y regular, tal como se indica en la Figura N° 14. En la red de pavimentos en estudio, no se encontraron unidades de muestras con rangos de clasificación Bueno, Muy Bueno y Excelente.

SEGÚN RANGO DE CLASIFICACIÓN - CÁLCULO MATEMÁTICO

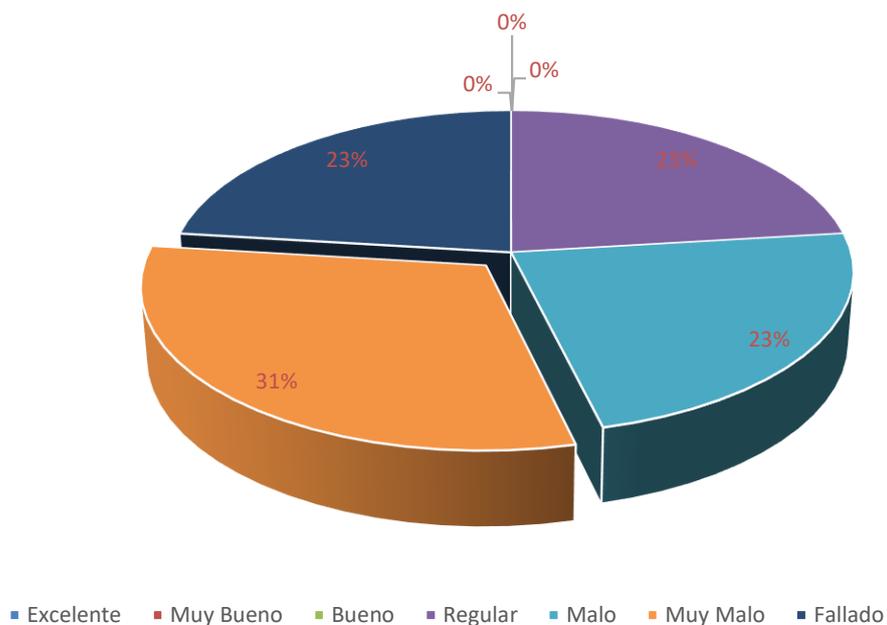


Figura N° 14: Resultados según Rango de Clasificación

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, de los resultados del cálculo de PCI con software UNALPCIA 2.0, del total de las 26 unidades de muestras, se determina que el rango de clasificación con mayor presencia en la muestra de pavimento flexible en estudio es MUY MALO con un 35 % del total de unidades de muestras, también apreciamos un 4% del total de muestras con una calificación en su rango de clasificación como BUENO. Según el cálculo en Software no se encontró unidades de muestras con rangos de clasificación Muy Bueno y Excelente.

Cuadro N° 20: Cantidad de Unidades de Muestra – Cálculo Software UnalPCI 2.0

Rango de Clasificación	Cantidad Unidad Muestra	%
Excelente		0
Muy Bueno		0
Bueno	1	4
Regular	5	19
Malo	6	23
Muy Malo	9	35
Fallado	5	19
TOTAL	26	100

Fuente: Elaboración Propia

RANGO DE CLASIFICACIÓN - UNALPCIA 2.0

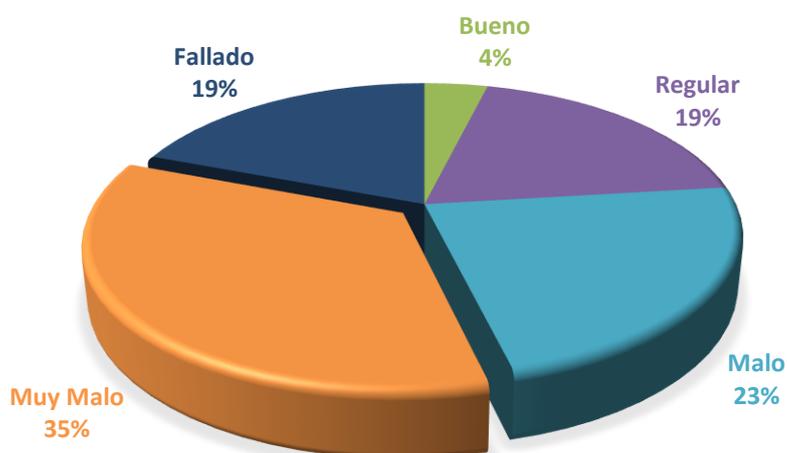


Figura N° 15: Resultados según Software UnalPCIA 2.0

Fuente: Elaboración Propia

Para un mejor análisis de resultados se dividió el número total de unidades de muestras en dos secciones: Sección 01(zona con mayor presencia de fallas, 13 primeras Unidades de Muestras) y Sección 02 (zona con menor presencia de fallas, 13 últimas Unidades de Muestras).

Cuadro N° 21: Unidades de Muestra por Sección

Item	Unidad Muestra	Progresivas		Sección
		Pk Inicio	Pk Final	
1	UM-01	2+200.00	2+218.30	Sección 01
2	UM-02	2+218.30	2+236.60	
3	UM-03	2+236.60	2+254.90	
4	UM-04	2+254.90	2+273.20	
5	UM-05	2+273.20	2+291.50	
6	UM-06	2+291.50	2+309.80	
7	UM-07	2+309.80	2+328.10	
8	UM-08	2+328.10	2+346.40	
9	UM-09	2+346.40	2+364.70	
10	UM-10	2+364.70	2+383.00	
11	UM-11	2+383.00	2+401.30	
12	UM-12	2+401.30	2+419.60	
13	UM-13	2+419.60	2+437.90	
14	UM-14	2+437.90	2+456.20	
15	UM-15	2+456.20	2+474.50	
16	UM-16	2+474.50	2+492.80	
17	UM-17	2+492.80	2+511.10	
18	UM-18	2+511.10	2+529.40	
19	UM-19	2+529.40	2+547.70	
20	UM-20	2+547.70	2+566.00	
21	UM-21	2+566.00	2+584.30	
22	UM-22	2+584.30	2+602.60	
23	UM-23	2+602.60	2+620.90	
24	UM-24	2+620.90	2+639.20	
25	UM-25	2+639.20	2+657.50	
26	UM-26	2+657.50	2+670.00	

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico podemos deducir, en la Sección 01 tenemos el 46% de las unidades de muestras con rango de clasificación Fallado, y el 38 % de las unidades de muestras con rango de clasificación Muy Malo; los cuales son los más representativos en toda la Sección 01.

También podemos observar en la Sección 02, que el 39% de las unidades de muestras representa un pavimento flexible con rango de

clasificación Regular, seguido de un 38% de las unidades de muestra del mismo tramo con un rango de clasificación Malo.

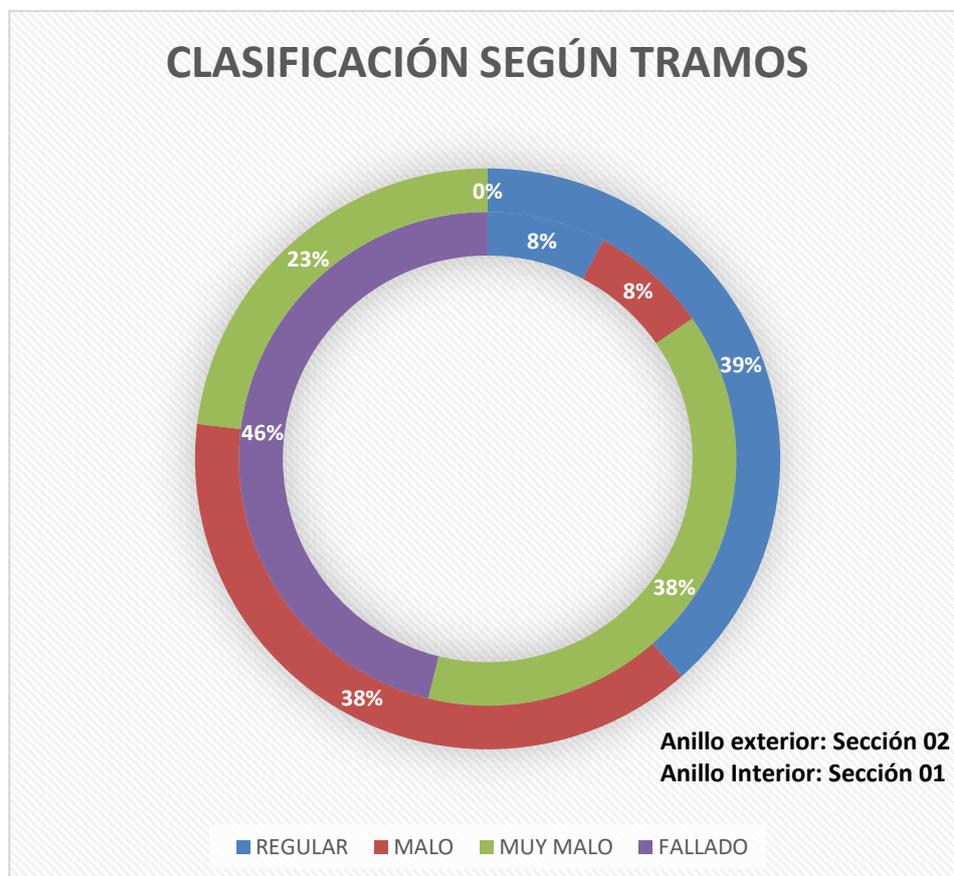


Figura N° 16: Rango de Clasificación por Secciones

Fuente: Elaboración Propia

b. Según Grado de Severidad

A continuación, se muestra un cuadro resumen de los tipos de fallas con su grado de severidad, el cual servirá como base para realizar los diferentes análisis en la red de pavimento flexible en estudio.

Cuadro N° 22: Resumen de fallas por grado de severidad

TIPO DE FALLAS	GRADO DE SEVERIDAD		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Piel de Cocodrilo	2	29	4
Exudación	0	0	0
Agrietamiento en Bloque	3	10	0
Abultamiento y Hundimiento	0	3	0
Corrugación	0	9	0
Depresión	0	3	0
Grieta de Borde	3	2	5
Grieta de Reflexión de Junta	2	4	0
Desnivel Carril / Berma	1	1	0
Grietas Longitudinal / Transversales	6	37	0
Parcheo	20	33	0
Pulimiento de Agregados	5	0	0
Huecos	50	56	52
Cruce de Vía Ferrea	0	0	0
Ahuellamiento	0	2	0
Desplazamiento	1	5	0
Grieta Parabólica	0	0	0
Hinchamiento	2	1	0
Desprendimiento de Agregados	9	7	1

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior podemos observar que el grado de severidad con mayor presencia durante el estudio es el grado de severidad Medio con un número de 202 fallas registradas en las diferentes unidades de muestras. Del cual se registra la mayor cantidad de fallas de severidad Media en el tipo de Falla Huecos, seguido de Grietas Longitudinales/Transversales, Parcheo y Piel de cocodrilo.

Asimismo, se observa menor presencia de fallas de severidad Alto en un total de 62 número de fallas, de los cuales los tipos de fallas con menor presencia en para este grado de severidad son: Huecos, Grietas de Borde, piel de cocodrilo y Desprendimiento de agregados.

RESULTADOS SEGÚN GRADO DE SEVERIDAD

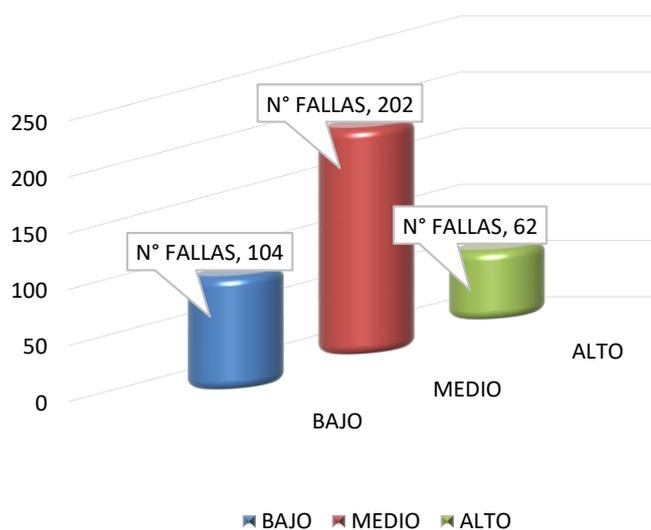


Figura N° 17: Resultado según grado de Severidad

Fuente: Elaboración Propia

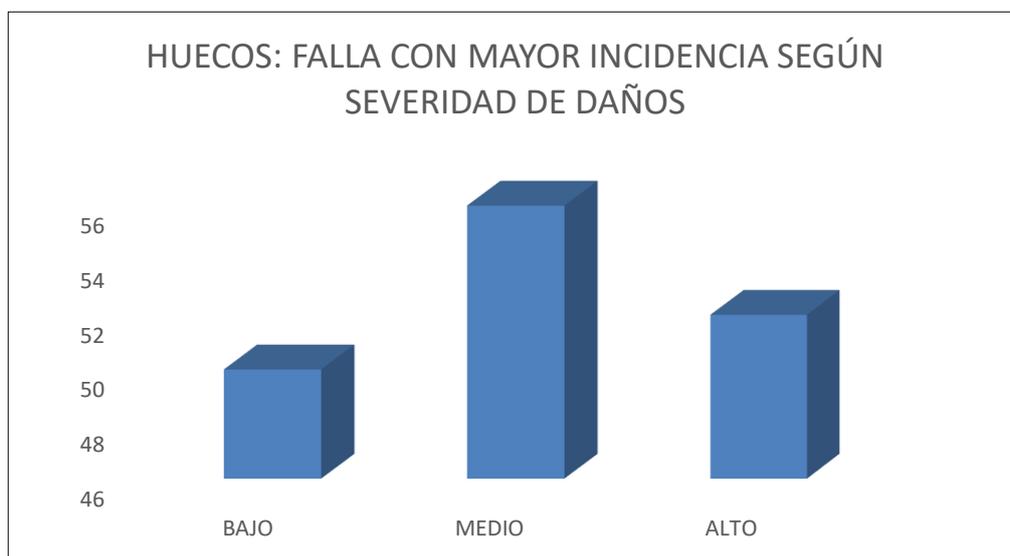


Figura N° 18: Falla con mayor incidencia según severidad de daños

Fuente: Elaboración Propia

c. Según Mayor Valor Residual - Número de Fallas:

De ahí se pudo obtener los siguientes resultados:

Cuadro N° 23: Fallas según su tipo en porcentaje

NUMERO DE FALLAS SEGÚN SU TIPO			
Id de Falla	Tipo de Falla en Pavimentos Flexibles	N° de fallas	%
1	Piel de Cocodrilo	35	9.51%
2	Exudación	0	0.00%
3	Agrietamiento en Bloque	13	3.53%
4	Abultamiento y Hundimiento	3	0.82%
5	Corrugación	9	2.45%
6	Depresión	3	0.82%
7	Grieta de Borde	10	2.72%
8	Grieta de Reflexión de Junta	6	1.63%
9	Desnivel carril / berma	2	0.54%
10	Grietas Long. / Transversal	43	11.68%
11	Parqueo	53	14.40%
12	Pulimiento de agregados	5	1.36%
13	Huecos	158	42.93%
14	Cruce de Vía Férrea	0	0.00%
15	Ahuellamiento	2	0.54%
16	Desplazamiento	6	1.63%
17	Grieta Parabólica	0	0.00%
18	Hinchamiento	3	0.82%
19	Desprendimiento de Agregados	17	4.62%

Fuente: Elaboración Propia

Este resultado nos da un total de 368 fallas en todo el tramo de la vía la falla que se presenta en mayor cantidad son los Huecos con un numero de 158 con un 42.93% de fallas.

En el gráfico siguiente se observa las fallas según su tipo y cantidad que se presenta en la vía estudiada.

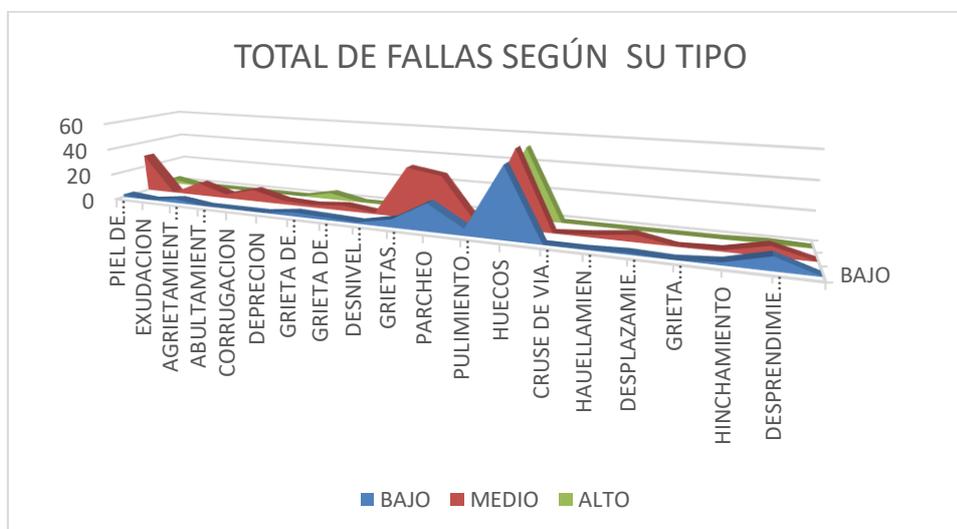


Figura N° 19: Fallas según su tipo

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que en el gráfico los picos más altos se encuentra las fallas de Huecos y parcheo.



Figura N° 20: Fallas más comunes en unidades de muestras

Fuente: Elaboración Propia

d. Según Número de Fallas por Unidad de Muestra

El tramo en estudio se clasificó en 26 unidades de muestra de 18.3 metros cada uno y se obtuvieron un número total de fallas existentes los cuales se explican en los anexos.

Según el cuadro se puede observar que la unidad de muestra número 08 es el más crítico; en el cual se registró 23 unidades de fallas de diferente severidad, del cual 15: huecos, 5: parcheo, 1: Piel de cocodrilo, 1: Pulimiento de agregados y 1: desplazamiento; siendo la muestra con mayor cantidad de fallas. El cual según evaluación tiene un indicador Máximo CDV de 95.55 logrando una calificación PCI de 4.45 : Fallado.

Asimismo, la unidad de muestra número 26 es la muestra que presenta menor número de fallas, con una calificación PCI de 49.50: Regular.

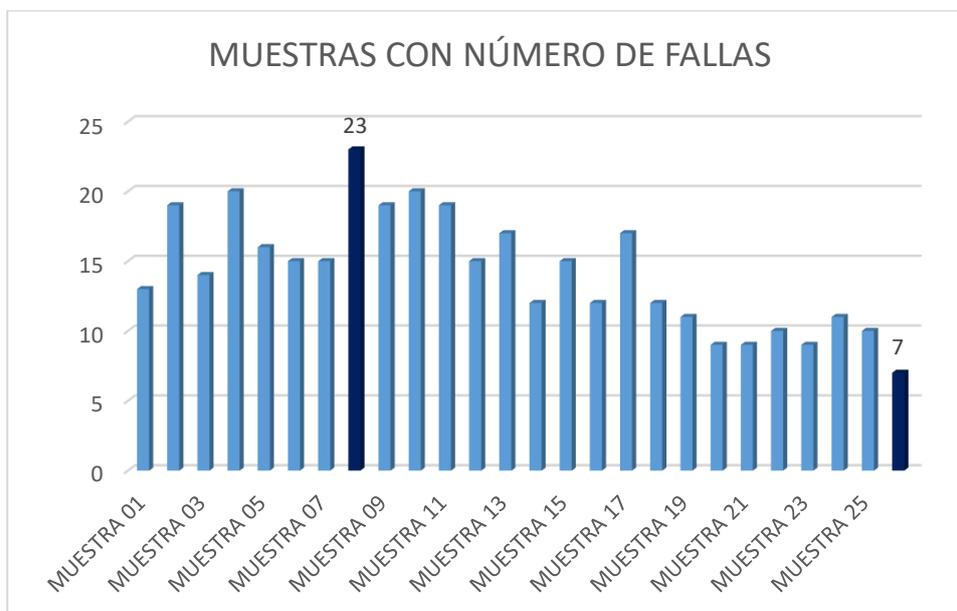


Figura N° 21: Número de Fallas en cada Unidad de Muestra

Fuente: Elaboración Propia

e. Según Severidad por tipo de Falla:

Podemos obtener que según las severidades de fallas que las del grado medio son las que existen en mayor cantidad.

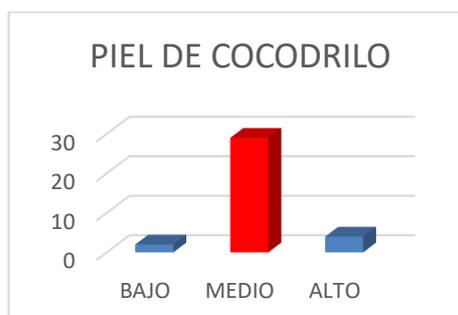




Figura N° 22: Severidad Media en Fallas más comunes
Fuente: Elaboración Propia

f. Discusión Según Tipo de Fallas

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que Huecos es la falla que ha alcanzado el porcentaje más alto en comparación con las demás fallas esto hace que todo el tramo en estudio se caracteriza con un PCI Malo.

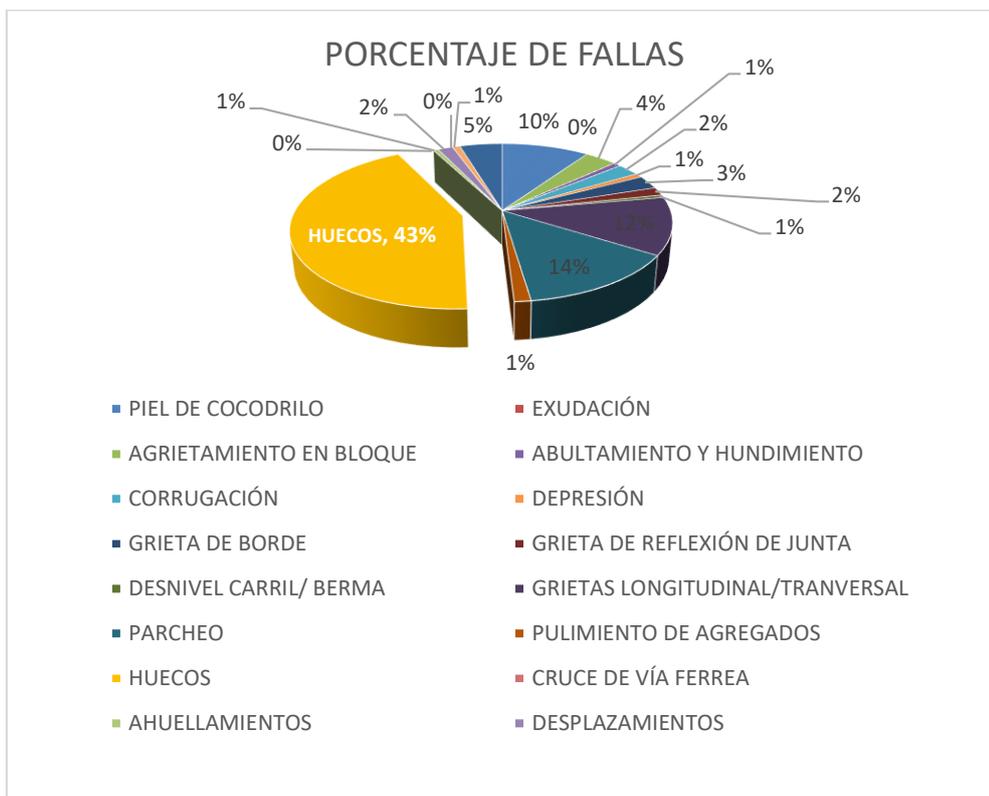


Figura N° 23: Porcentaje de Fallas

Fuente: Elaboración Propia

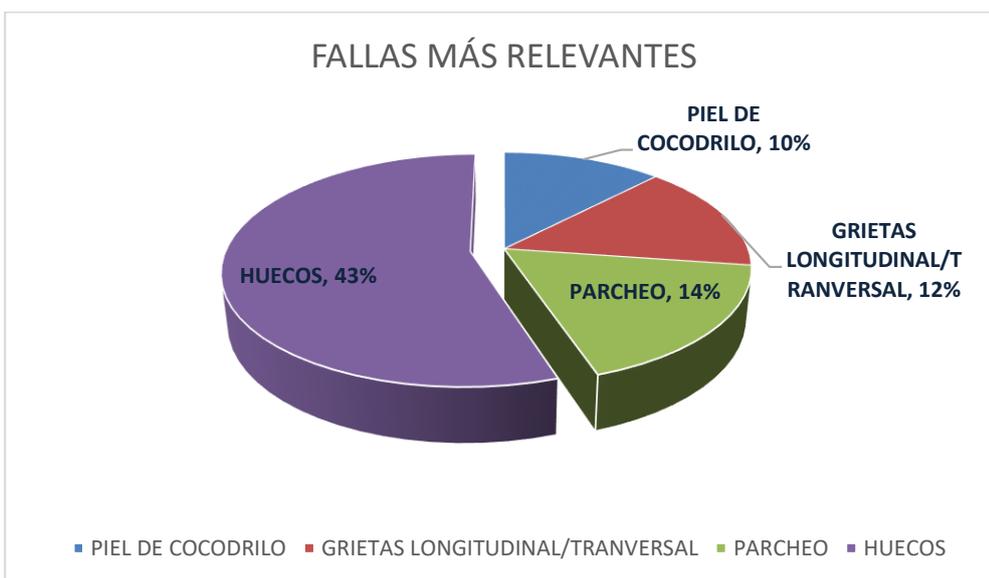


Figura N° 24: Fallas más relevantes en el estudio de la vía

Fuente: Elaboración Propia

g. Validación de Cálculo mediante Software

Terminado el procesamiento de la información, se procedió a verificar los datos obtenidos por cálculo algebraico mediante el Software UnalPCIA 2.0, verificando los resultados y constatando que la variación de resultados es de 0.04 Und. más respecto al cálculo con Software; validando así los resultados.

Cuadro N° 24: Verificación y Validación de Resultados

CÁLCULO MATEMÁTICO				CÁLCULO SOFTWARE UnalPCIA 2.0			
Item	Unidad Muestra	PCI	Rating	Item	Unidad Muestra	PCI	Rating
1	UM-01	42.49	REGULAR	1	UM-01	43.00	REGULAR
2	UM-02	6.73	FALLADO	2	UM-02	6.00	FALLADO
3	UM-03	13.92	MUY MALO	3	UM-03	16.00	MUY MALO
4	UM-04	15.92	MUY MALO	4	UM-04	19.00	MUY MALO
5	UM-05	14.60	MUY MALO	5	UM-05	20.00	MUY MALO
6	UM-06	14.90	MUY MALO	6	UM-06	20.00	MUY MALO
7	UM-07	10.28	FALLADO	7	UM-07	14.00	MUY MALO
8	UM-08	4.45	FALLADO	8	UM-08	6.00	FALLADO
9	UM-09	6.40	FALLADO	9	UM-09	9.00	FALLADO
10	UM-10	8.40	FALLADO	10	UM-10	10.00	FALLADO
11	UM-11	8.17	FALLADO	11	UM-11	9.00	FALLADO
12	UM-12	19.50	MUY MALO	12	UM-12	22.00	MUY MALO
13	UM-13	28.20	MALO	13	UM-13	28.00	MALO
14	UM-14	12.96	MUY MALO	14	UM-14	16.00	MUY MALO
15	UM-15	38.92	MALO	15	UM-15	30.00	MALO
16	UM-16	25.72	MUY MALO	16	UM-16	25.00	MUY MALO
17	UM-17	12.30	MUY MALO	17	UM-17	13.00	MUY MALO
18	UM-18	40.80	MALO	18	UM-18	37.00	MALO
19	UM-19	31.68	MALO	19	UM-19	31.00	MALO
20	UM-20	54.65	REGULAR	20	UM-20	42.00	REGULAR
21	UM-21	52.71	REGULAR	21	UM-21	55.00	REGULAR
22	UM-22	29.00	MALO	22	UM-22	28.00	MALO
23	UM-23	36.80	MALO	23	UM-23	28.00	MALO
24	UM-24	54.95	REGULAR	24	UM-24	56.00	BUENO
25	UM-25	47.10	REGULAR	25	UM-25	48.00	REGULAR
26	UM-26	49.50	REGULAR	26	UM-26	49.00	REGULAR
		26.19	MALO			26.15	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS

4.2.1 Hipótesis General.

Se evaluó el estado situacional del Pavimento Flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; Usando el Método PCI; logrando determinar las variables según Rangos de Clasificación, Grado de Severidad y Mayor Valor Residual.

4.2.1 Hipótesis Específicas

1. Se evaluó el estado situacional del Pavimento Flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en Rangos de Clasificación; logrando un dato numérico según rango de calificación de 26.19, el cual indica que el tramo en estudio se encuentra con una calificación según rango de Clasificación PCI = MALO. Asimismo, se contrasto la evaluación mediante el cálculo con Software UnalPCIA 2.0, logrando una calificación de 26.15 ubicándose en una clasificación MALO.

Cuadro N° 25: Presentación de Resultados

PRESENTACIÓN DE DATOS SEGÚN PCI			
Cálculo Matemático		Software UnalPCIA 2.0	
Rango 26.19	Clasificación: Malo	Rango 26.15	Clasificación: Malo

Fuente: Elaboración Propia

2. Se evaluó el estado situacional del Pavimento Flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km.

2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en grados de severidad; observando que la severidad Media es la más representativa dentro del estudio, con un total de 202 Fallas, representando el 55.34 % del total de fallas, de las cuales, las fallas con mayor presencia en este grado de severidad son los huecos, grietas longitudinales y transversales, parcheo y Piel de Cocodrilo. También podemos mencionar que el 27.67% de fallas representa un grado de severidad Bajo y el 16.99% de fallas representa un grado de severidad Alto.

3. Se evaluó el estado situacional del Pavimento Flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en el Mayor Valor residual o Máximo Valor Corregido CDV, nos indica que mientras mayor sea el valor del CDV la calificación del PCI para esta unidad de muestra según rango de clasificación será menor, el cual indica una clasificación Fallado, Muy Malo o Malo. De la investigación podemos decir: que la Unidad de Muestra N° 08 es la que presenta el $CDV = 95.55$, del cual una vez realizado el calculo de PCI $(100-95.55) = 4.45$, con una clasificación FALLADO.. en todo el estudio podemos apreciar 06 Unidades de Muestras que tienen una clasificación de FALLADO, esto porque el Máximo CDV es alto, asimismo esto es influenciado por tener la mayor cantidad de fallas en estas unidades de muestras, las cuales en su mayoría tienen una severidad media y alta.

Una vez realizado la prueba de hipótesis; se concluye que sí es posible evaluar el estado situacional del Pavimento Flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr.

Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; Mediante la aplicación del Índice de Condicion de Pavimentos (PCI)

4.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizado los cálculos matemáticos, se presenta los resultados el cual se realizó mediante el apoyo de un ordenador bajo ambiente Windows, haciendo uso del Software MS Excel, que a continuación se presenta:

4.3.1 Unidad de Muestra N° 01

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 13 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 3 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:41.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:6.41), logrando obtener el Máximo CDV = 57.51, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 01 de Rango 42.49 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 26: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 01

		UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
TESIS :		EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGIÓN JUNIN.								
HOJA DE REGISTRO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTRA - MÉTODO PCI										
Nombre de Vía :	<input type="text" value="Leoncio Prado"/>	Pk. Inicio :	<input type="text" value="2+200.00"/>	Pk. Final:	<input type="text" value="2+218.30"/>					
Tipo de Vía:	<input type="text" value="Avenida"/>	Código :	<input type="text" value="UM-01"/>	Área:	<input type="text" value="183.00 m2"/>					
Responsable :	<input type="text" value="De La O Muñoz Eduardo"/>	Fecha :	<input type="text" value="17/07/2017"/>							
N°	DAÑO	UM	N°	DAÑO	UM					
1	Piel de Cocodrilo	m2	11	Parcheo	m2					
2	Exudación	m2	12	Pulimiento de Agregados	m2					
3	Agrietamiento en Bloque	m2	13	Huecos	Und.					
4	Abultamiento y Hundimiento	ml	14	Cruce de Vía Ferrea	m2					
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2					
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2					
7	Grieta de Borde	ml	17	Grieta Parabólica	m2					
8	Grieta de Reflexión de Junta	ml	18	Hinchamiento	m2					
9	Desnivel Carril / Berma	ml	19	Desprendimiento de Agregados	m2					
10	Grietas Longitudinal / Transversal	ml								
FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido			
1	M	0.60			0.60	0.33	13.00			
5	M	5.00	1.90		6.90	3.77	28.20			
8	M	2.20			2.20	1.20	3.20			
10	M	5.00	1.00		6.00	3.28	8.40			
11	L	0.96	2.30	0.40	3.66	2.00	4.50			
13	M	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	41.10			
19	M	2.40			2.40	1.31	9.00			
Total VD							107.40			
CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	41.10	28.20	13.00	9.00	8.40	4.50	3.20	107.40	7	52.70
2	41.10	28.20	13.00	9.00	8.40	4.50	2.00	106.20	6	52.10
3	41.10	28.20	13.00	9.00	8.40	2.00	2.00	103.70	5	53.85
4	41.10	28.20	13.00	9.00	2.00	2.00	2.00	97.30	4	55.38
5	41.10	28.20	13.00	2.00	2.00	2.00	2.00	90.30	3	57.18
6	41.10	28.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	79.30	2	57.51
7	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	53.10	1	53.10
Número de deducidos >2(q) : 7.00									Max CDV :	57.51
Valor deducido mas alto (HDVi) : 41.10									PCI :	42.49
Número admisible deducido (mi) : 6.41									Rating :	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Unidad de Muestra N° 02

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 19 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 6 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:68.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.89), logrando obtener el Máximo CDV = 93.27, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 02 de Rango 6.73 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 27: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 02

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	3.50	2.00			5.50	3.01	32.30
3	M	0.20	0.40	0.42		1.02	0.56	0.40
5	M	7.20				7.20	3.93	28.60
10	M	3.00	1.40	1.60	2.30	8.30	4.54	10.60
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	47.10
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	68.50
18	L	3.64				3.64	1.99	4.00
Total VD								191.50

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	68.50	47.10	32.30	28.60	10.60	4.00	0.40	191.50	6	88.30
2	68.50	47.10	32.30	28.60	10.60	2.00	0.40	189.50	5	90.85
3	68.50	47.10	32.30	28.60	2.00	2.00	0.40	180.90	4	93.27
4	68.50	47.10	32.30	2.00	2.00	2.00	0.40	154.30	3	90.15
5	68.50	47.10	2.00	2.00	2.00	2.00	0.40	124.00	2	83.00
6	68.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.40	78.90	1	78.90

Número de deducidos $>2(q)$:	6.00	Max CDV :	93.27
Valor deducido mas alto (HDVi) :	68.50	PCI :	6.73
Número admisible deducido (mi) :	3.89	Rating :	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Unidad de Muestra N° 03

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 14 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 8 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:73.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.43), logrando obtener el Máximo CDV = 86.08, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 03 de Rango 13.92 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 28: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 03

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	M	2.10					2.10	1.15	22.60	
4	M	2.30					2.30	1.26	14.40	
6	M	3.08					3.08	1.68	10.60	
10	M	7.00					7.00	3.83	9.40	
11	M	1.54	1.40				2.94	1.61	12.60	
13	M	1.00	1.00	1.00			3.00	1.64	41.10	
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	73.50	
Total VD									184.20	

CÁLCULO DE PCI											
Ítem	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	73.50	41.10	22.60	14.40	12.60	10.60	9.40	184.20	7	80.26	
2	73.50	41.10	22.60	14.40	12.60	10.60	2.00	176.80	6	83.04	
3	73.50	41.10	22.60	14.40	12.60	2.00	2.00	168.20	5	84.28	
4	73.50	41.10	22.60	14.40	2.00	2.00	2.00	157.60	4	85.04	
5	73.50	41.10	22.60	2.00	2.00	2.00	2.00	145.20	3	86.08	
6	73.50	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	124.60	2	83.30	
7	73.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	85.50	1	85.50	
Número de deducidos $>2(q)$:									7.00	Max CDV :	86.08
Valor deducido mas alto (HDVi) :									73.50	PCI :	13.92
Número admisible deducido (mi) :									3.43	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 Unidad de Muestra N° 04

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 20 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:68.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.89), logrando obtener el Máximo CDV = 84.08, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 04 de Rango 15.92 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 29: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 04

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.10				2.10	1.15	22.60
7	H	2.00	0.80			2.80	1.53	9.80
10	M	6.00	1.50	2.30		9.80	5.36	11.80
11	L	0.60	0.64	0.42	0.81	2.47	1.35	3.30
11	M	0.09	0.62	0.72		1.43	0.78	8.40
13	M	1.00	1.00	1.00		3.00	1.64	41.10
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	68.50
Total VD								165.50

CÁLCULO DE PCI											
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	68.50	41.10	22.60	11.80	9.80	8.40	3.30	165.50	7	75.10	
2	68.50	41.10	22.60	11.80	9.80	8.40	2.00	164.20	6	78.10	
3	68.50	41.10	22.60	11.80	9.80	2.00	2.00	157.80	5	79.90	
4	68.50	41.10	22.60	11.80	2.00	2.00	2.00	150.00	4	82.00	
5	68.50	41.10	22.60	2.00	2.00	2.00	2.00	140.20	3	84.08	
6	68.50	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	119.60	2	80.80	
7	68.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.50	1	80.50	
Número de deducidos >2(q) :									7.00	Max CDV :	84.08
Valor deducido mas alto (HDVi) :									68.50	PCI :	15.92
Número admisible deducido (mi) :									3.89	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5 Unidad de Muestra N° 05

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 16 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de las grietas de borde y longitudinales. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:73.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.43), logrando obtener el Máximo CDV = 85.40, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 05 de Rango 14.60 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 30: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 05

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	M	3.00					3.00	1.64	26.00	
1	H	1.50					1.50	0.82	27.60	
7	H	1.50	2.20	2.20			5.90	3.22	12.50	
9	L	3.00					3.00	1.64	1.90	
10	M	6.00	1.30				7.30	3.99	9.70	
11	M	0.42	0.30	0.64			1.36	0.74	8.20	
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	73.50	
								Total VD	159.40	

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	73.50	27.60	26.00	12.50	9.70	8.20	1.90	159.40	6	75.76
2	73.50	27.60	26.00	12.50	9.70	2.00	1.90	153.20	5	77.60
3	73.50	27.60	26.00	12.50	2.00	2.00	1.90	145.50	4	80.08
4	73.50	27.60	26.00	2.00	2.00	2.00	1.90	135.00	3	81.40
5	73.50	27.60	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90	111.00	2	76.50
6	73.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90	85.40	1	85.40

Número de deducidos $>2(q)$:	6.00	Max CDV :	85.40
Valor deducido mas alto (HDVi) :	73.50	PCI :	14.60
Número admisible deducido (mi) :	3.43	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.6 Unidad de Muestra N° 06

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 15 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de las grietas de borde. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:73.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.43), logrando obtener el Máximo CDV = 85.10, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 06 de Rango 14.90 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 31: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 06

FALLAS EXISTENTES									
Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.10					2.10	1.15	22.60
6	M	7.20	4.50				11.70	6.39	21.20
7	L	3.20	1.80	2.60			7.60	4.15	3.40
9	M	3.50					3.50	1.91	3.90
11	L	0.18	1.20				1.38	0.75	1.60
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	73.50
18	M	6.00					6.00	3.28	22.20
Total VD									148.40

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	73.50	22.60	22.20	21.20	3.90	3.40	1.60	148.40	6	71.36
2	73.50	22.60	22.20	21.20	3.90	2.00	1.60	147.00	5	74.80
3	73.50	22.60	22.20	21.20	2.00	2.00	1.60	145.10	4	80.04
4	73.50	22.60	22.20	2.00	2.00	2.00	1.60	125.90	3	76.25
5	73.50	22.60	2.00	2.00	2.00	2.00	1.60	105.70	2	73.85
6	73.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.60	85.10	1	85.10

Número de deducidos >2(q) :	6.00	Max CDV :	85.10
Valor deducido mas alto (HDVi) :	73.50	PCI :	14.90
Número admisible deducido (mi) :	3.43	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.7 Unidad de Muestra N° 07

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 15 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 7 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:68.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.89), logrando obtener el Máximo CDV = 89.72, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 07 de Rango 10.28 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 32: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 07

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	0.45				0.45	0.25	11.30
1	H	2.40				2.40	1.31	34.10
7	M	3.00	1.80			4.80	2.62	7.80
11	M	0.99	0.42	0.72		2.13	1.16	10.60
13	M	1.00	1.00	1.00		3.00	1.64	41.10
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	68.50
15	M	2.10				2.10	1.15	19.60
Total VD								193.00

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	68.50	41.10	34.10	19.60	11.30	10.60	7.80	193.00	7	82.60
2	68.50	41.10	34.10	19.60	11.30	10.60	2.00	187.20	6	86.88
3	68.50	41.10	34.10	19.60	11.30	2.00	2.00	178.60	5	87.58
4	68.50	41.10	34.10	19.60	2.00	2.00	2.00	169.30	4	89.72
5	68.50	41.10	34.10	2.00	2.00	2.00	2.00	151.70	3	88.85
6	68.50	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	119.60	2	80.80
7	68.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.50	1	80.50
Número de deducidos >2(q) :									7.00	
Valor deducido mas alto (HDVi) :									68.50	
Número admisible deducido (mi) :									3.89	
Max CDV :									89.72	
PCI :									10.28	
Rating :									FALLADO	

Fuente: Elaboración Propia

4.3.8 Unidad de Muestra N° 08

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 23 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos en severidad alta, media y baja con 15 fallas en total, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:73.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.43), logrando obtener el Máximo CDV = 95.55, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 08 de Rango 4.45 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 33: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 08

FALLAS EXISTENTES									
Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.45					2.45	1.34	24.10
11	L	0.84	0.72	0.36	0.90	0.42	3.24	1.77	4.10
12	L	6.00					6.00	3.28	0.40
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	34.20
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	52.30
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	2.73	73.50
16	L	4.80					4.80	2.62	9.70
Total VD									198.30

CÁLCULO DE PCI											
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	73.50	52.30	34.20	24.10	9.70	4.10	0.40	198.30	6	89.66	
2	73.50	52.30	34.20	24.10	9.70	2.00	0.40	196.20	5	92.86	
3	73.50	52.30	34.20	24.10	2.00	2.00	0.40	188.50	4	95.55	
4	73.50	52.30	34.20	2.00	2.00	2.00	0.40	166.40	3	94.92	
5	73.50	52.30	2.00	2.00	2.00	2.00	0.40	134.20	2	88.10	
6	73.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.40	83.90	1	83.90	
Número de deducidos >2(q) :									6.00	Max CDV :	95.55
Valor deducido mas alto (HDVi) :									73.50	PCI :	4.45
Número admisible deducido (mi) :									3.43	Rating :	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.9 Unidad de Muestra N° 09

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 19 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 10 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:68.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.89), logrando obtener el Máximo CDV = 93.60, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 09 de Rango 6.40 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 34: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 09

FALLAS EXISTENTES									
Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.58					2.58	1.41	24.50
3	L	2.40	1.62				4.02	2.20	2.00
10	M	4.80	3.20				8.00	4.37	10.40
11	M	0.35	0.70	0.64			1.69	0.92	9.20
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	3.28	56.80
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00		4.00	2.19	68.50
16	M	10.00					10.00	5.46	26.20
Total VD									197.60

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	68.50	56.80	26.20	24.50	10.40	9.20	2.00	197.60	6	89.52
2	68.50	56.80	26.20	24.50	10.40	2.00	2.00	190.40	5	91.12
3	68.50	56.80	26.20	24.50	2.00	2.00	2.00	182.00	4	93.60
4	68.50	56.80	26.20	2.00	2.00	2.00	2.00	159.50	3	92.75
5	68.50	56.80	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	135.30	2	88.65
6	68.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.50	1	80.50

Número de deducidos >2(q) :	6.00	Max CDV :	93.60
Valor deducido mas alto (HDVi) :	68.50	PCI :	6.40
Número admisible deducido (mi) :	3.89	Rating :	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.10 Unidad de Muestra N° 10

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 20 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 10 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:62.40), para así calcular el número admisible deducido(mi:4.45), logrando obtener el Máximo CDV = 91.60, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 10 de Rango 8.40 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 35: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 10

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	1.20	1.84					3.04	1.66	26.10
3	M	6.00						6.00	3.28	8.50
10	M	3.00	1.80					4.80	2.62	7.00
11	M	0.54	0.64	0.42				1.60	0.87	8.90
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00	3.83	60.70
13	H	1.00	1.00	1.00				3.00	1.64	62.40
19	L	4.00	2.88					6.88	3.76	2.60
Total VD										176.20

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	62.40	60.70	26.10	8.90	8.50	7.00	2.60	176.20	7	77.86
2	62.40	60.70	26.10	8.90	8.50	7.00	2.00	175.60	6	82.68
3	62.40	60.70	26.10	8.90	8.50	2.00	2.00	170.60	5	85.18
4	62.40	60.70	26.10	8.90	2.00	2.00	2.00	164.10	4	87.64
5	62.40	60.70	26.10	2.00	2.00	2.00	2.00	157.20	3	91.60
6	62.40	60.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	133.10	2	87.55
7	62.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74.40	1	74.40
<i>Número de deducidos >2(q) :</i> 7.00									Max CDV :	91.60
<i>Valor deducido mas alto (HDVi) :</i> 62.40									PCI :	8.40
<i>Número admisible deducido (mi) :</i> 4.45									Rating :	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.11 Unidad de Muestra N° 11

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 18 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 9 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:62.40), para así calcular el número admisible deducido(mi:4.45), logrando obtener el Máximo CDV = 91.83, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 11 de Rango 8.17 con una clasificación FALLADO.

Cuadro N° 36: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 11

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	1.80	1.92					3.72	2.03	28.10
1	H	4.32						4.32	2.36	42.50
3	M	15.00						15.00	8.20	14.40
10	M	3.00	1.80					4.80	2.62	7.00
11	M	0.36	0.28	0.36				1.00	0.55	7.10
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	3.28	37.10
13	H	1.00	1.00	1.00				3.00	1.64	62.40
									Total VD	198.60

CÁLCULO DE PCI											
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	62.40	42.50	37.10	28.10	14.40	7.10	7.00	198.60	7	83.72	
2	62.40	42.50	37.10	28.10	14.40	7.10	2.00	193.60	6	88.72	
3	62.40	42.50	37.10	28.10	14.40	2.00	2.00	188.50	5	90.55	
4	62.40	42.50	37.10	28.10	2.00	2.00	2.00	176.10	4	91.83	
5	62.40	42.50	37.10	2.00	2.00	2.00	2.00	150.00	3	88.00	
6	62.40	42.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	114.90	2	78.45	
7	62.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74.40	1	74.40	
Número de deducidos >2(q) :									7.00	Max CDV :	91.83
Valor deducido mas alto (HDVi) :									62.40	PCI :	8.17
Número admisible deducido (mi) :									4.45	Rating :	FALLADO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.12 Unidad de Muestra N° 12

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 15 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 8 fallas, seguido de las grietas de grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:68.50), para así calcular el número admisible deducido(mi:3.89), logrando obtener el Máximo CDV = 80.50, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 12 de Rango 19.50 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 37: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 12

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	H	1.20				1.20	0.66	25.10
3	M	2.70	0.28			2.98	1.63	4.90
5	M	1.75				1.75	0.96	14.80
10	M	5.00	2.00			7.00	3.83	9.40
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	30.70
13	H	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	68.50
19	M	2.40				2.40	1.31	9.00
Total VD								162.40

CÁLCULO DE PCI											
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	68.50	30.70	25.10	14.80	9.40	9.00	4.90	162.40	7	74.48	
2	68.50	30.70	25.10	14.80	9.40	9.00	2.00	159.50	6	75.80	
3	68.50	30.70	25.10	14.80	9.40	2.00	2.00	152.50	5	77.25	
4	68.50	30.70	25.10	14.80	2.00	2.00	2.00	145.10	4	80.04	
5	68.50	30.70	25.10	2.00	2.00	2.00	2.00	132.30	3	79.88	
6	68.50	30.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	109.20	2	75.60	
7	68.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.50	1	80.50	
Número de deducidos >2(q) :									7.00	Max CDV :	80.50
Valor deducido mas alto (HDVi) :									68.50	PCI :	19.50
Número admisible deducido (mi) :									3.89	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.13 Unidad de Muestra N° 13

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 17 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 10 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:47.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:5.86), logrando obtener el Máximo CDV = 71.80, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 13 de Rango 28.20 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 38: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 13

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
3	M	3.00						3.00	1.64	4.90
5	M	4.00						4.00	2.19	23.10
11	M	0.64	0.36	1.35				2.35	1.28	11.20
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	3.28	37.10
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00			4.00	2.19	47.10
15	M	1.20						1.20	0.66	14.30
19	M	1.80						1.80	0.98	8.40
Total VD									146.10	

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	47.10	37.10	23.10	14.30	11.20	8.40	4.90	146.10	7	68.83
2	47.10	37.10	23.10	14.30	11.20	8.40	2.00	143.20	6	69.28
3	47.10	37.10	23.10	14.30	11.20	2.00	2.00	136.80	5	70.40
4	47.10	37.10	23.10	14.30	2.00	2.00	2.00	127.60	4	71.80
5	47.10	37.10	23.10	2.00	2.00	2.00	2.00	115.30	3	70.65
6	47.10	37.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	94.20	2	66.94
7	47.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	59.10	1	59.10
Número de deducidos $>2(q)$: 7.00									Max CDV :	71.80
Valor deducido mas alto (HDVi) : 47.10									PCI :	28.20
Número admisible deducido (mi) : 5.86									Rating :	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.14 Unidad de Muestra N° 14

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 12 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 6 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:62.40), para así calcular el número admisible deducido(mi:4.45), logrando obtener el Máximo CDV = 87.04, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 14 de Rango 12.96 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 39: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 14

FALLAS EXISTENTES							
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	3.00			3.00	1.64	26.00
3	M	8.00			8.00	4.37	10.20
5	M	3.00			3.00	1.64	20.30
10	M	5.00	3.00		8.00	4.37	10.04
13	M	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	41.10
13	H	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	62.40
19	H	4.80			4.80	2.62	23.00
Total VD							193.04

CÁLCULO DE PCI											
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV	
1	62.40	41.10	26.00	23.00	20.30	10.20	10.04	193.04	7	82.61	
2	62.40	41.10	26.00	23.00	20.30	10.20	2.00	185.00	6	86.00	
3	62.40	41.10	26.00	23.00	20.30	2.00	2.00	176.80	5	87.04	
4	62.40	41.10	26.00	23.00	2.00	2.00	2.00	158.50	4	85.40	
5	62.40	41.10	26.00	2.00	2.00	2.00	2.00	137.50	3	82.75	
6	62.40	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	113.50	2	77.75	
7	62.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74.40	1	74.40	
Número de deducidos >2(q) : 7.00										Max CDV :	87.04
Valor deducido mas alto (HDVi) : 62.40										PCI :	12.96
Número admisible deducido (mi) : 4.45										Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.15 Unidad de Muestra N° 15

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 15 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 6 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:41.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:6.41), logrando obtener el Máximo CDV = 61.08, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 15 de Rango 38.92 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 40: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 15

FALLAS EXISTENTES							
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	1.80			1.80	0.98	21.10
10	M	7.00	3.00		10.00	5.46	12.00
11	L	0.54	1.44		1.98	1.08	2.60
11	M	0.72	0.72	0.75	2.19	1.20	10.80
13	L	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	26.60
13	M	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	41.10
19	M	1.80			1.80	0.98	8.40
Total VD							122.60

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	41.10	26.60	21.10	12.00	10.80	8.40	2.60	122.60	7	60.04
2	41.10	26.60	21.10	12.00	10.80	8.40	2.00	122.00	6	59.80
3	41.10	26.60	21.10	12.00	10.80	2.00	2.00	115.60	5	59.80
4	41.10	26.60	21.10	12.00	2.00	2.00	2.00	106.80	4	60.40
5	41.10	26.60	21.10	2.00	2.00	2.00	2.00	96.80	3	61.08
6	41.10	26.60	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	77.70	2	56.39
7	41.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	53.10	1	53.10
Número de deducidos $>2(q)$: 7.00 Valor deducido mas alto (HDVi) : 41.10 Número admisible deducido (mi) : 6.41									Max CDV : PCI : Rating :	61.08 38.92 MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.16 Unidad de Muestra N° 16

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 12 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:32.40), para así calcular el número admisible deducido(mi:7.21), logrando obtener el Máximo CDV = 74.28, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 16 de Rango 25.72 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 41: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 16

FALLAS EXISTENTES								
<i>Daño</i>	<i>Severidad</i>	<i>Cantidades Parciales</i>				<i>Total</i>	<i>Densidad (%)</i>	<i>Valor Deducido</i>
1	M	2.70				2.70	1.48	25.00
4	M	4.00				4.00	2.19	19.00
5	M	10.00				10.00	5.46	32.40
10	M	3.00	2.00	10.00		15.00	8.20	15.60
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.19	30.70
16	M	8.00				8.00	4.37	23.50
19	M	12.00				12.00	6.56	15.20
Total VD								161.40

CÁLCULO DE PCI											
<i>Item</i>	<i>Valores Deducidos</i>							<i>Total</i>	<i>q</i>	<i>CDV</i>	
1	32.40	30.70	25.00	23.50	19.00	15.60	15.20	161.40	7	74.28	
2	32.40	30.70	25.00	23.50	19.00	15.60	2.00	148.20	6	71.28	
3	32.40	30.70	25.00	23.50	19.00	2.00	2.00	134.60	5	69.30	
4	32.40	30.70	25.00	23.50	2.00	2.00	2.00	117.60	4	66.56	
5	32.40	30.70	25.00	2.00	2.00	2.00	2.00	96.10	3	60.66	
6	32.40	30.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	73.10	2	53.17	
7	32.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	44.40	1	44.40	
Número de deducidos >2(q) :									7.00	Max CDV :	74.28
Valor deducido mas alto (HDVi) :									32.40	PCI :	25.72
Número admisible deducido (mi) :									7.21	Rating :	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.17 Unidad de Muestra N° 17

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 17 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 10 fallas, seguido de los parcheos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:52.30), para así calcular el número admisible deducido(mi:5.38), logrando obtener el Máximo CDV = 87.70, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 17 de Rango 12.30 con una clasificación MUY MALO.

Cuadro N° 42: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 17

FALLAS EXISTENTES										
Daño	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.70	3.60					6.30	3.44	33.80
5	M	12.00						12.00	6.56	34.60
10	M	6.40						6.40	3.50	8.80
11	M	0.84	0.64					1.48	0.81	8.60
13	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		5.00	2.73	34.20
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		5.00	2.73	52.30
16	M	6.00						6.00	3.28	20.10
Total VD										192.40

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	52.30	34.60	34.20	33.80	20.10	8.80	8.60	192.40	7	82.48
2	52.30	34.60	34.20	33.80	20.10	8.80	2.00	185.80	6	86.32
3	52.30	34.60	34.20	33.80	20.10	2.00	2.00	179.00	5	87.70
4	52.30	34.60	34.20	33.80	2.00	2.00	2.00	160.90	4	86.36
5	52.30	34.60	34.20	2.00	2.00	2.00	2.00	129.10	3	78.01
6	52.30	34.60	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	96.90	2	68.83
7	52.30	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	64.30	1	64.30
Número de deducidos >2(q) :									7.00	
Valor deducido mas alto (HDVi) :									52.30	
Número admisible deducido (mi) :									5.38	
Max CDV :										87.70
PCI :										12.30
Rating :										MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.18 Unidad de Muestra N° 18

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 12 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son las grietas longitudinales y transversales con 3 fallas, seguido de los huecos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:28.60), para así calcular el número admisible deducido(mi:7.56), logrando obtener el Máximo CDV = 59.20, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 18 de Rango 40.80 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 43: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 18

FALLAS EXISTENTES							
<i>Daño</i>	<i>Severidad</i>	<i>Cantidades Parciales</i>			<i>Total</i>	<i>Densidad (%)</i>	<i>Valor Deducido</i>
1	M	2.00			2.00	1.09	22.10
3	L	7.20			7.20	3.93	3.70
5	M	7.20			7.20	3.93	28.60
10	M	4.00	2.00	5.00	11.00	6.01	12.80
11	M	1.80	0.80		2.60	1.42	11.80
13	L	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	26.60
16	M	3.60			3.60	1.97	14.90
Total VD							120.50

CÁLCULO DE PCI										
<i>Item</i>	<i>Valores Deducidos</i>							<i>Total</i>	<i>q</i>	<i>CDV</i>
1	28.60	26.60	22.10	14.90	12.80	11.80	3.70	120.50	7	59.20
2	28.60	26.60	22.10	14.90	12.80	11.80	2.00	118.80	6	58.40
3	28.60	26.60	22.10	14.90	12.80	2.00	2.00	109.00	5	56.50
4	28.60	26.60	22.10	14.90	2.00	2.00	2.00	98.20	4	55.92
5	28.60	26.60	22.10	2.00	2.00	2.00	2.00	85.30	3	53.95
6	28.60	26.60	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	65.20	2	47.64
7	28.60	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	40.60	1	40.60

Número de deducidos >2(q) :	7.00	Max CDV :	59.20
Valor deducido mas alto (HDVi) :	28.60	PCI :	40.80
Número admisible deducido (mi) :	7.56	Rating :	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.19 Unidad de Muestra N° 19

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 11 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son las grietas longitudinales y transversales con 3 fallas, seguido de los huecos. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:33.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:7.14), logrando obtener el Máximo CDV = 68.32, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 19 de Rango 31.68 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 44: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 19

FALLAS EXISTENTES							
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.40			2.40	1.31	23.80
4	M	4.00			4.00	2.19	19.00
10	M	4.00	5.00	3.00	12.00	6.56	13.50
13	L	1.00	1.00		2.00	1.09	21.00
13	M	1.00	1.00		2.00	1.09	33.10
16	M	12.00			12.00	6.56	28.40
19	L	8.00			8.00	4.37	2.80
Total VD							141.60

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	33.10	28.40	23.80	21.00	19.00	13.50	2.80	141.60	7	67.48
2	33.10	28.40	23.80	21.00	19.00	13.50	2.00	140.80	6	68.32
3	33.10	28.40	23.80	21.00	19.00	2.00	2.00	129.30	5	66.65
4	33.10	28.40	23.80	21.00	2.00	2.00	2.00	112.30	4	63.38
5	33.10	28.40	23.80	2.00	2.00	2.00	2.00	93.30	3	58.98
6	33.10	28.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	71.50	2	52.05
7	33.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	45.10	1	45.10

Número de deducidos >2(q) :	7.00	Max CDV :	68.32
Valor deducido mas alto (HDVi) :	33.10	PCI :	31.68
Número admisible deducido (mi) :	7.14	Rating :	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.20 Unidad de Muestra N° 20

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 9 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 3 fallas, seguido de las grietas de reflexión de junta. Se determinó un total de 7 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:22.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:8.15), logrando obtener el Máximo CDV = 45.35, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 20 de Rango 54.65 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 45: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 20

FALLAS EXISTENTES						
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	1.20		1.20	0.66	17.80
3	M	8.00		8.00	4.37	10.20
8	M	2.50	7.00	9.50	5.19	10.00
13	L	1.00	1.00	2.00	1.09	21.00
13	M	1.00		1.00	0.55	22.10
18	L	1.90		1.90	1.04	2.10
19	M	3.00		3.00	1.64	9.50
Total VD						92.70

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos						Total	q	CDV	
1	22.10	21.00	17.80	10.20	10.00	9.50	2.10	92.70	7	45.35
2	22.10	21.00	17.80	10.20	10.00	9.50	2.00	92.60	6	45.30
3	22.10	21.00	17.80	10.20	10.00	2.00	2.00	85.10	5	43.45
4	22.10	21.00	17.80	10.20	2.00	2.00	2.00	77.10	4	43.26
5	22.10	21.00	17.80	2.00	2.00	2.00	2.00	68.90	3	43.79
6	22.10	21.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	53.10	2	39.17
7	22.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	34.10	1	34.10
Número de deducidos >2(q) : 7.00 Valor deducido mas alto (HDVi) : 22.10 Número admisible deducido (mi) : 8.15									Max CDV : PCI : Rating :	45.35 54.65 REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.21 Unidad de Muestra N° 21

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 9 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 3 fallas, seguido de los pulimientos de agregados. Se determinó un total de 5 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:26.60), para así calcular el número admisible deducido(mi:7.74), logrando obtener el Máximo CDV = 47.29, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 21 de Rango 52.71 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 46: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 21

FALLAS EXISTENTES							
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2.70			2.70	1.48	25.00
10	M	5.00			5.00	2.73	7.20
10	L	5.00			5.00	2.73	1.10
12	L	7.50			7.50	4.10	0.80
13	L	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	26.60
19	L	4.50			4.50	2.46	2.20
19	M	3.00			3.00	1.64	9.50
Total VD							72.40

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	26.60	25.00	9.50	7.20	2.20	1.10	0.80	72.40	5	36.44
2	26.60	25.00	9.50	7.20	2.20	1.10	0.80	72.40	4	40.44
3	26.60	25.00	9.50	2.00	2.20	1.10	0.80	67.20	3	42.68
4	26.60	25.00	2.00	7.20	2.00	1.10	0.80	64.70	2	47.29
5	26.60	2.00	2.00	2.00	2.00	1.10	0.80	36.50	1	36.50

Número de deducidos >2(q) :	5.00	Max CDV :	47.29
Valor deducido mas alto (HDVi) :	26.60	PCI :	52.71
Número admisible deducido (mi) :	7.74	Rating :	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.22 Unidad de Muestra N° 22

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 10 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 3 fallas, seguido de desprendimiento de agregados. Se determinó un total de 4 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:62.40), para así calcular el número admisible deducido(mi:4.45), logrando obtener el Máximo CDV = 71.00, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 22 de Rango 29.00 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 47: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 22

FALLAS EXISTENTES							
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	0.56			0.56	0.31	4.60
1	M	2.70			2.70	1.48	25.00
11	L	1.20	0.25		1.45	0.79	1.80
12	L	7.50			7.50	4.10	0.80
13	H	1.00	1.00	1.00	3.00	1.64	62.40
19	L	12.00	1.80		13.80	7.54	4.00
Total VD							98.60

CÁLCULO DE PCI									
Item	Valores Deducidos				Total	q	CDV		
1	62.40	25.00	4.60	4.00	1.80	0.80	98.60	4	56.16
2	62.40	25.00	4.60	2.00	1.80	0.80	96.60	3	60.96
3	62.40	25.00	2.00	2.00	1.80	0.80	94.00	2	66.80
4	62.40	2.00	2.00	2.00	1.80	0.80	71.00	1	71.00

Número de deducidos >2(q) :	4.00	Max CDV :	71.00
Valor deducido mas alto (HDVi) :	62.40	PCI :	29.00
Número admisible deducido (mi) :	4.45	Rating :	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.23 Unidad de Muestra N° 23

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 9 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de piel de cocodrilo. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:39.20), para así calcular el número admisible deducido(mi:6.58), logrando obtener el Máximo CDV = 63.20, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 23 de Rango 36.80 con una clasificación MALO.

Cuadro N° 48: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 23

FALLAS EXISTENTES						
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	2.70		2.70	1.48	14.10
1	M	10.00		10.00	5.46	39.20
10	M	10.00		10.00	5.46	12.00
12	L	6.50		6.50	3.55	0.60
13	L	1.00	1.00	2.00	1.09	21.00
13	M	1.00	1.00	2.00	1.09	33.10
19	L	4.50		4.50	2.46	2.20
Total VD						122.20

CÁLCULO DE PCI										
Item	Valores Deducidos							Total	q	CDV
1	39.20	33.10	21.00	14.10	12.00	2.20	0.60	122.20	6	59.88
2	39.20	33.10	21.00	14.10	12.00	2.20	0.60	122.20	5	63.10
3	39.20	33.10	21.00	14.10	2.00	2.00	0.60	112.00	4	63.20
4	39.20	33.10	21.00	2.00	2.00	2.00	0.60	99.90	3	62.94
5	39.20	33.10	2.00	2.00	2.00	2.00	0.60	80.90	2	58.54
6	39.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.60	49.80	1	49.80

Número de deducidos >2(q) :	6.00	Max CDV :	63.20
Valor deducido mas alto (HDVi) :	39.20	PCI :	36.80
Número admisible deducido (mi) :	6.58	Rating :	MALO

Fuente: Elaboración Propia

4.3.24 Unidad de Muestra N° 24

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 11 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los Huecos con 4 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 5 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:33.10), para así calcular el número admisible deducido(mi:7.14), logrando obtener el Máximo CDV = 45.05, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 24 de Rango 54.95 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 49: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 24

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
8	L	7.00	2.00			9.00	4.92	3.30
10	L	3.00	2.00	3.00		8.00	4.37	2.70
12	L	10.00				10.00	5.46	1.40
13	L	1.00	1.00			2.00	1.09	21.00
13	M	1.00	1.00			2.00	1.09	33.10
19	L	3.60				3.60	1.97	2.10
Total VD								63.60

CÁLCULO DE PCI									
Item	Valores Deducidos					Total	q	CDV	
1	33.10	21.00	3.30	2.70	2.10	1.40	63.60	5	31.16
2	33.10	21.00	3.30	2.70	2.00	1.40	63.50	4	35.10
3	33.10	21.00	3.30	2.00	2.00	1.40	62.80	3	39.82
4	33.10	21.00	2.00	2.00	2.00	1.40	61.50	2	45.05
5	33.10	2.00	2.00	2.00	2.00	1.40	42.50	1	42.50

Número de deducidos >2(q) :	5.00	Max CDV :	45.05
Valor deducido mas alto (HDVi) :	33.10	PCI :	54.95
Número admisible deducido (mi) :	7.14	Rating :	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.25 Unidad de Muestra N° 25

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 10 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son los parcheos con 3 fallas, seguido de los huecos. Se determinó un total de 5 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:42.90), para así calcular el número admisible deducido(mi:6.24), logrando obtener el Máximo CDV = 52.90, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 25 de Rango 47.10 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 50: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 25

FALLAS EXISTENTES								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	3.60	10.00			13.60	7.43	42.90
8	M	7.00				7.00	3.83	8.10
10	M	4.00				4.00	2.19	5.80
11	M	0.06	0.18	1.00		1.24	0.68	7.90
13	L	1.00	1.00			2.00	1.09	21.00
19	L	3.00				3.00	1.64	2.00
Total VD								87.70

CÁLCULO DE PCI									
Item	Valores Deducidos						Total	q	CDV
1	42.90	21.00	8.10	7.90	5.80	2.00	87.70	5	44.85
2	42.90	21.00	8.10	7.90	2.00	2.00	83.90	4	47.34
3	42.90	21.00	8.10	2.00	2.00	2.00	78.00	3	49.30
4	42.90	21.00	2.00	2.00	2.00	2.00	71.90	2	52.33
5	42.90	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	52.90	1	52.90

Número de deducidos $>2(q)$:	5.00	Max CDV :	52.90
Valor deducido mas alto (HDVi) :	42.90	PCI :	47.10
Número admisible deducido (mi) :	6.24	Rating :	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.26 Unidad de Muestra N° 26

En esta sección de pavimento, durante la inspección podemos apreciar 7 fallas representativas, de las cuales las fallas con mayor presencia son piel de cocodrilo con 2 fallas, seguido de las grietas longitudinales y transversales. Se determinó un total de 6 valores deducidos (q) mayores de 2, luego se calculó el valor deducido más alto (HDVi:47.70), para así calcular el número admisible deducido(mi:5.80), logrando obtener el Máximo CDV = 50.50, determinando un PCI de unidad de Muestra N° 26 de Rango 49.50 con una clasificación REGULAR.

Cuadro N° 51: Cálculo de PCI de Unidad de Muestra N° 26

FALLAS EXISTENTES						
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	3.60	10.00	13.60	10.88	47.70
10	L	2.00	1.00	3.00	2.40	0.80
11	L	0.08	0.06	0.14	0.11	0.00
13	L	1.00		1.00	0.80	16.90
Total VD						65.40

CÁLCULO DE PCI						
Ítem	Valores Deducidos			Total	q	CDV
1	47.70	16.90	0.80	65.40	2	47.78
2	47.70	2.00	0.80	50.50	1	50.50

Número de deducidos $>2(q)$:	2.00	Max CDV :	50.50
Valor deducido mas alto (HDVi) :	47.70	PCI :	49.50
Número admisible deducido (mi) :	5.80	Rating :	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

4.3.27 Resultado PCI de Sección de Pavimento

La sección de pavimento abarca 26 unidades de muestras ,en el cual todas las unidades de muestra han sido inventariadas, para el cálculo del PCI de la sección, promediaremos los PCI calculados de cada unidad de muestra.

Cuadro N° 52: Cálculo de PCI de una Sección de Pavimento - Método Algebraico

CÁLCULO MATEMÁTICO							
Item	Unidad Muestra	Progresivas		Área (m2)	Máximo Valor Deducido	PCI	Rating
		Pk Inicio	Pk Final				
1	UM-01	2+200.00	2+218.30	183.00	57.51	42.49	REGULAR
2	UM-02	2+218.30	2+236.60	183.00	93.27	6.73	FALLADO
3	UM-03	2+236.60	2+254.90	183.00	86.08	13.92	MUY MALO
4	UM-04	2+254.90	2+273.20	183.00	84.08	15.92	MUY MALO
5	UM-05	2+273.20	2+291.50	183.00	85.40	14.60	MUY MALO
6	UM-06	2+291.50	2+309.80	183.00	85.10	14.90	MUY MALO
7	UM-07	2+309.80	2+328.10	183.00	89.72	10.28	FALLADO
8	UM-08	2+328.10	2+346.40	183.00	95.55	4.45	FALLADO
9	UM-09	2+346.40	2+364.70	183.00	93.60	6.40	FALLADO
10	UM-10	2+364.70	2+383.00	183.00	91.60	8.40	FALLADO
11	UM-11	2+383.00	2+401.30	183.00	91.83	8.17	FALLADO
12	UM-12	2+401.30	2+419.60	183.00	80.50	19.50	MUY MALO
13	UM-13	2+419.60	2+437.90	183.00	71.80	28.20	MALO
14	UM-14	2+437.90	2+456.20	183.00	87.04	12.96	MUY MALO
15	UM-15	2+456.20	2+474.50	183.00	61.08	38.92	MALO
16	UM-16	2+474.50	2+492.80	183.00	74.28	25.72	MUY MALO
17	UM-17	2+492.80	2+511.10	183.00	87.70	12.30	MUY MALO
18	UM-18	2+511.10	2+529.40	183.00	59.20	40.80	MALO
19	UM-19	2+529.40	2+547.70	183.00	68.32	31.68	MALO
20	UM-20	2+547.70	2+566.00	183.00	45.35	54.65	REGULAR
21	UM-21	2+566.00	2+584.30	183.00	47.29	52.71	REGULAR
22	UM-22	2+584.30	2+602.60	183.00	71.00	29.00	MALO
23	UM-23	2+602.60	2+620.90	183.00	63.20	36.80	MALO
24	UM-24	2+620.90	2+639.20	183.00	45.05	54.95	REGULAR
25	UM-25	2+639.20	2+657.50	183.00	52.90	47.10	REGULAR
26	UM-26	2+657.50	2+670.00	125.00	50.50	49.50	REGULAR

PCI TOTAL: **26.19** MALO

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1 ESTUDIO DE SUELOS

Los trabajos de mecánica de suelos se han desarrollado con la finalidad de investigar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía; los trabajos se desarrollaron en tres etapas, inicialmente los trabajos correspondientes al revelamiento de información ejecutados directamente en el campo, posteriormente los trabajos que evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada que permita establecer los parámetros para el diseño.

Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de la sub rasante existente a lo largo del trazo, se llevo a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicata y recolección de muestra para ser ensayada en laboratorio. En total se excavo 3 pozos a cielo abierto, los que se denominan: C1: 2+218.30 , C2: 2+419.60 y C3: 2+639.20

5.1.1 Perfil Estratigráfico

La profundidad alcanzada en las perforaciones mencionadas es de 1.50 m. por debajo de la sub rasante proyectada y ubicada al lado izquierdo de la vía en estudio. En cada calicata se registro el perfil estratigráfico del suelo de la sub rasante, clasificando visualmente los materiales mediante el procedimiento de campo establecido por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Se extrajeron muestras de cada estrato de las calicatas para su evaluación en laboratorio, con los resultados obtenidos de los análisis en laboratorio se determino el perfil estratigráfico de la vía en estudio, así como la descripción del material encontrado en cada una de ellas. (Ver Anexo: Perfil Estratigráfico).

Cuadro N° 53: Clasificación de Suelo de calicatas

Item	Progresiva	Calicata	Muestra	Clasificacion
1	2+218.30	C-1	M-1	CL - ML
2	2+419.60	C-2	M-1	CL - ML
3	2+639.20	C-3	M-1	CL - ML

Fuente: Estudio de Mecanica de Suelos

5.1.2 Límite Líquido (ASTM D-423) y Límite Plástico (ASTM D-424)

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable, esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa por la malla N° 200 porque es este el material que actua como ligante. Un material de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos.

Cuadro N° 54: Clasificación según Límite Líquido y Límite Plástico

Item	Progresiva	Calicata	Muestra	Clasificación	
				Líquido	Plástico
1	2+218.30	C-1	M-1	19.89	5.60
2	2+419.60	C-2	M-1	22.10	6.30
3	2+639.20	C-3	M-1	16.99	4.84

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

5.1.3 Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557)

Se efectua para determinar un optimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber que cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Cuadro N° 55: Clasificación según Proctor Modificado

Item	Progresiva	Calicata	Muestra	Proctor	
				Max. Dens. Seca	Humedad Optima
1	2+218.30	C-1	M-1	1.621	9.80
2	2+419.60	C-2	M-1	1.932	17.00
3	2+639.20	C-3	M-1	2.155	9.00

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

5.1.4 Determinación de CBR

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo simplemente como "Relacion de soporte" y esta normado con el nombre ASTM D 1883-73.

Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub base y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm. y que es

retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exeda del 20%.

Cuadro N° 56: Clasificación según CBR

Item	Progresiva	Calicata	Muestra	CBR a 0.1”	
				100 %	95 %
1	2+218.30	C-1	M-1	9.41	8.30
2	2+419.60	C-2	M-1	14.60	9.00
3	2+639.20	C-3	M-1	14.50	10.00

Fuente: Estudio de Mecanica de Suelos

5.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

(ver Anexo N° 06)

5.3 SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTO

La simulación del diseño de Pavimento se realizo con el software DISPAV-5 Version 3.0, el cual está basado en el extenso programa de investigación patrocinado por la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, y con el Instituto de Ingeniería, UNAM. Los conceptos generales, desarrollados en las investigaciones realizadas de 1965 a la fecha (informes 325 y 444) son compatibles con el nuevo método de diseño, que incluye tanto carreteras de altas especificaciones como carreteras normales.

5.3.1 Iniciando Simulación

Para este caso de estudio iniciamos el software con el icono dispav-5.



Figura N° 25: Ventana de presentación de Software Dispav-5 Versión 3.0

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

En la experimentación se toman en cuenta las cargas reales. Sin embargo en el proceso de análisis se acostumbra utilizar el "Tránsito Equivalente", usualmente referido a ejes sencillos con llantas gemelas y peso estándar de 8.2 t, el cual produce el mismo daño que el "Tránsito Mezclado" que se presenta en nuestra realidad. Esta decisión es muy importante porque influye de manera directa en el costo de la carretera, y en su comportamiento en condiciones reales de servicio. Para este cálculo de simulación asumiremos que conocemos el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar.

Figura N° 26: Validación de Tránsito de Proyecto

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

Desde el punto de vista estructural es conveniente emplear un número de capas no mayor de cinco, de tal manera que tanto el análisis como la construcción correspondan a un proyecto bien definido, fácil de construir y de conservar durante su vida de servicio. De acuerdo con lo anterior, el programa DISPAV-5 está proyectado para analizar secciones estructurales con un máximo de cinco capas, las cuales pueden ser: Carpeta asfáltica, Base granular, o estabilizada con asfalto, Sub-base granular, Subrasante, y Terracería.



Figura N° 27: Sección Estructural del pavimento

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

El número mínimo de capas consideradas es dos, y una de ellas debe ser la terracería. También se establece como restricción que la primera capa sea carpeta o base. Para nuestro caso se elige : Carpeta, Base y Terracería

A continuación se piden los Valores Relativos de Soporte críticos de cada una de las capas no estabilizadas. El CBRz es una de las variables de proyecto más importantes y el proyectista debe poner mucho cuidado en su estimación, de manera que sea representativo de las condiciones esperadas en el camino durante la vida de servicio de la obra vial.

En este punto el programa revisa los Valores Relativos de Soporte críticos introducidos (CBRz), en relación con los valores máximos y mínimos permisibles para cada capa

Para fines de cálculo estructural, cuando se utiliza carpeta asfáltica se requiere introducir el módulo de rigidez, o módulo dinámico, en kg/cm². La estimación del módulo de rigidez de proyecto es un procedimiento que debe

hacerse con mucho cuidado, ya que debe representar el comportamiento de dicha capa en condiciones de servicio, durante la vida útil de la carretera

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	Poisson
1. Carpeta			4200	0.35
2. Base granular (min. 80%)	95	95.0	3150	0.35
5. Terracería (min. 3%)	60	20.0	2284	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

Figura N° 28: Características de los Materiales de Diseño

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

También se necesita la relación de Poisson de todas las capas. Este parámetro es difícil de determinar experimentalmente ya que se requieren máquinas de prueba con una instrumentación que permita medir con precisión las deformaciones resilientes vertical y horizontal.

El programa suministra valores promedio para cada capa y permite al usuario modificar esos valores en caso de contar con información confiable de ese parámetro para los materiales específicos que emplea.

El nivel de confianza se refiere a la probabilidad de que la duración real del pavimento sea al menos igual a la de proyecto. Se sugiere el empleo de un nivel de 85 %, pero el método permite al usuario el empleo de cualquier nivel entre 50 % y 99 %.

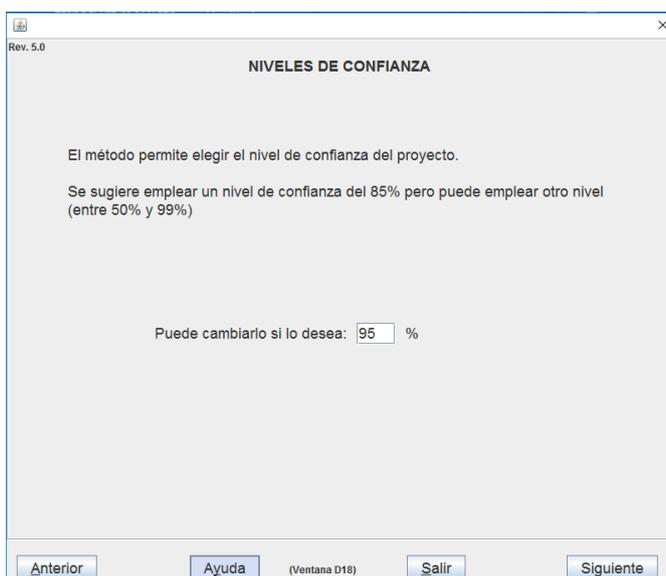


Figura N° 29: Selección de Nivel de Confianza

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

Con este dato termina la entrada de datos del proyecto por deformación permanente y se pasa al cálculo de espesores.

El espesor obtenido para cada capa se compara con el espesor mínimo especificado para el nivel de tránsito de proyecto establecido. Si el espesor calculado es menor al mínimo especificado, se toma dicho espesor mínimo como espesor de proyecto, y se disminuyen los espesores de las capas inferiores, de acuerdo con los coeficientes estructurales de esas capas.

Los espesores mínimos especificados para las capas de base y sub-base se fijan por consideraciones constructivas, fundamentados en el comportamiento de carreteras en condiciones reales de servicio

Rev. 5.0

**ESPEORES DE PROYECTO PARA EL TRÁNSITO DE DISEÑO
EN MILLONES DE EJES ESTÁNDAR**

Diseño por deformación para un camino normal, con un nivel de confianza de:

95.0%

Para un tránsito de proyecto de 1594 millones de ejes estándar.

Capa	Espesor Calculado cm	Espesor Proyecto cm
Carpeta	33.9	33.9
Base granular	21.3	21.3

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y el tránsito de proyecto. El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

El suelo de cimentación bajo la capa 5 es semi-infinito y puede coincidir con el valor de la capa de terracería.

Anterior Ayuda (Ventana D14) Salir Siguiente

Figura N° 30: Cálculo de Espesores de Pavimento

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

Una vez calculado los espesores para las capas se procede a realizar un reajuste en base al modulo de rigidez , obteniendo así los siguientes resultados finales.

Rev. 5.0

**RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS**

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.
 Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
 Tránsito de proyecto: 1594 millones de ejes estandar
 Nivel de confianza: 95.0%

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	4200	26
Base granular	3150	21.3
Terracería	2284	Semi-inf.

Anterior (Ventana D15) Salir Siguiente

Figura N° 31: Resumen de Datos de Cálculo

Fuente: Software Dispav-5 versión 3.0

CONCLUSIONES

1. Luego de realizar la validación de la Hipótesis General en la evaluación visual realizado al tramo en estudio, mediante el Método PCI (Índice de Condición de Pavimento), se concluye que el estado situacional del pavimento de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; se encuentra en un Rango de Clasificación MALO debido a un que se obtuvo una calificación de 26.19
2. Según la validación de la Hipotesis Especifica 1; las fallas con mayor presencia según su grado de severidad presentes en el pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín son: Huecos, Parcheo, Grieta Longitudinal /Transversal y Piel de Cocodrilo.
3. Se concluye que es factible realizar la evaluación de pavimentos flexibles, basado en Mayor Valor Residual de daños, el cual es un indicador importante para determinar el grado de severidad de daños por unidad de muestra.
4. Los principales agentes causantes de los daños encontrados durante la evaluación de la vía son principalmente: las cargas repetidas de tránsito en vehículos pesados, el

cambio de las estaciones en el área de estudio, la mala calidad de suelo portante en el área y los materiales de baja calidad.

5. Obtenido el Índice de Condición de Pavimento de la vía en estudio , el cual indica que es MALO; se concluye que el pavimento es de condiciones anormales, el cual perjudica el tránsito adecuado de los vehículos, ya que no brinda un apropiado confort a los usuarios.
6. En todo el Distrito de Chilca se debe realizar un inventario de vías y cuantificar el valor del PCI para cada una de ellas, determinando y proponiendo que se generen políticas de conservación y mantenimiento de vías; y así poder realizar el mantenimiento adecuado y periódico de las vías del Distrito.
7. Identificando el estado situacional en la que se encuentra las calles y avenidas del Distrito de Chilca – Huancayo se puede determinar acciones acertadas para realizar el mantenimiento de vías y posteriormente definir un cronograma de rehabilitación de calles e incluso determinar una estrategia de inversión dentro del presupuesto anual.
8. El suelo analizado del área de investigación en todo el tramo muestreado tiene un CBR bajo.

RECOMENDACIONES

- 1.** De acuerdo a los resultados obtenidos en el pavimento evaluado se recomienda realizar un mantenimiento y rehabilitación total de la zona en estudio, asimismo realizar una evaluación de índice de condición de pavimento en un periodo no mayor a 10 meses de realizado el mantenimiento; esto para determinar la grafica de comportamiento del pavimento de acuerdo al diseño estructural.
- 2.** Se recomienda realizar la evaluación con mayor frecuencia, determinando el grado de severidad de daños, para implementar procedimientos de mantenimiento para cada tipo de falla localizada, garantizando cumplir el periodo de diseño del pavimento.
- 3.** Para una mayor precisión de los resultados de la evaluación se recomienda tomar todas las unidades de muestra en el cálculo del PCI.
- 4.** Teniendo en cuenta el nivel de tráfico de la vía evaluada, se debe realizar un mantenimiento continuo y plantear un nuevo diseño de pavimento tomando en cuenta las consideraciones de calidad de suelo, tipos de vía, estudio de transitabilidad y periodo de diseño.
- 5.** Se recomienda plantear obras de arte, cunetas, bombeo, drenaje en toda la vía, para evitar la saturación y sedimentación en la Av. Leoncio Prado.

6. Al momento de realizar la evaluación del campo, el evaluador o evaluadores, deberán de contar con sus herramientas necesarias para realizar el revelamiento de fallas al detalle, dado que es importante identificar bien las fallas y realizar el registro detalladamente.
7. Se recomienda definir un cronograma de rehabilitación y mantenimiento de vías en todo el distrito.
8. El mejoramiento de la Sub rasante hasta la profundidad de 30 cm. de material de préstamo seleccionado (Material de Cantera).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ASTM D 5340 (2014). INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS (PCI). Metodo de Evaluacion del PCI. Revision 0, Septiembre 2014.
2. Quijano, F. (2017). PRACTICA ESTANDAR PARA EL ESTUDIO DE PCI EN PAVIMENTOS. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/226662736/Astm-d6433>
3. RNE Norma CE.010 (2010). PAVIMENTOS URBANOS. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Sencico. 1ra Edición Lima - Perú.
4. Fwa, T.F.(2006). THE HANDBOOK OF HIGHWAY ENGINEERING. Taylor & francis Group. Recuperado de: <Http://www.taylorandfrancis.com>
5. Corredor, G.(1993). EXPERIMENTO VIAL DE LA AASHO Y LAS GUIAS DE DISEÑO DE AASHTO. Universidad Nacional de Ingeniería. Maestría. Peru.
6. Varela, L.R. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS. Revista IngePav. Colombia

7. DG,2014. DISEÑO GEOMÉTRICO. MANUAL DE CARRETERAS. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Revisión, Octubre 2014. Perú.
8. Corredor, G. (1993). n. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción. UNI. Peru.
9. Suarez, J.J. (2014) ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA LA EVALUACION DE DEFECTOS DE LOS PAVIMENTOS Y SU APLICABILIDAD EN CARRETERAS COLOMBIANAS. Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia.
10. Apolinario, E. W. (2012). INNOVACION DEL MÉTODO VIZIR EN ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS CON BAJO VOLUMEN DE TRANSITO. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.
11. Coronado, I. J. (2002) MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS. Usaid/Sieca. Capítulo V. Guatemala.
12. Olivera, F. (2002) INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. Agora Editores. Bogota – Colombia.
13. Brown, S. F. (1996) SOIL MECHANICS IN PAVEMENT ENGINEERING. 01-05ª. Auburn University. Alabama. U.S.A.
14. Montejo, A. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. 3ra Edición. Tomo I. Bogota DC. Universidad Católica de Colombia.
15. Anh Tu Do (2010). CRACKING IN ASPHALT PAVEMENTS. CGN 6506: BITUMINOUS MATERIALS. Revista.
16. Rodriguez, C.E. (2004). DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CÁLCULO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) EN PAVIMENTOS FLEXIBLE. Universidad Rafael Urdaneta. Tesis. Republica Bolivariana de Venezuela.

- 17.** Orozco, J.M. (2004). SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS V.2.0. Instituto Mexicano de Transporte. Publicación Técnica. Mexico.
- 18.** Contreras, C.F. (2008). FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELECCIÓN DE PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS VIALES Y SU APLICACIÓN A LA REGIÓN DE MAGALLANES. Universidad de Chile. Tesis. Chile
- 19.** Ceron, V. (2006). EVALUACION Y COMPARACIÓN DE METODOLOGIAS VIZIR Y PCI SOBRE EL TRAMO DE VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y RIGIDO DE LA VIA : MUSEO QUIMBAYA – CRQ ARMENIA QUINDIO (PR 0+000 -2+600). Universidad Nacional de Colombia. Tesis. Colombia
- 20.** Cazorla, E. (2010). METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN DE UN TRAMO DE CARRETERA A PARTIR DE LA INSPECCIÓN VISUAL. Instituto Superior Politecnico Jose Antonio Echeverria CUJAE. Tesis. La Habana.
- 21.** Rabanal, J.E.(2014). ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE DE CAJAMARCA UTILIZANDO EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO. Universidad Privada del Norte. Tesis. Cajamarca.
- 22.** Camposano & Cardenas (2012). DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SITUACIONAL DE LA VÍA: AV. ARGENTINA - AV. 24 DE JUNIO POR EL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS - 2012. Universidad Peruana los Andes. Tesis. Huancayo.
- 23.** Amaro, J.(2008). ELABORACIÓN DEL ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA ICA - PALPA - NAZCA. Estudio para el mejoramiento de la Transitabilidad. Provias Nacional. Perú

24. Rodriguez, E.D. (2009). CALCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA. Universidad de Piura. Tesis. Piura.
25. .Humpiri, K. (2015). ANALISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VIAS EN LA REGIÓN PUNO. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez. Tesis. Puno.
26. Jugo, A. (2005). MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. Apuntes UCV.
27. AUTORES VARIOS, (2009), PAVIMENTOS SELECCIÓN DE PRINCIPALES ARTÍCULOS, Perú, Editorial ICG.
28. DGC y F.(2014). MANUAL DE INVENTARIOS VIALES. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú.
29. DGC y F.(2014). MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú.
30. Universidad Nacional de Colombia. (2002). AUTOMATIZACION DEL CALCULO DE INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO PCI. Consultor: Luis Ricardo Vasquez Varela.
31. Rodriguez, G. (2011). MANUAL DE DISEÑO DE CONSERVACIÓN VIAL. ABC Administradora Boliviana de Carreteras. Manual de Carreteras. Volumen V.
32. Muhammad Ali Mubaraki. (2010). PREDICTING DETERIORATION FOR THE SAUDI ARABIA URBAN ROAD NETWORK. Departament of Civil Engineering. University of Nottingham.
33. Utah Departament of Transportation (2009). PAVEMENT PRESERVATION MANUAL – PART 2. Pavement Condition Data. Office of Asset management.

- 34.** Rondon, H. A. (2011). EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA SOMETIDA A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. Colombia.
- 35.** KMS & Associates, Inc. PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM. Micro Paver for City of Pittsburgh.
- 36.** Iowa. Des Moines (2008). EVALUATING PAVEMENT DISTRESS FOR PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM. Greater Iowa Asphalt Conference.
- 37.** Shahin, M.Y. (2005). PAVEMENTS MANagements FOR AIRPORTS, ROADS, AND PARKING LOTS. Springer Science + Business Media. First Edition.
- 38.** Varela, L.R. (2002). UNAL PCIA 2.0. SOFTWARE PARA CALCULO DE INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS. Ingepav Ingenieria de Pavimentos.
- 39.** U.S. Army Corp Engineering (2004). PAVEMENT MAINTENANCE MANAGEMENT. Unified Facilities Criteria (UFC). Public for Release UFC 3-270-08. January 2004.
- 40.** Balestrini, M. (2006). COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. Universidad Nacional Abierta, B.L. Consultores Asociados - Cap. VI, Venezuela.
- 41.** Arias, F. (2006). EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA. Editorial Episteme 5ta. edición. Caracas – Venezuela.
- 42.** Hernandez, R. (1991). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Editorial McGraw Hill. Mexico.
- 43.** Khun, T. (1991). ESTRUCTURA DE LAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS. Editorial Mc Graw Hill. Mexico.

- 44.** American Psychological Association (A.P.A.). GUÍA PARA ORGANIZAR, ESCRIBIR Y CITAR EL CONTENIDO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN. Manual de Estilo 3ra Edición 2010.

ANEXOS

Anexo N° 1:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

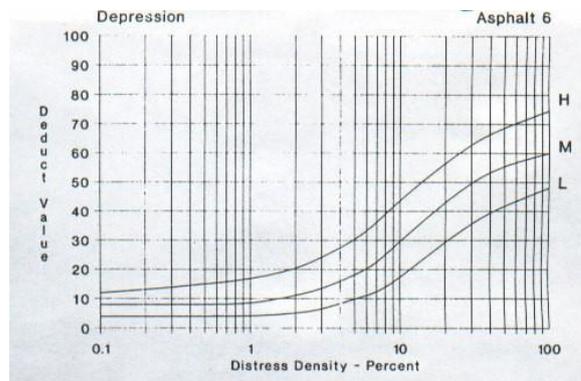
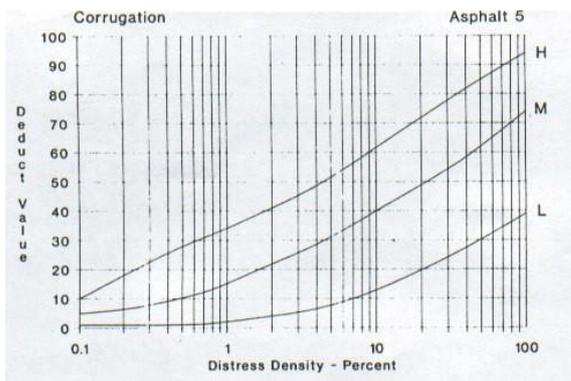
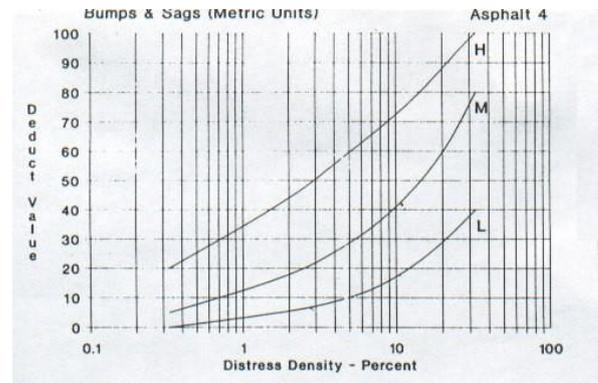
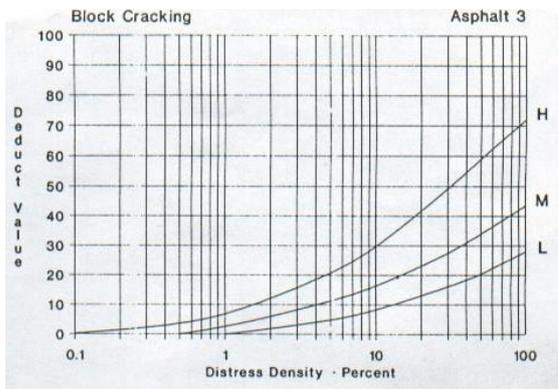
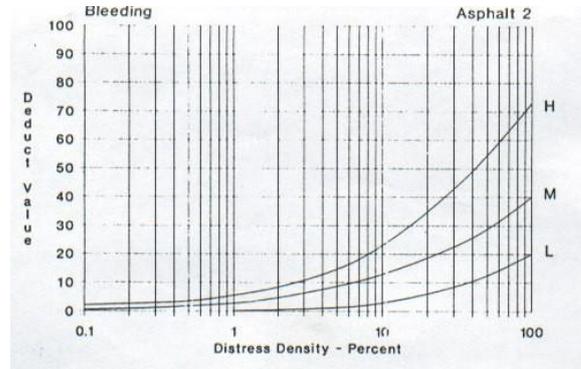
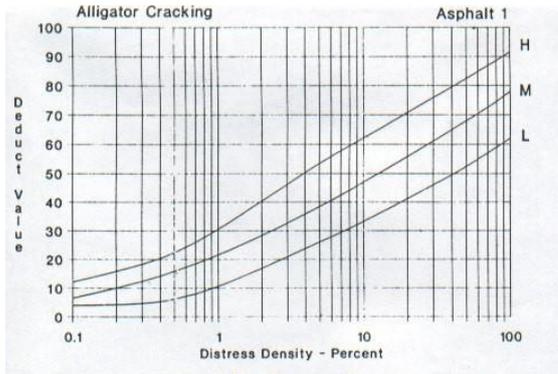
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I. CASO DE ESTUDIO: AV LEONCIO PRADO – DIST. CHILCA – PROV. HUANCAYO	Problema General ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; mediante el cálculo del índice de condición de pavimento flexible por el método PCI?	Objetivo General Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; Aplicando el método PCI.	Hipótesis General Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; Usando el Método PCI.	Independiente: Índice de Condición de Pavimentos	X ₁ = Rangos de Clasificación del PCI X ₂ = Grado de Severidad de Daños X ₃ = Mayor Valor Residual
	Problema Especifico 1: ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en rangos de clasificación, mediante el cálculo de índice de condición de pavimento flexible(PCI)?	Objetivo Específicos 1: Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en rangos de clasificación mediante el cálculo del índice de condición de pavimentos flexibles (PCI).	Hipótesis Especifica 1: Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en rangos de clasificación.		

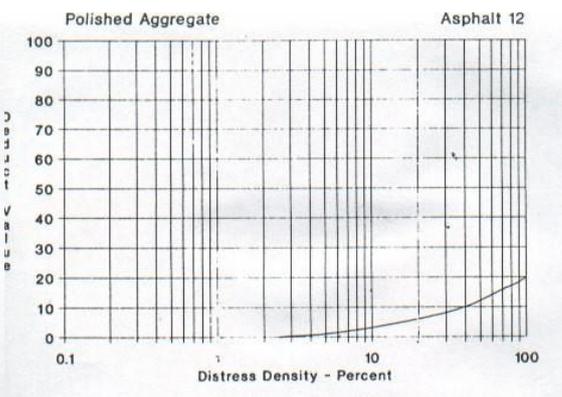
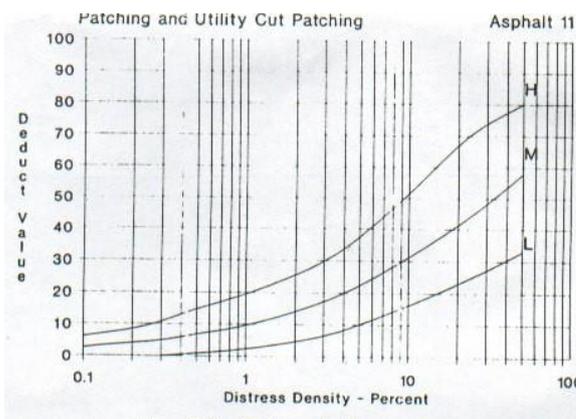
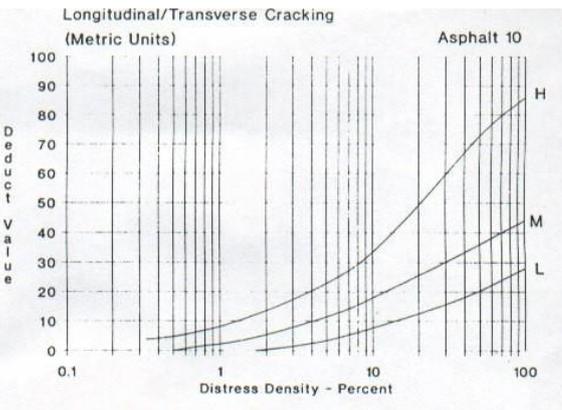
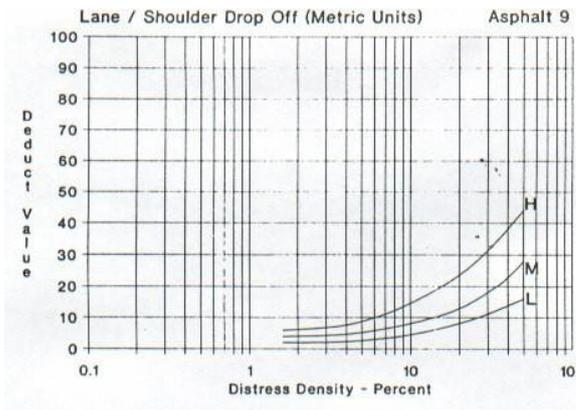
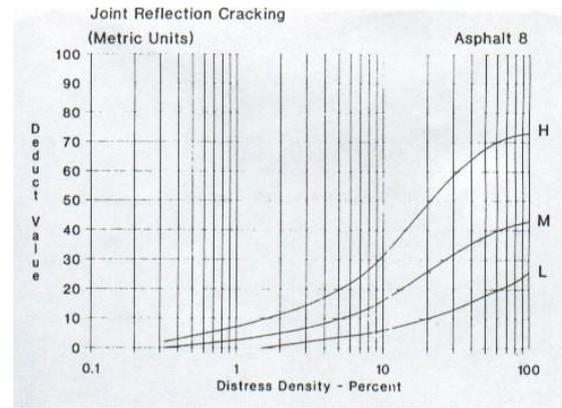
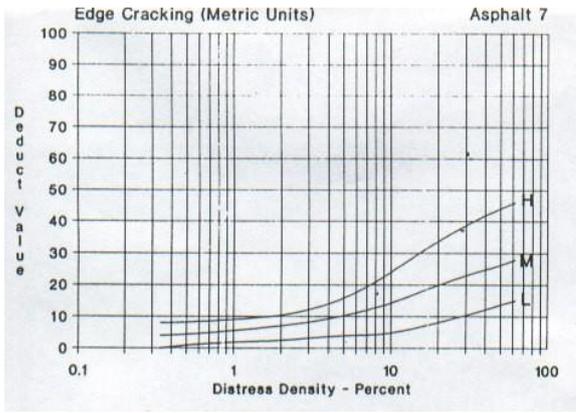
	<p>Problema Especifico 2: ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en grado de severidad de daños, mediante el cálculo de índice de condición de pavimento flexible (PCI)?</p>	<p>Objetivo Específicos 2: Evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en grado de severidad de daños mediante el cálculo del índice de condición de pavimentos flexibles (PCI).</p>	<p>Hipótesis Especifica 2: Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en grado de severidad de daños.</p>		
	<p>Problema Especifico 3: ¿Cómo evaluar el estado situacional de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en el mayor valor residual, mediante el método de índice de condición de pavimento flexible (PCI)?</p>	<p>Objetivo Específicos 3: Evaluar el estado situacional, de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; basado en el mayor valor residual mediante cálculo del índice de condición de pavimento flexibles (PCI).</p>	<p>Hipótesis Especifica 3: Se puede evaluar el estado situacional del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado, Tramo Jr. Túpac Amaru (Km. 2+200.00) – Av. Los Incas (Km. 2+670.00) del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín; aplicando el método PCI basado en el mayor valor residual.</p>	<p>Dependientes: Estado Situacional del pavimento de la Av. Leoncio Prado – Chilca - Huancayo</p>	<p>Y₁ = Condicion Actual de la Via Y₂ = Integridad estructural del pavimento. Y₃ = Fallas Comunes en el pavimento</p>

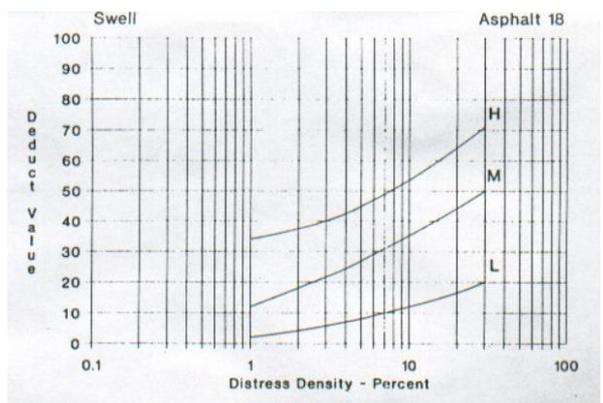
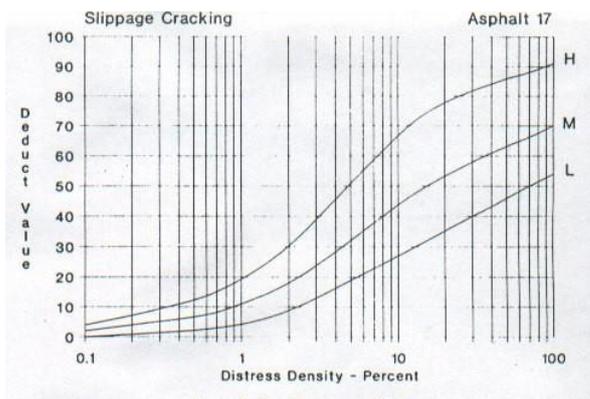
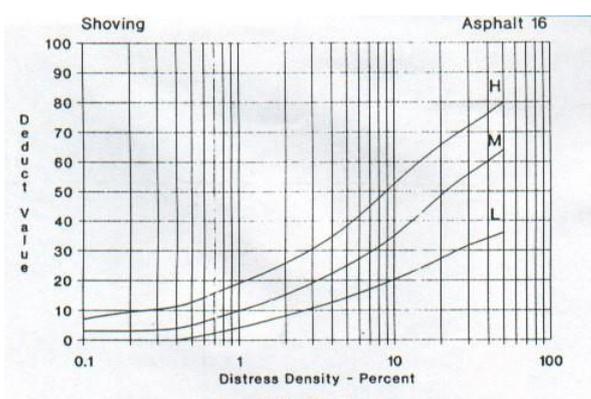
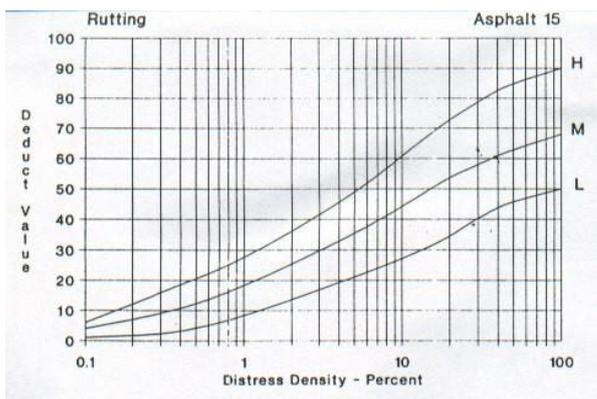
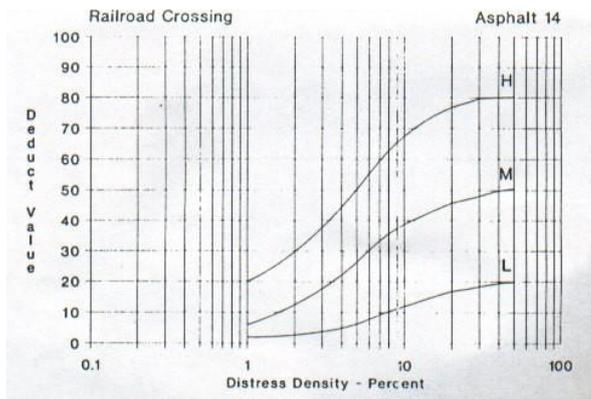
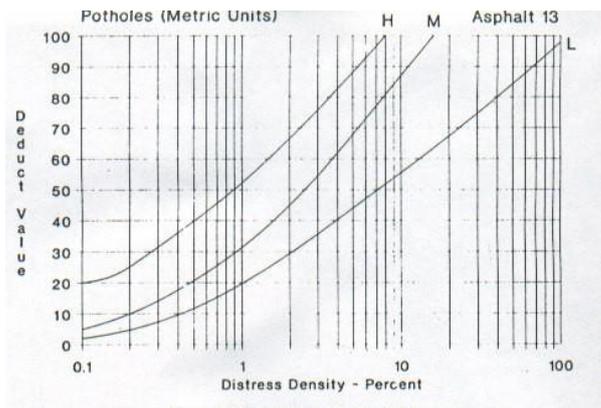
Fuente: Elaboración Propia

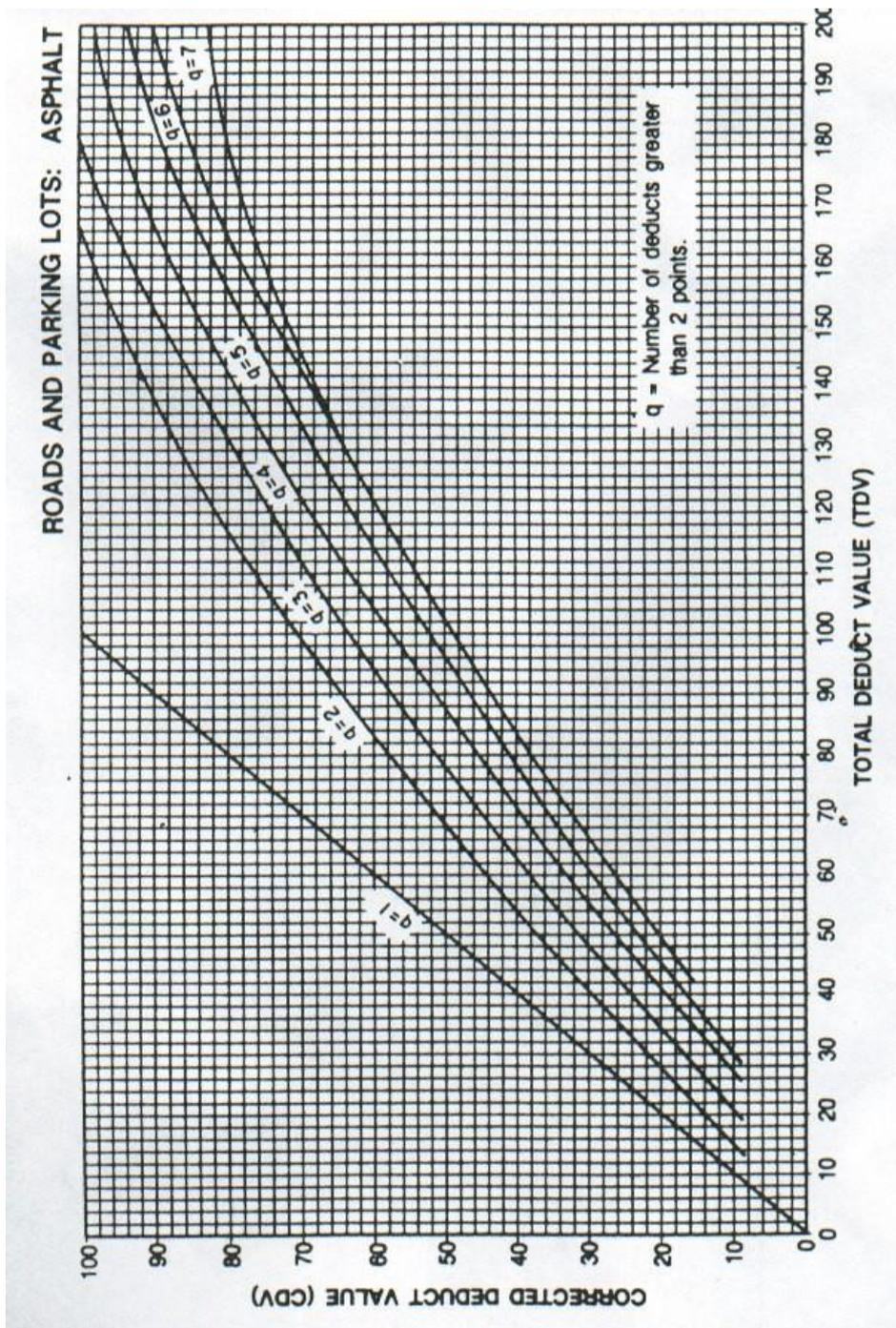
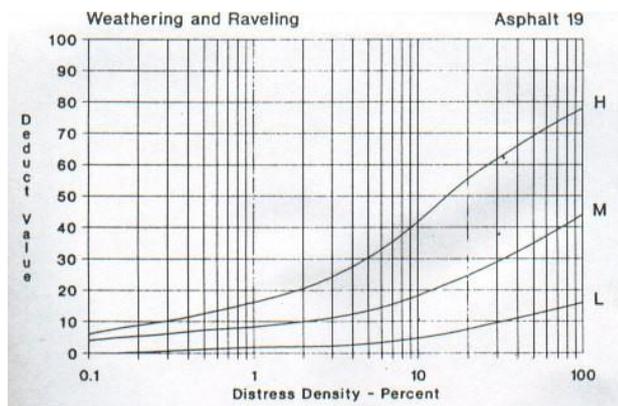
Anexo N° 3

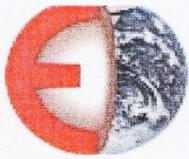
: CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS







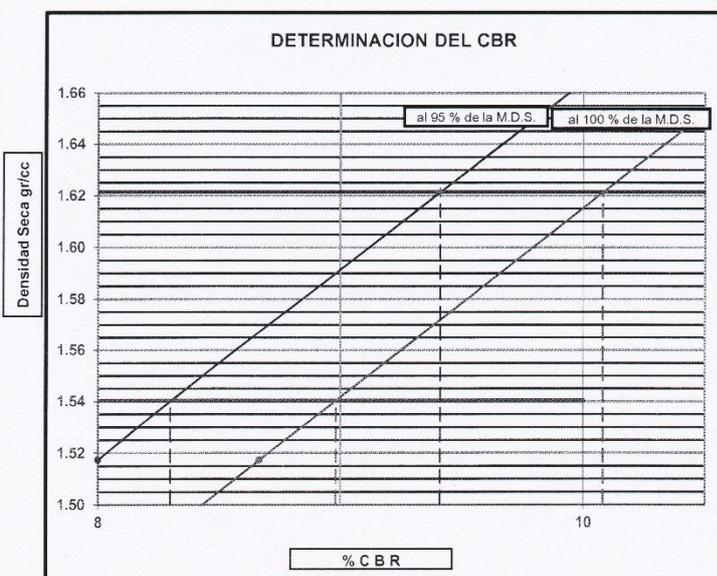
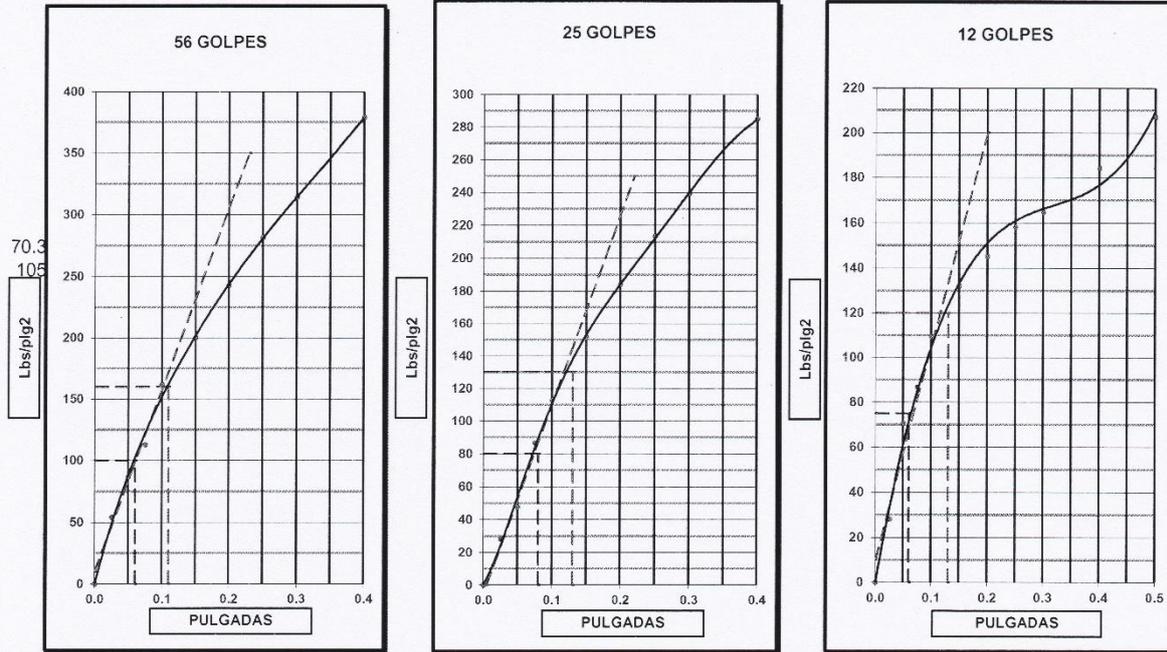




Anexo N° 4: ENSAYO DE CBR

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGION JUNIN"	FECHA :	20 DE JULIO DEL 2017
SOLICITADO :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUÑOZ	EFFECTUADO	EPD
UBICACIÓN :	C-1, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CALICATA:	C-1
PROGRESIVA:	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	MUESTRA :	M-1
LADO:	CENTRO	PROFUND.:	1.50 mts

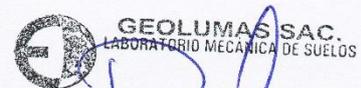
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 9.41 %
CBR AL 95%	0.1"	= 8.30 %
CBR AL 100%	0.2"	= 10.08 %
CBR AL 95%	0.2"	= 8.98 %

LEYENDA	
—————	= 0.2" pulg.
—————	= 0.1" pulg.
- - - - -	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 1.62 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 1.54 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 9.8 %

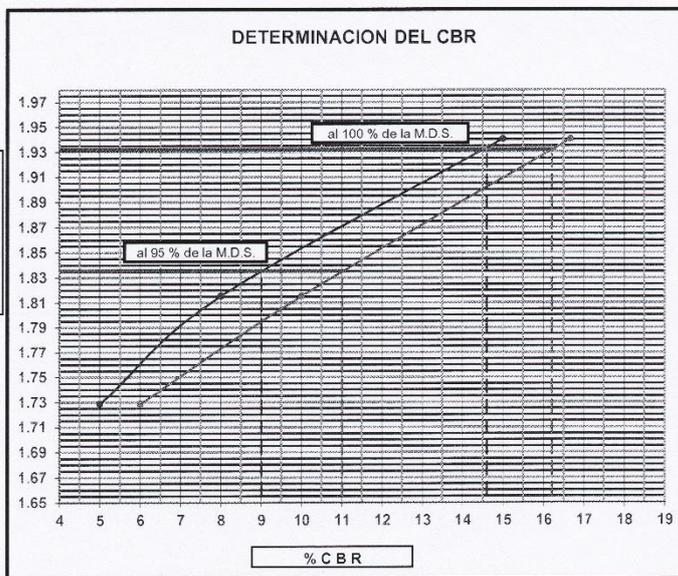
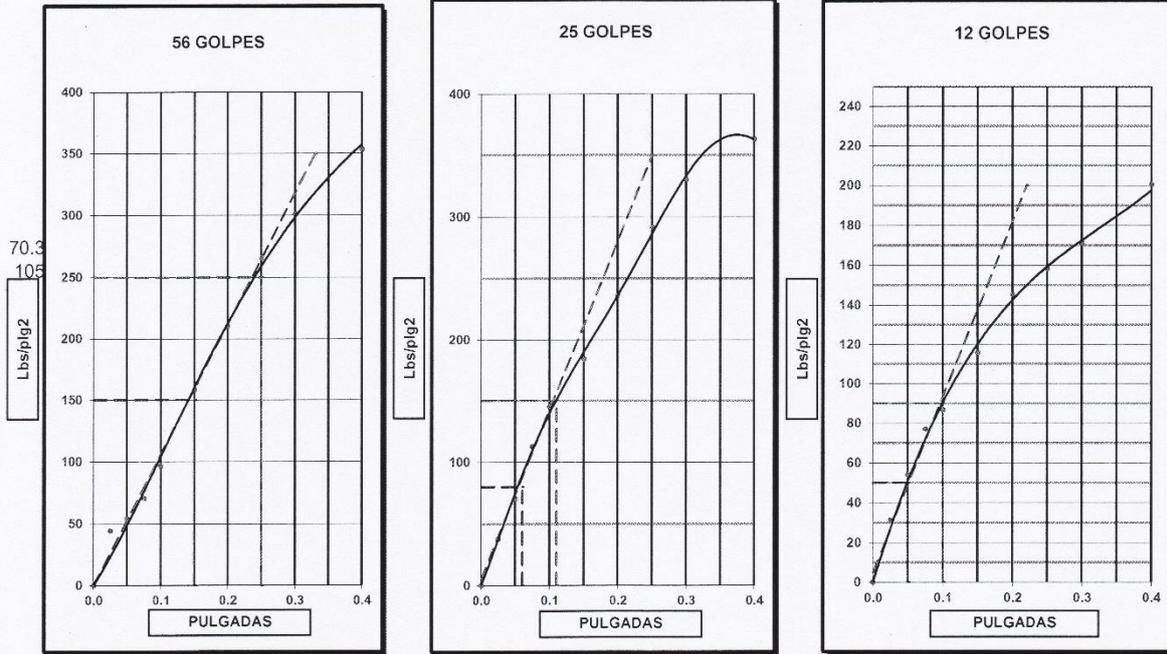


Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 145416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGION JUNIN"	FECHA :	20 DE JULIO DEL 2017
SOLICITADO :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUÑOZ	EFFECTUADO	EPD
UBICACIÓN :	C-2, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CALICATA:	C - 2
PROGRESIVA:	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	MUESTRA :	M - 1
LADO:	CENTRO	PROFUND.:	1.50 mts

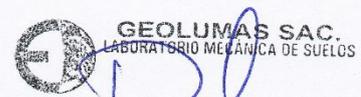
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 14.60 %
CBR AL 95%	0.1"	= 9.00 %
CBR AL 100%	0.2"	= 16.20 %
CBR AL 95%	0.2"	= 11.00 %

LEYENDA	
—————	= 0.2" pulg.
—————	= 0.1" pulg.
- - - - -	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 1.93 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 1.84 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 17.0 %

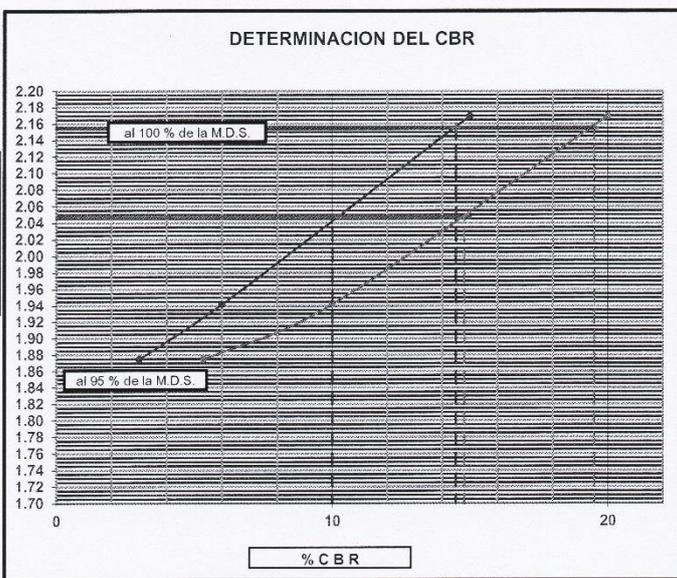
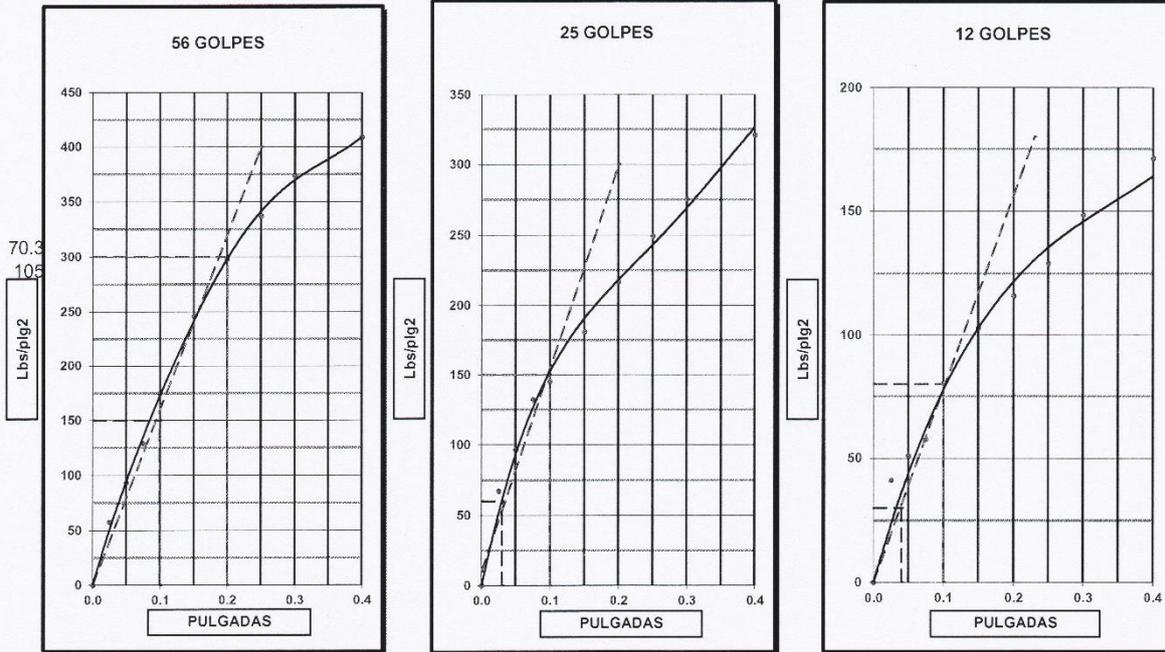


Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TECNICO CIP 145416
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGION JUNIN"	FECHA :	20 DE JULIO DEL 2017
SOLICITADO :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUÑOZ	EFFECTUADO	EPD
UBICACIÓN :	C-3, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CALICATA:	C-3
PROGRESIVA:	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	MUESTRA :	M-1
LADO:	CENTRO	PROFUND.:	1.50 mts

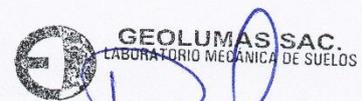
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR	
CBR AL 100%	0.1" = 14.50 %
CBR AL 95%	0.1" = 10.00 %
CBR AL 100%	0.2" = 19.50 %
CBR AL 95%	0.2" = 14.80 %

LEYENDA	
—————	= 0.2" pulg.
—————	= 0.1" pulg.
- - - - -	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 2.16 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 2.05 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 9.0 %



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TECNICO CIP 145416
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



Anexo 5: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

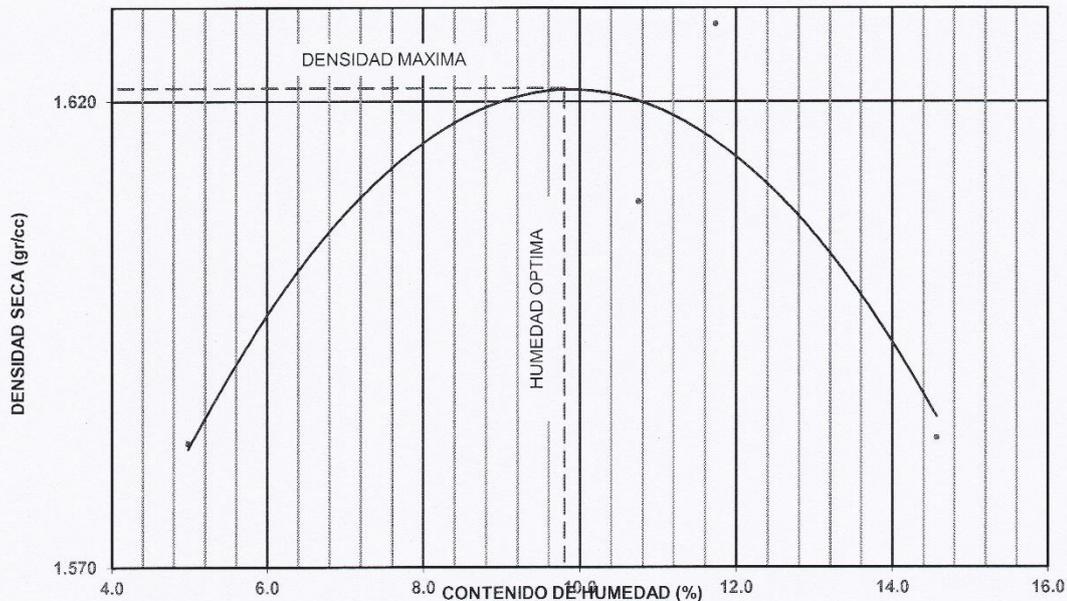
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACION DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGION JUNIN"	FECHA : HECHO POR	20 DE JULIO DEL 2017 EPD
UBICACIÓN :	C-1, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS - CHILCA	CANTERA :	
PROGRESIVA	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS - CHILCA	CALICATA:	C-1
SOLICITADO POR :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUÑOZ	MUESTRA :	M-1
LADO	CENTRO	PROF:	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO

METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2137	PESO DEL MOLDE (gr) : 5852	MOLDE Nro.	1				
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3					
PESO SUELO + MOLDE	9404	9738	9843	9986				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3552	3886	3991	4134				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.662	1.818	1.868	1.934				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	15	10	5	7	21	25	6	18
PESO SUELO HUMEDO + TARA	162.68	147.71	121.65	102.92	146.37	146.54	141.36	127.48
PESO SUELOS SECO + TARA	153.55	144.56	109.21	97.25	131.56	137.18	121.28	119.14
PESO DE LA TARA	30.31	29.32	21.00	13.52	30.48	30.79	30.63	30.56
PESO DE AGUA	9.13	3.15	12.44	5.67	14.81	9.36	20.08	8.34
PESO DE SUELO SECO	123.24	123.56	95.69	66.77	100.77	106.55	90.72	119.14
CONTENIDO DE AGUA	7.41	2.55	13.00	8.49	14.70	8.78	22.13	7.00
% PROMEDIO DE AGUA	4.98		10.75		11.74		14.57	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.583		1.609		1.628		1.584	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.621 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA		9.80 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES : _____

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

[Signature]

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 145416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



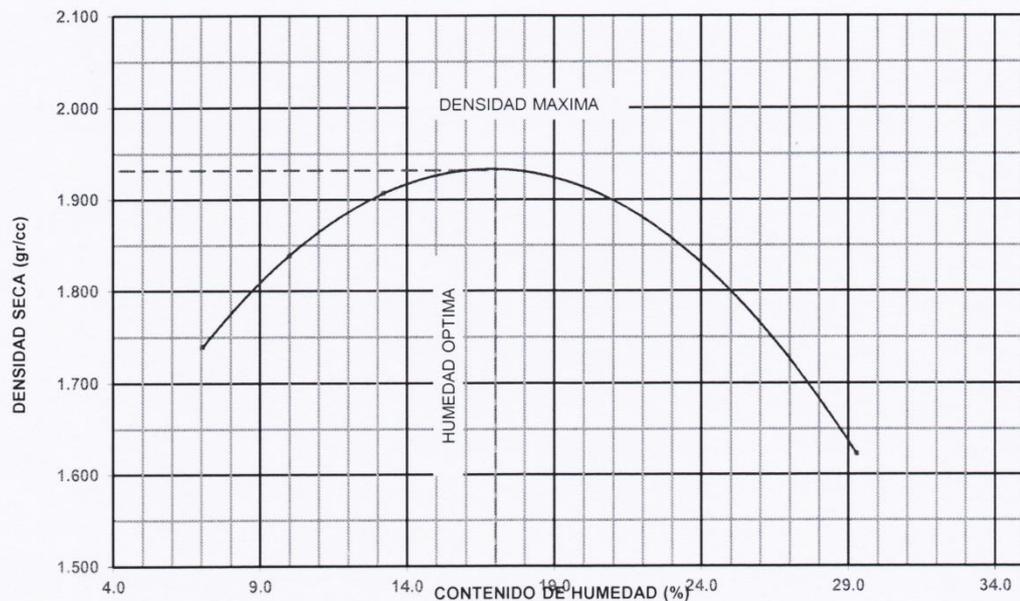
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGION JUNIN"	FECHA :	20 DE JULIO DEL 2017
UBICACIÓN :	C-2, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	HECHO POR :	EPD
PROGRESIVA SOLICITADO POR :	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CANTERA :	
LADO :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUÑOZ	CALICATA:	C - 2
	CENTRO	MUESTRA :	M - 1
		PROF:	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO

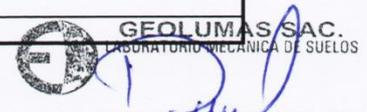
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2180		PESO DEL MOLDE (gr) :	5090				
			MOLDE Nro.	2				
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4				
PESO SUELO + MOLDE	9149	9440	9805	9752				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4059	4350	4715	4662				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.862	1.995	2.163	2.139				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	4	24	7	17	8	22	5	9
PESO SUELO HUMEDO + TARA	159.70	170.22	164.60	161.88	128.21	136.30	148.20	146.31
PESO SUELOS SECO + TARA	152.09	159.45	153.81	147.90	115.93	123.69	118.93	120.79
PESO DE LA TARA	27.40	24.57	27.50	26.00	24.50	26.70	27.00	25.30
PESO DE AGUA	7.61	10.77	10.79	13.98	12.28	12.61	29.27	25.52
PESO DE SUELO SECO	124.69	134.88	126.31	121.90	91.43	96.99	91.93	95.49
CONTENIDO DE AGUA	6.10	7.98	8.54	11.47	13.43	13.00	31.84	26.73
% PROMEDIO DE AGUA	7.04		10.01		13.22		29.28	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.739		1.838		1.907		1.622	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.932 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA		17.00 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES : _____





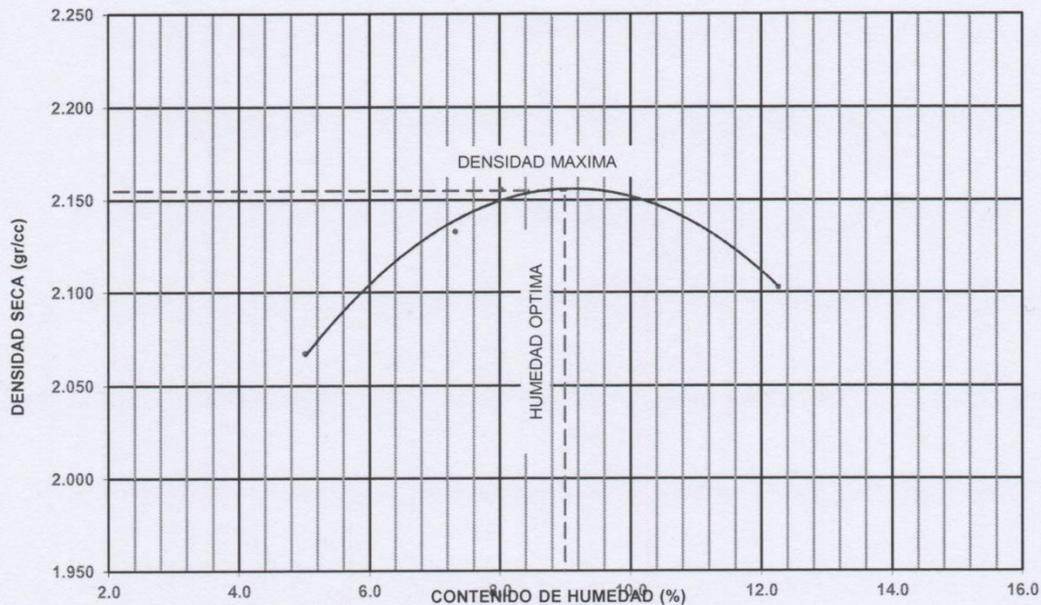
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES MEDIANTE EL METODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA – PROVINCIA DE HUANCAYO – REGION JUNIN"	FECHA : HECHO POR	20 DE JULIO DEL 2017 EPD
UBICACIÓN :	C-3, AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CANTERA :	
PROGRESIVA	AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU – AV. LOS INCAS - CHILCA	CALICATA:	C-3
SOLICITADO POR :	BACHILLER: EDUARDO DE LA O MUNOZ	MUESTRA :	M-1
LADO	CENTRO	PROF:	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO

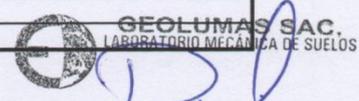
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2137	PESO DEL MOLDE (gr) :	5852	MOLDE Nro.	1			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3					
PESO SUELO + MOLDE	10491	10709	10833	10933				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4639	4857	4981	5081				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.171	2.273	2.331	2.378				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	6	20	21	8	15	13	15	13
PESO SUELO HUMEDO + TARA	184.54	167.04	178.20	181.16	175.50	173.07	175.50	173.07
PESO SUELOS SECO + TARA	174.62	162.72	168.72	169.58	164.32	162.30	158.32	155.30
PESO DE LA TARA	30.66	31.14	25.00	24.50	26.10	27.00	26.10	27.00
PESO DE AGUA	9.92	4.32	9.48	11.58	11.18	10.77	17.18	17.77
PESO DE SUELO SECO	143.96	137.72	144.22	143.48	137.32	136.20	131.32	155.30
CONTENIDO DE AGUA	6.89	3.14	6.57	8.07	8.14	7.91	13.08	11.44
% PROMEDIO DE AGUA	5.01		7.32		8.02		12.26	
PESO VOLUMETRICO SECO	2.067		2.133		2.155		2.103	
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.155 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA		9.00 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES : _____



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TECNICO CIP 145416
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Anexo 6: CÁLCULO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO

1.- PERIODO DE ANÁLISIS

Este debe de ser superior a los 20 años, con el fin de poder evaluar diferentes alternativas a largo plazo, se recomienda incluso que el periodo de análisis incluya al menos una rehabilitación.

Periodo de diseño a a daptar en función del tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Urbano de tránsito elevado	30 - 50
Interurbano de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentación de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito pavimentación c/grava	10 - 20

2.- CARRIL DE DISEÑO

Se admite que en general, en cada dirección circula el 50% del transito total (aunque en ocasiones puede variar entre el 30% al 70%)

Distribución de transito en función del numero de carriles

Nº DE CARRILES EN C/DIRECCIÓN	% DE EJES SIMPLES EQUIVALENTES DE 82 KN EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

3.- CONFIABILIDAD (R %)

El nivel de confiabilidad asegura que las secciones el pavimento duren el periodo para el cual fueron diseñadas

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99.9	85 - 99.9
Arteria principal	80 - 99.9	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR

El periodo de diseño sigue una ley de distribución normal

Mt = media

So = desviación típica

R = nivel de confiabilidad

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-0.1037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So)

Referida a la ley de predicción de comportamiento del pavimento

	PAV. RÍGIDO 0.30 - 0.40	PAV. FLEXIBLE 0.40 - 0.50
CONSTRUCCION NUEVA	0.35	0.45
SOBRECAPA	0.40	0.50

SERVICIALIDAD (Po - Pt)

Predice el porcentaje de servicialidad para varios niveles de tráfico y cargas de ejes

Po: depende de la calidad de la construcción

- Po = 4.5 Pavimento de Concreto
- Po = 4.2 Pavimento flexible

Pt: Tolerable antes de una rehabilitación o reconstrucción

- Pt = 2.5 Alto tráfico
- Pt = 2.0 Bajo tráfico

COEFICIENTES DE DRENAJE (mi-Cd)

Calidad del Drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximas a la saturacion			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Aceptable	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Calidad del Drenaje	Tiempo de remocion de agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	agua no drenada

ELEGIR mi = Cd = **1.00**

COEFICIENTE DE TRANSITO DE CARGAS (J)

Verifica la capacidad del pavimento para transmitir las cargas a traves de las discontinuidades

BERMA DISPOSICIÓN DE TRANSMISIÓN DE CARGAS	DE ASFALTO		DE CONCRETO	
	SI	NO	SI	NO
TIPO DE PAVIMENTO				
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2		2.3 - 2.9	

ELEGIR J = **2.8**

MÓDULO DE RUPTURA DEL CONCRETO (Mr)

Medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada.

- f_c = resistencia a la compresión del concreto
- Mr = Resistencia a la flexión (PSI)

$$Mr = (8 - 10) * \sqrt{f'c}$$

Mr = **546 psi**

f'c=210
f'c= 2983.89063
545.95

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (E_c)

$$E_c = 6750 * M_r \quad E_c = 57\,000 * \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 3,687,188 \text{ psi}$$

MÓDULO DE ROTURA (M_r)	MÓDULO ELÁSTICO
600 psi	3,900,000 psi
650 psi	4,200,000 psi
700 psi	4,600,000 psi

FACTOR DE PÉRDIDA DE SOPORTE (L_s)

Indica la pérdida de apoyo potencial de las losas a la erosionalidad de la sub base por asentamiento de la sub rasante

MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se obtiene tomando en cuenta el modulo de resiliencia de la sub rasante y el coeficiente de elasticidad de la sub rasante

(VER HOJA DE CALCULO - REACCIÓN K)

$$K = 575 \text{ pci}$$

HACIENDO UN RESUMEN DE LOS VALORES HALLADOS, TENEMOS:

DATOS:

Factor de confiabilidad	R% =	95.00 %
Error estandar combinado	So =	0.35
Ejes equivalentes (ESAL)	W ₁₈ =	13717561.31
Indice de serviciabilidad	P _o =	4.5
	P _t =	2.0
	ΔPSI =	2.5
Desviación estandar Normal	ZR =	-1.645
Modulo de Rotura del concreto	M _{rc} =S' _c =	546.25 psi
Coefficiente de drenaje	C _d =	1.00
Coefficiente de transmision de cargas en las juntas	J =	2.80
Módulo de Elasticidad del Concreto	E _c =	3.69E+06
Módulo de reaccion	K =	575 pci

ESPESOR PAVIMENTO DE CONCRETO	
CALCULADO DE ABACO	
D _{calc} :	10

FINALMENTE SE HALLARA LOS ESPESORES FINALES CON LA ECUACIÓN DADA

$$\text{Espesor de Pavimento de Concreto } D = 10.00 \text{ pulg}$$

DETERMINACION DEL ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO POR EL ABACO AASHTO 93**DATOS:**

Factor de confiabilidad	R% =	95.00 %
Error estandar combinado	So =	0.35
Ejes equivalentes (ESAL)	W ₁₈ =	13717561.31
Indice de serviciabilidad	P _o =	4.5
	P _t =	2.0
	ΔPSI =	2.5
Desviación estandar Normal	ZR =	-1.645
Modulo de Rotura del concreto	M _{rc} =S' _c =	546.25 psi
Coefficiente de drenaje	C _d =	1.00
Coefficiente de transmision de cargas en las juntas	J =	2.80
Módulo de Elasticidad del Concreto	E _c =	3.69E+06
Módulo de reaccion	K =	575 pci

ESPESOR PAVIMENTO DE CONCRETO	
CALCULADO DE ABACO	
D _{calc} :	10.00 Pulg.

AFORO VEHICULAR - ESTACION N° 3

TESIS **EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO PCI. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNÍN**

UBICACIÓN **CHILCA, HUANCAYO, JUNIN**

PUNTO DE AFORO **Interseccion Av. Leoncio Prado y Jr. Tupac Amaru**

DIA Y FECHA **Viernes, 26 de Enero del 2018**

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2 S1/2 S2	2 S3	3 S1/3 S2	>= 3 S3	2 T2	2 T3	3 T2	>=3 T3	
DIAGRA. VEH																					
12:00 - 12:30 am	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:30 - 1:00 am	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1:00 - 1:30 am	9	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1:30 - 2:00 am	11	11	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:00 - 2:30 am	12	6	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:30 - 3:00 am	12	7	1	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:00 - 3:30 am	16	6	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:30 - 4:00 am	12	6	3	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4:00 - 4:30 am	34	7	4	0	12	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4:30 - 5:00 am	44	22	5	1	18	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:00 - 5:30 am	68	32	6	1	22	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:30 - 6:00 am	32	25	7	2	25	0	2	0	4	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
6:00 - 6:30 am	69	32	11	3	23	0	1	0	5	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
6:30 - 7:00 am	113	24	14	2	28	2	0	0	5	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
7:00 - 7:30 am	123	45	13	5	30	1	0	0	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:30 - 8:00 am	145	34	4	7	30	0	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8:00 - 8:30 am	134	44	14	1	30	1	1	0	5	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8:30 - 9:00 am	155	54	15	2	23	2	0	0	3	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
9:00 - 9:30 am	133	56	12	3	32	1	Q	0	4	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
9:30 - 10:00 am	123	61	11	1	31	0	0	0	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
10:00 - 10:30 am	102	45	10	1	30	0	0	0	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
10:30 - 11:00 am	98	23	8	2	31	0	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:30 am	76	14	5	3	31	0	0	0	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
11:30 - 12:00 pm	75	34	4	3	31	0	2	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:30 pm	98	54	6	2	32	0	0	0	3	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
12:30 - 1:00 pm	99	45	7	1	23	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1:00 - 1:30 pm	105	55	2	1	31	0	0	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
1:30 - 2:00 pm	110	55	4	2	32	1	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:00 - 2:30 pm	100	47	5	1	31	0	1	0	1	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:30 - 3:00 pm	95	40	6	2	30	3	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:00 - 3:30 pm	86	38	5	1	29	0	0	0	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:30 - 4:00 pm	75	35	6	1	28	0	0	0	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
4:00 - 4:30 pm	74	37	4	2	29	2	1	0	3	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
4:30 - 5:00 pm	86	43	5	1	28	0	0	0	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:00 - 5:30 pm	95	45	6	2	26	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:30 - 6:00 pm	76	37	4	1	27	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:00 - 6:30 pm	89	41	5	2	31	0	0	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
6:30 - 7:00 pm	75	47	6	1	29	0	0	0	2	2	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
7:00 - 7:30 pm	85	51	4	2	27	0	0	0	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:30 - 8:00 pm	84	53	5	0	26	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8:00 - 8:30 pm	81	49	6	1	29	0	0	0	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8:30 - 9:00 pm	79	62	6	0	30	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
9:00 - 9:30 pm	78	67	5	2	29	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9:30 - 10:00 pm	67	74	4	1	17	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:00 - 10:30 pm	62	34	5	1	12	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 11:00 pm	60	34	4	0	12	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:30 pm	34	13	5	0	11	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 12:00 am	12	5	4	0	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:	3 515	16 61	276	67	10 32	13	8	0	118	100	63	11	0	0	16	0	0	0	0	6 880	

OBTENCION DE LA CARGA DE EJES EQUIVALENTES ESAL W 18

ESTACION N°03 - (dia con mas carga vehicular)

EJE DE DISEÑO						
VEHICULO	TRAFICO/IMDA	DIAS	TIPO DE EJE	CARGA POR EJE	f	ESALo(fxIMDA)
VL	6572	365	S	1	0.0004	2.63
			S	1	0.0004	2.63
C2	118	365	S	7	1.27	149.86
			S	11	3.33	392.94
C3	100	365	S	7	1.27	127.00
			T	18	3.46	346.00
C4	63	365	S	7	1.27	80.01
			TR	25	4.16	262.08
T2S2	11	365	S	7	1.27	13.97
			S	11	3.33	36.63
			T	18	3.46	38.06
T3S3	16	365	S	7	1.27	20.32
			T	18	3.46	55.36
			TR	25	4.16	66.56
S3						
2T2						
2T3						
B2						
B3-1						
	6880				∑fxIMDA	1594.05

Cuadro 6.4
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{2 ax})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.1}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.1}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 13.0] ^{4.1}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 13.3] ^{4.1}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 16.6] ^{4.0}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 17.5] ^{4.0}

P = peso real por eje en toneladas

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR EJES

$$ESAL = ESAL_o \cdot 365 \cdot Dd \cdot DI \cdot \frac{\{(1 + r)^n - 1\}}{r}$$

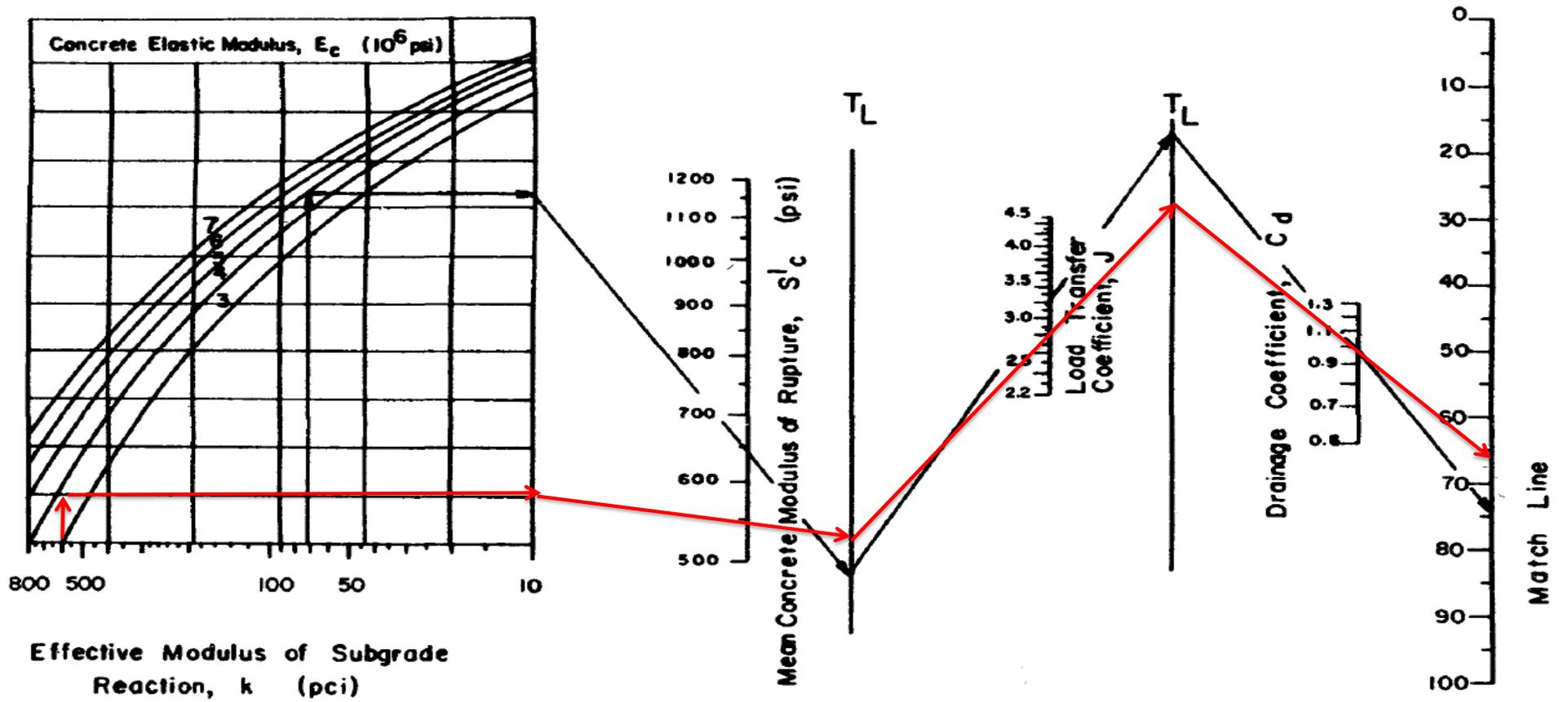
Donde:

- ESAL_o = Repeticiones del eje de carga equivalente actual.
- Dd = Factor de distribución direccional, por lo general se considera 0.5
- DI = Factor de distribución de carril.
- r = tasa de crecimiento anual
- n = Periodo de diseño

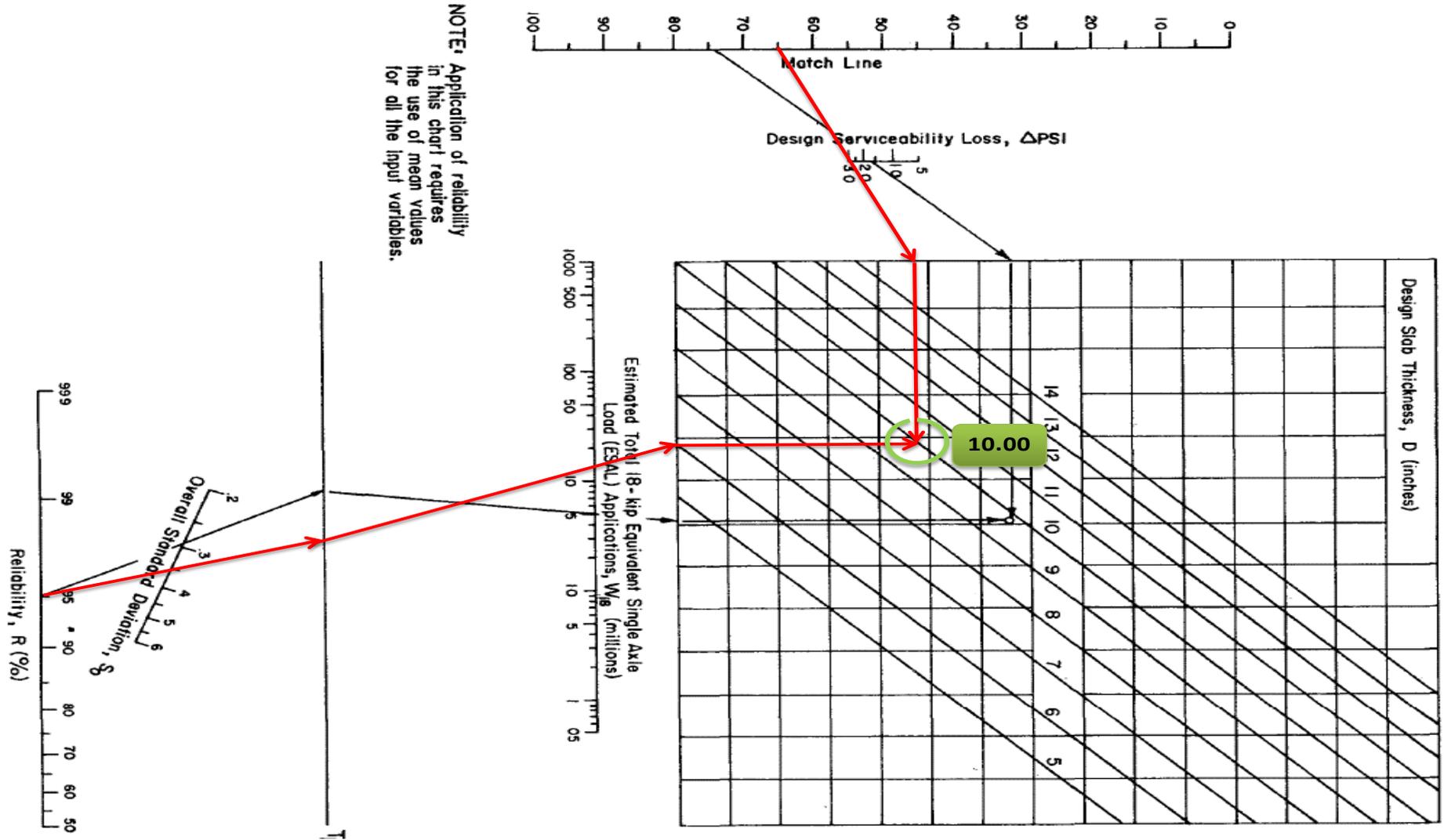
ESAL _o =	1594.05	
Dd=	0.5	
DI=	1	
r=	4%	0.04
n=	30	
W18=ESALr=	16315876.03	1.632E+07

COMPROBANDO CON LOS MONOGRAMAS Y CUADROS DEL AASHTO -93 TENEMOS:

MONOGRAMA PARTE I:



MONOGRAMA PARTE II:



NOTE: Application of reliability in this chart requires the use of mean values for all the input variables.

FINALMENTE SE HALLARA LOS ESPESORES FINALES CON LOS Δ ABACOS DADOS EN LA PESTAÑA

Espesor de Pavimento de Concreto **D= 10.00 pulg**

DETERMINACION DEL ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO CON LA ECUACION AASTHO 93

DATOS:

Factor de confiabilidad	:	R% =	95.00 %
Error estandar combinado	:	So =	0.35
Ejes equivalentes	:	W18 =	13717561.31 Ejes equivalentes
Indice de serviciabilidad	:	ΔPSI =	2.5
Desviación estandar Normal	:	ZR =	-1.645
Indice de Serviciabilidad Final	:	Pt =	2
Modulo de Rotura del concreto	:	S'c =	546.25 psi
Coefficiente de drenaje	:	Cd =	1.00
Coefficiente de transmision de cargas en las juntas	:	J =	2.80
Módulo de Elasticidad del Concreto	:	Ec =	3.69E+06
Módulo de reaccion	:	K =	575 pci

SE APLICARÁ LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$\log_{10}(\text{ESAL}) = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624(10^7)}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{S'_c + C_d [D^{0.75} - 1.132]}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right]} \right)$$

TANTEAMOS:

$$-0.57575 + 7.67251869 + -0.07759585 + 0.19347878$$

$$7.13727691 = 7.21265162$$

Espesor de Pavimento de Concreto

$$D = 10.27$$

MODULO DE REACCION K

DETERMINACION DEL "Mr" DE LA SUB RASANTE :

El modulo de reacción compuesto de la subrasante, se obtiene con el siguiente monograma:

DATOS:

Módulo Elástico de la SUB-BASE:	$E_{SB} =$	15000.00 psi (lb/pulg ²)
Módulo Resiliente de la SUB-RASANTE:	$M_{RSR} =$	11871.95 psi (lb/pulg ²)
Espesor de la SUB-BASE, Asumido:	$D =$	8.00 pulg

CBR % < 7,2 %

DONDE $M_r = 1500 \times \text{CBR}\%$

7,2 % < CBR % < 20 %

DONDE $M_r = 3000 \times (\text{CBR}\% ^{0,65})$

CBR % > 20 %

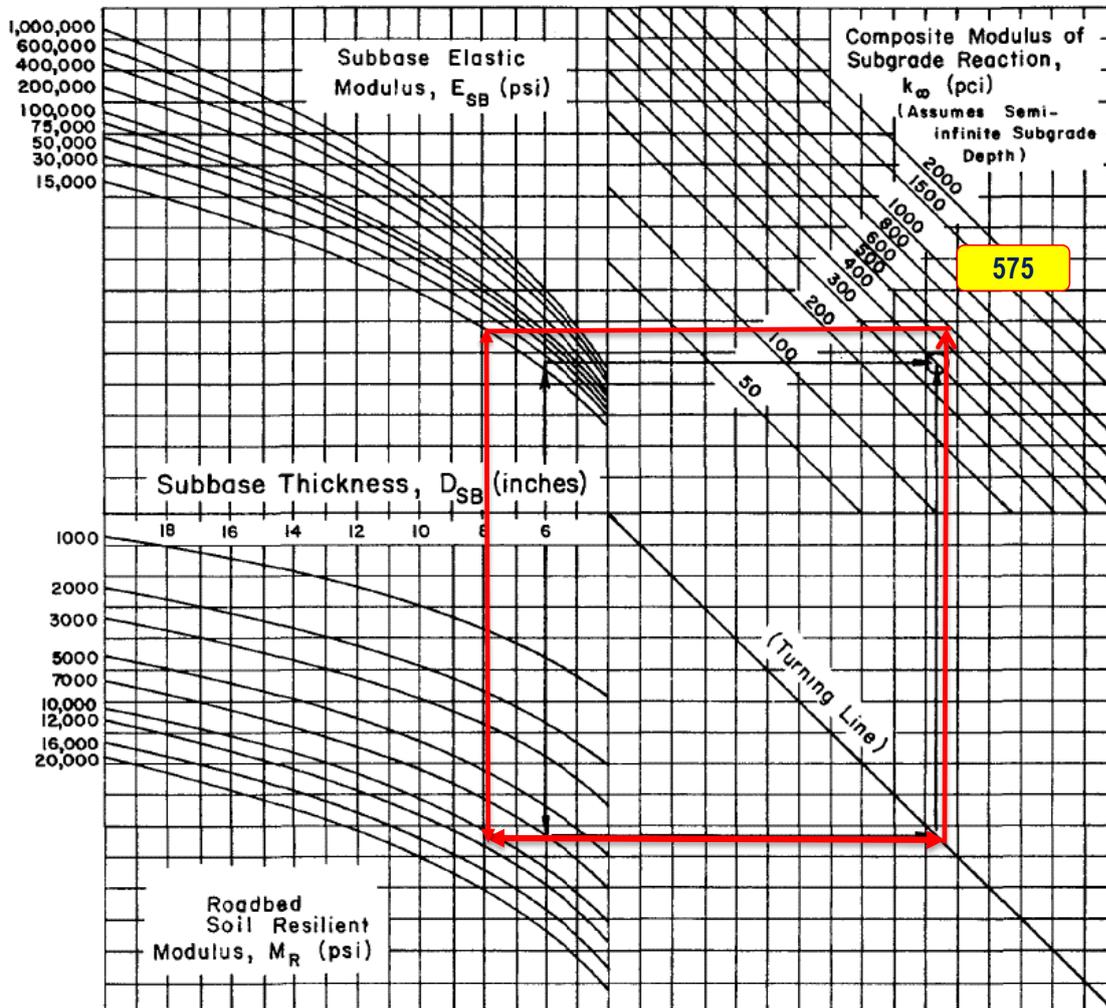
DONDE $M_r = 4326 \times \text{LN}(\text{CBR}\%) + 241$

TENEMOS QUE EL VALOR DEL "CBR" EN LA SUB RASANTE ES:

CBR (Sub rasante) = **8.30** %

DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - C1:2+218.30

MR (Sub rasante) = 11871.95 PSI (Libras/Pulg²)



MODULO DE REACCIÓN COMPUESTO: K= 575 pci

CALCULO DE ESPESORES

TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO PCI. CASO DE ESTUDIO : AV. LEONCIO PRADO TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN
BACHILLER	: EDUARDO DE LA O MUÑOZ
UBICACIÓN	: DSTRITO DE CHILCA
FECHA	: MAYO DEL 2018

ESPESOR:

Según el monograma se tiene:

Este valor debe ser ajustado aplicando la ecuación de cuyo valos resultado:

Daprox=	10.0 "
Drequ.=	10.3 "

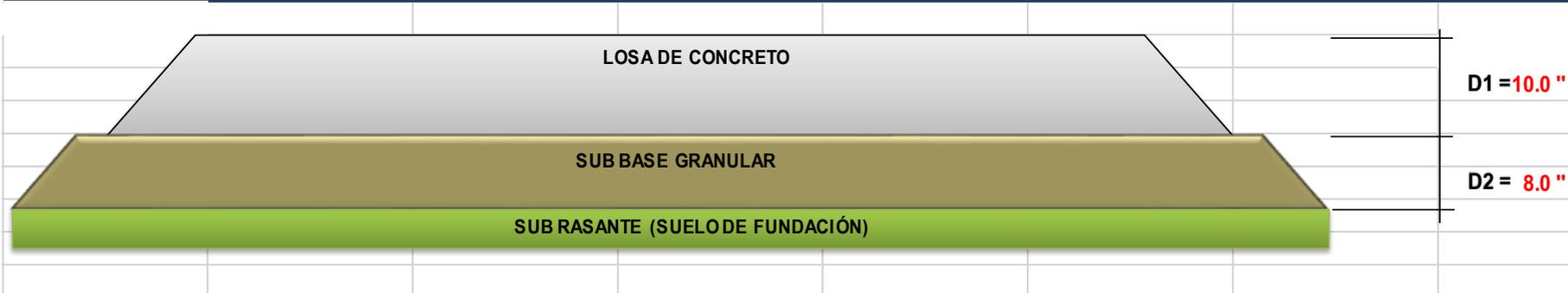
DATOS:

Espesor de Losa de Concreto:

Espesor de Sub Base Granular:

D1 =	10.0 "
D2 =	8.0 "

ESPESORES - PAVIMENTO RÍGIDO



Anexo 7: PANEL FOTOGRÁFICO



Señalización de Unidades de Muestra en Campo



Revelamiento de fallas – Huecos Severidad media



Inspeccion de fallas asociadas (Huecos, piel de cocodrilo y parcheo)



Revelamiento de fallas – Piel de cocodrilo



Cargas repetidas por trafico de vehiculo pesado



Verificacion de drenaje fluvial



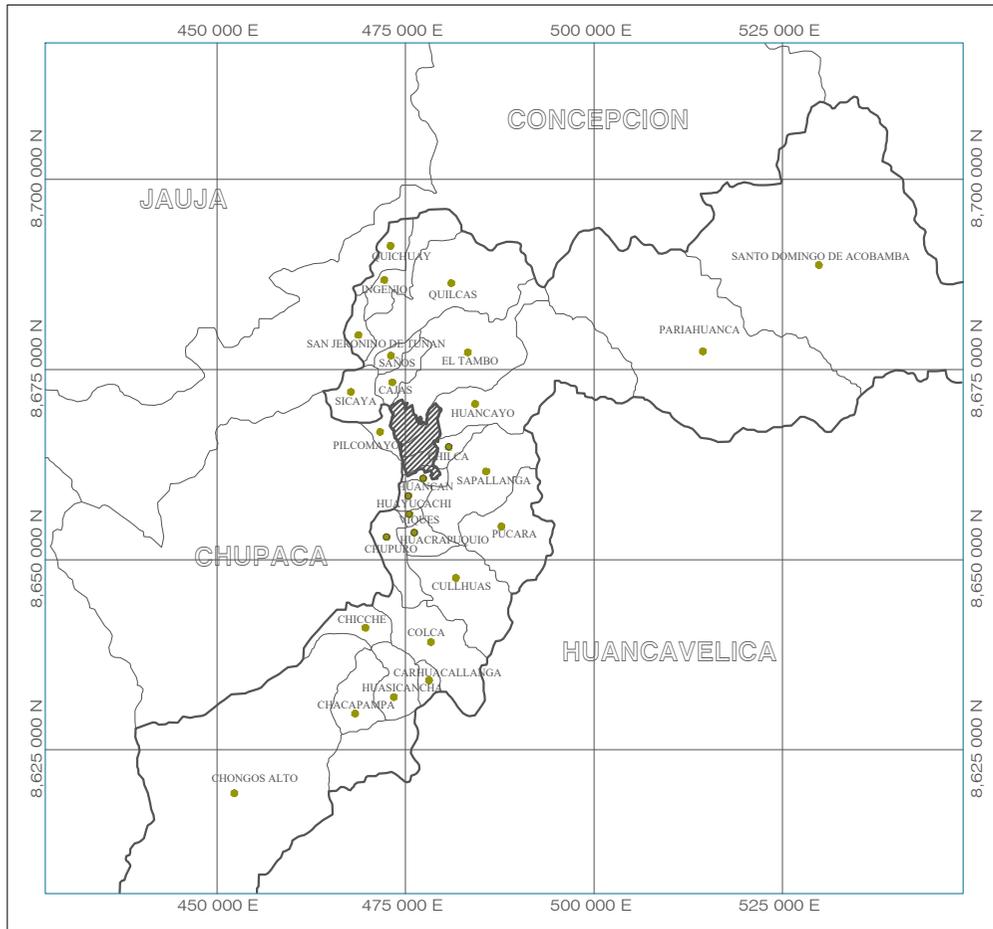
Verificación de servicialidad de pavimento



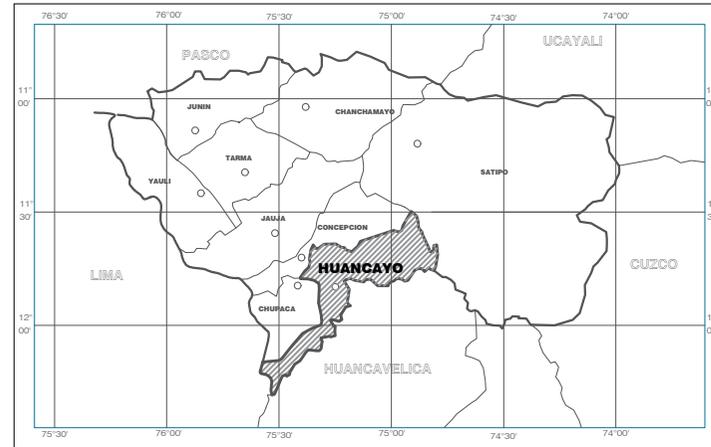
Trabajos de mantenimiento de pavimento flexible (Parcheo)

ANEXO N° 08

PLANOS



LOCALIZACION PROVINCIAL
ESCALA: 1/ 10 000



LOCALIZACION DEPARTAMENTAL
ESCALA: 1/ 20 000



LOCALIZACION DISTRITAL
ESCALA: 1/ 5 000



LOCALIZACION AREA DE ESTUDIO
ESCALA: 1/ 3 000

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzuero
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I. CASO DE ESTUDIO: AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNÍN

UBICACIÓN LOCALIZACIÓN
LAMINA:
UL-01
UBICACION :
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA :
FEBRERO 2018
ESCALA :
INDICADA

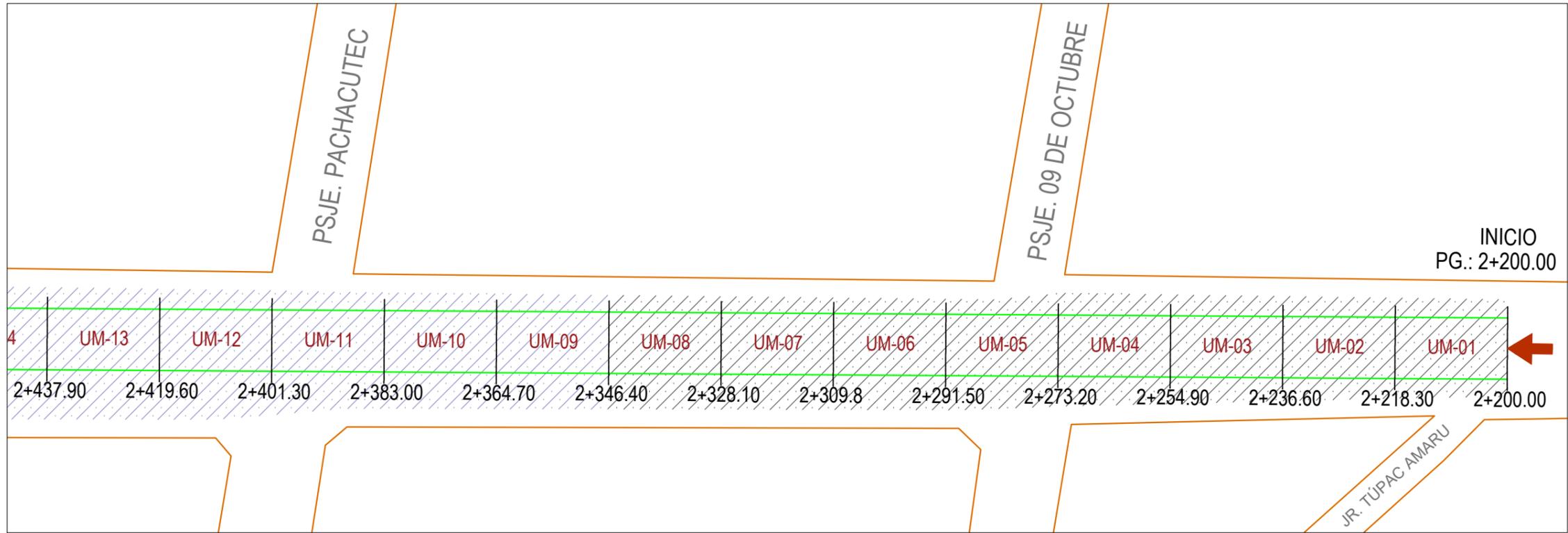


FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
 TESISISTA:
 Eduardo De La O Muñoz
 ASESOR METODOLÓGICO:
 Mg. José Luis León Univeros
 ASESOR TEMÁTICO:
 Ing. Melquiades E. Hinostraza Barolo

TESIS:
 EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
 CASO DE ESTUDIO:
 AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

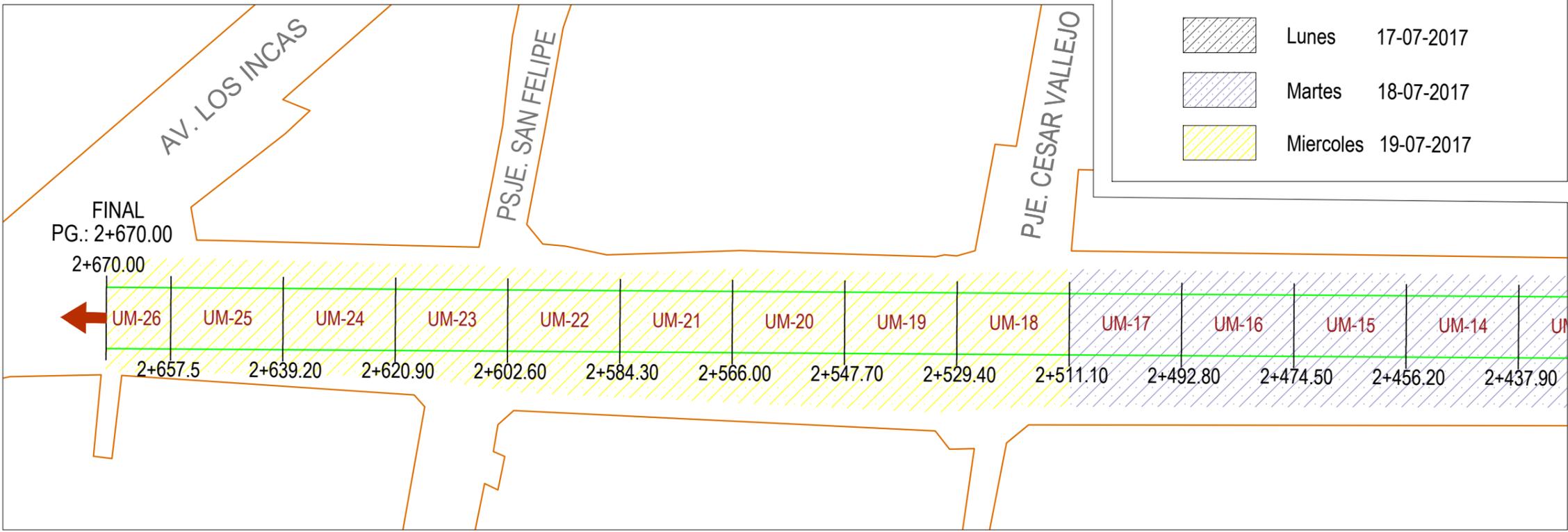
PLANO:
UBICACIÓN UNIDADES DE MUESTRA
 LAMINA:
UM-01
 UBICACION:
 REGION : JUNIN
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DISTRITO : CHILCA
 FECHA : FEBRERO 2018 ESCALA : 1/200



UBICACION DE UNIDADES DE MUESTRA
 ESCALA: 1/ 1250

FECHA DE REVELAMIENTO DE FALLAS:

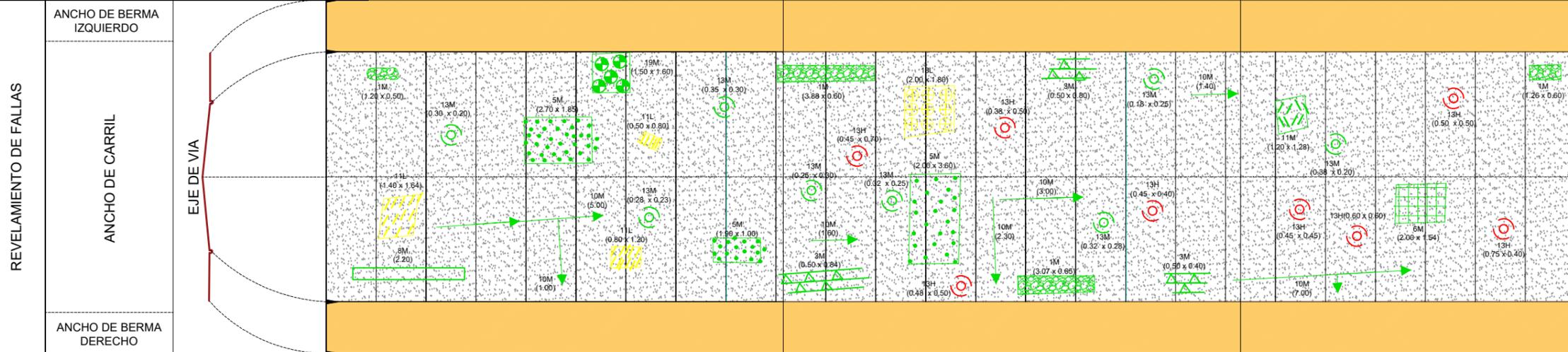
	Lunes	17-07-2017
	Martes	18-07-2017
	Miercoles	19-07-2017



DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA 2+200 2+210 2+220 2+230 2+240 2+250



CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		2+218.30	2+236.60
UM-01	UM-02	UM-03	
AREA	183.00 M2	183.00 M2	183.00 M2
FECHA DE REGISTRO	17-07-2017	17-07-2017	17-07-2017
TOTAL VALORES DEDUCIDOS	07	07	07
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	07	06	07
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO	41.10	68.50	73.50
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO	6.41	3.89	3.43
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	57.51	93.27
	PCI	42.49	6.73
	RANGO	REGULAR	FALLADO
			MUY MALO

	PIEL DE COCODRILO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

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

CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 01
LAMINA:
RF-01
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA:
FEBRERO 2018
ESCALA:
1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+250

2+260

2+270

2+280

2+290

2+300

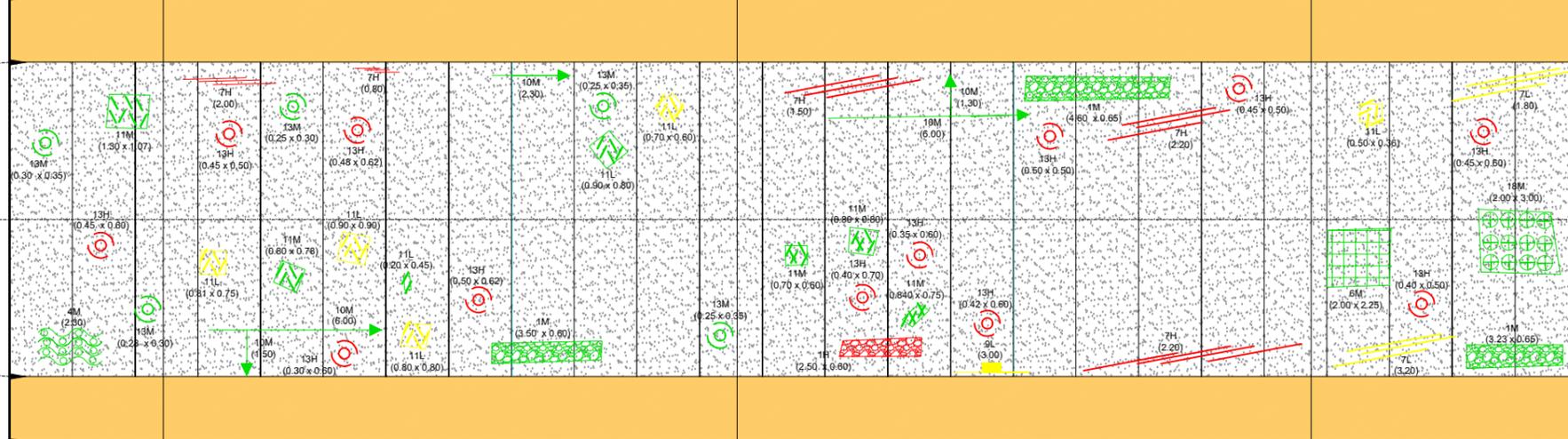
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



		2+254.90		2+273.20		2+291.50	
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		UM-03		UM-04		UM-05	
AREA		183.00 M2		183.00 M2		183.00 M2	
FECHA DE REGISTRO		17-07-2017		17-07-2017		17-07-2017	
TOTAL VALORES DEDUCIDOS		07		07		07	
NUMERO DE DEDUCIDOS >2		07		07		06	
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO		73.50		68.50		73.50	
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO		3.43		3.89		3.43	
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	86.08		84.08		85.40	
	PCI	13.92		15.92		14.60	
	RANGO	MUY MALO		MUY MALO		MUY MALO	

SIMBOLOGIA DE FALLAS

	PIEL DE COCODRILLO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMENTO DE AGREGADOS		

RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
 TESISISTA:
 Eduardo De La O Muñoz
 ASESOR METODOLÓGICO:
 Mg. José Luis León Unzueta
 ASESOR TEMÁTICO:
 Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
 EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
 CASO DE ESTUDIO:
 AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 02
 LAMINA:
RF-02
 UBICACION:
 REGION : JUNIN
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DISTRITO : CHILCA
 FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+300

2+310

2+320

2+330

2+340

2+350

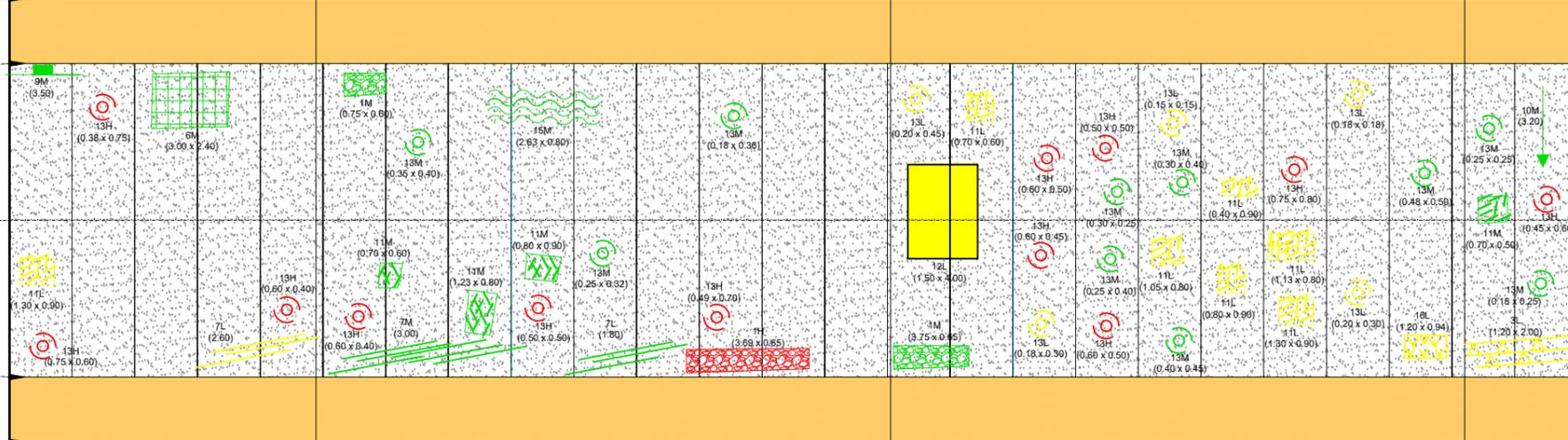
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



		2+309.80		2+328.10		2+346.40	
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		UM-06		UM-07		UM-08	
AREA		183.00 M2		183.00 M2		183.00 M2	
FECHA DE REGISTRO		17-07-2017		17-07-2017		17-07-2017	
TOTAL VALORES DEDUCIDOS		07		07		07	
NUMERO DE DEDUCIDOS >2		06		07		06	
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO		73.50		68.50		73.50	
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO		3.43		3.89		3.43	
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	85.10		89.72		95.55	
	PCI	14.90		10.28		4.45	
	RANGO	MUY MALO		FALLADO		FALLADO	

PIEL DE COCODRILO	CORRUGACIÓN	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	HINCHAMIENTO
EXUDACIÓN	DEPRESIÓN	DESNIVEL CARRIL / BERMA	HUECOS
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	AHUELLAMIENTOS
ABULTAMIENTOS	GRIETA DE BORDE	PARCHEO	GRIETAS PARA BOLICAS
DESPLAZAMIENTO	CRUCE DE VIA FERREA	PULIMIENTO DE AGREGADOS	

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

CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
 TESISISTA:
 Eduardo De La O Muñoz
 ASESOR METODOLÓGICO:
 Mg. José Luis León Unzueta
 ASESOR TEMÁTICO:
 Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
 EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
 CASO DE ESTUDIO:
 AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 03
 LAMINA:
RF-03
 UBICACION:
 REGION : JUNIN
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DISTRITO : CHILCA
 FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+350

2+360

2+370

2+380

2+390

2+400

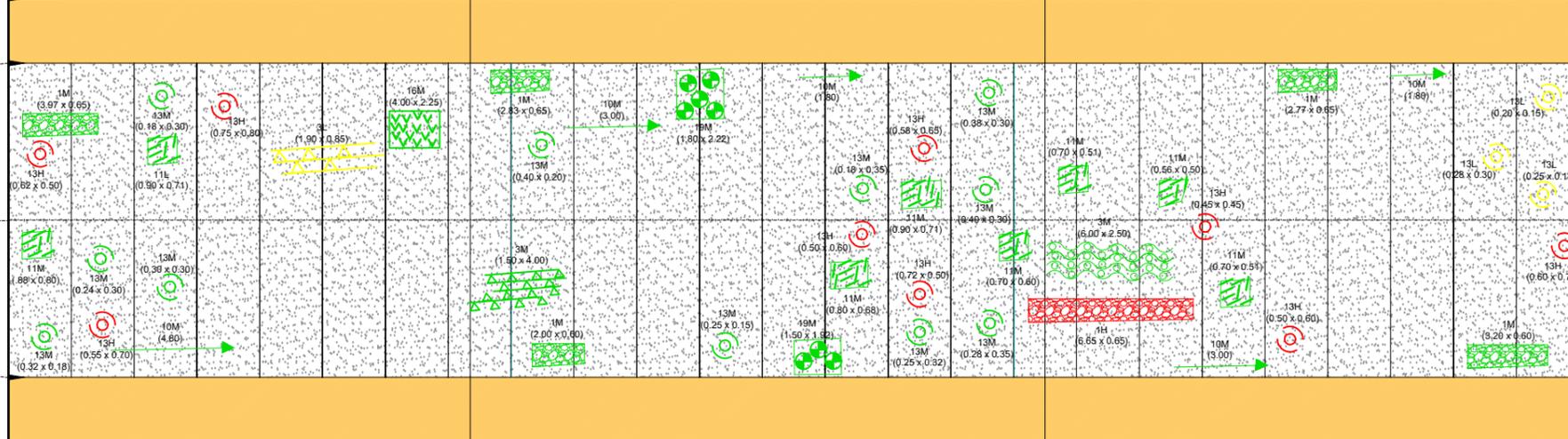
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



2+364.70

2+383.00

CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA

UM-09

UM-10

UM-11

AREA

183.00 M2

183.00 M2

183.00 M2

FECHA DE REGISTRO

18-07-2017

18-07-2017

18-07-2017

TOTAL VALORES DEDUCIDOS

07

07

07

NUMERO DE DEDUCIDOS >2

06

07

07

VALOR DEDUCIDO MAS ALTO

68.50

62.40

62.40

NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO

3.89

4.45

4.45

CLASIFICACIÓN
PCI

MAX CDV.

93.60

91.60

91.83

PCI

6.40

8.40

8.17

RANGO

FALLADO

FALLADO

FALLADO

SIMBOLOGIA DE FALLAS

	PIEL DE COCODRILLO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 04
LAMINA:
RF-04
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA:
FEBRERO 2018
ESCALA:
1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+400

2+410

2+420

2+430

2+440

2+450

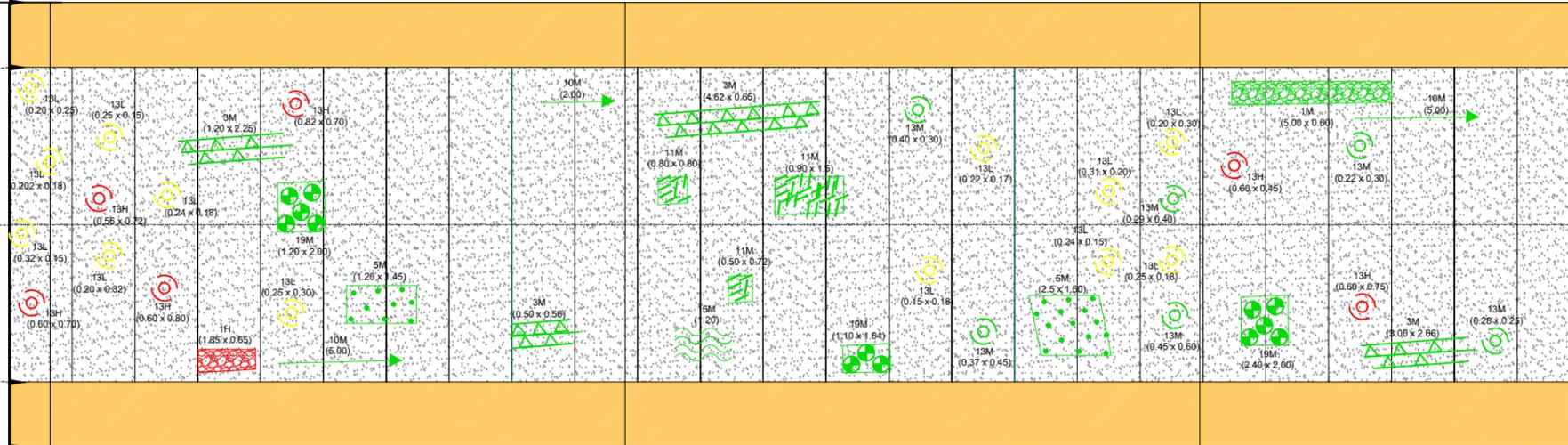
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



2+401.30

2+419.60

2+437.90

CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA

UM-12

UM-13

UM-14

AREA

183.00 M2

183.00 M2

183.00 M2

FECHA DE REGISTRO

18-07-2017

18-07-2017

18-07-2017

TOTAL VALORES DEDUCIDOS

07

07

07

NUMERO DE DEDUCIDOS >2

07

07

07

VALOR DEDUCIDO MAS ALTO

68.50

47.10

62.40

NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO

3.89

5.86

4.45

CLASIFICACION PCI

MAX CDV.

80.50

71.80

87.04

PCI

19.50

28.20

12.96

RANGO

MUY MALO

MALO

MUY MALO

SIMBOLOGIA DE FALLAS

	PIEL DE COCODRILLO		CORRUGACION		GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACION		DEPRESION		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

RANGO DE CLASIFICACION PCI	
RANGO	CLASIFICACION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinostraza Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 05
LAMINA:
RF-05
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA:
FEBRERO 2018
ESCALA:
1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+450

2+460

2+470

2+480

2+490

2+500

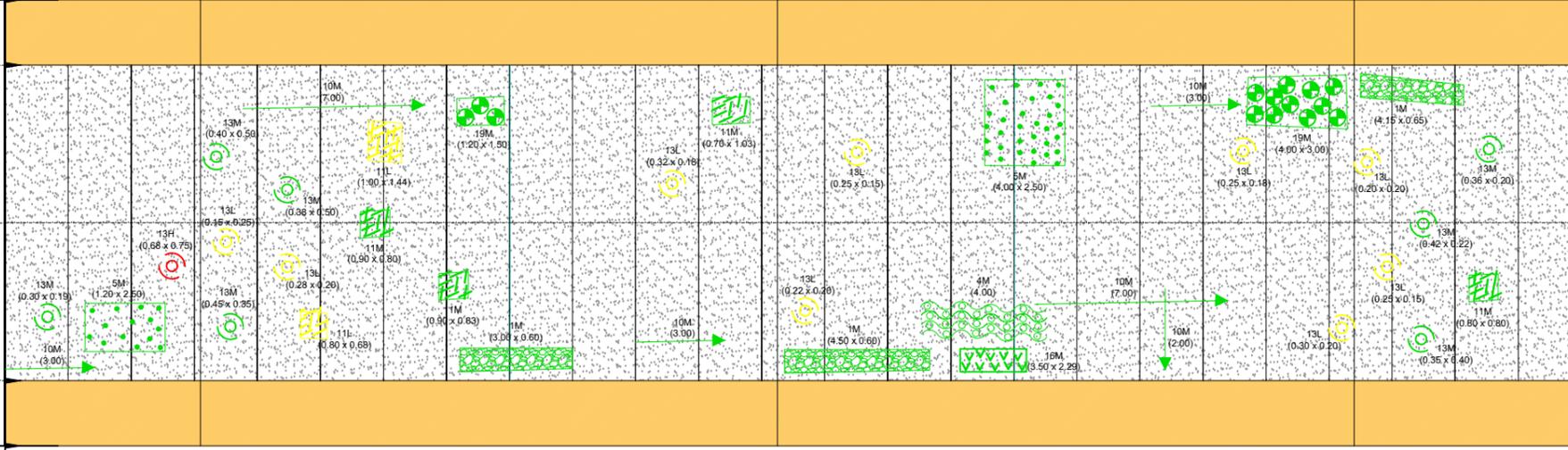
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



2+456.20

2+474.50

2+492.80

CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA

UM-14

UM-15

UM-16

UM-17

AREA

183.00 M2

183.00 M2

183.00 M2

183.00 M2

FECHA DE REGISTRO

18-07-2017

18-07-2017

18-07-2017

18-07-2017

TOTAL VALORES DEDUCIDOS

07

07

07

07

NUMERO DE DEDUCIDOS >2

07

07

07

07

VALOR DEDUCIDO MAS ALTO

62.40

41.10

32.40

52.30

NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO

4.45

6.41

7.21

5.38

CLASIFICACIÓN PCI

MAX CDV.

87.04

61.08

74.28

87.70

PCI

12.96

38.92

25.72

12.30

RANGO

MUY MALO

MALO

MUY MALO

MUY MALO

SIMBOLOGIA DE FALLAS

	PIEL DE COCODRILO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 06
LAMINA:
RF-06
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+500

2+510

2+520

2+530

2+540

2+550

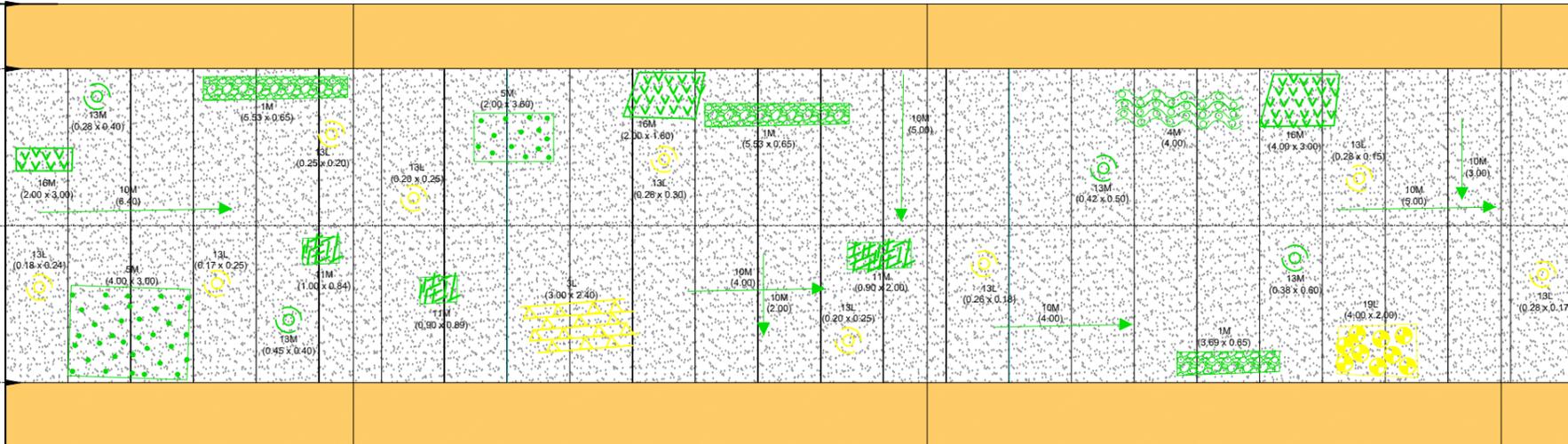
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



	2+511.10	2+529.40	2+547.70
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA	UM-17	UM-18	UM-19
AREA	183.00 M2	183.00 M2	183.00 M2
FECHA DE REGISTRO	18-07-2017	19-07-2017	19-07-2017
TOTAL VALORES DEDUCIDOS	07	07	07
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	07	07	07
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO	52.30	28.60	33.10
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO	5.38	7.56	7.14
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	87.70	59.20
	PCI	12.30	40.80
	RANGO	MUY MALO	MALO
			68.32
			31.68
			MALO
			REGULAR

SIMBOLOGIA DE FALLAS

	PIEL DE COCODRILO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 07
LAMINA:
RF-07
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA:
FEBRERO 2018
ESCALA:
1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+550

2+560

2+570

2+580

2+590

2+600

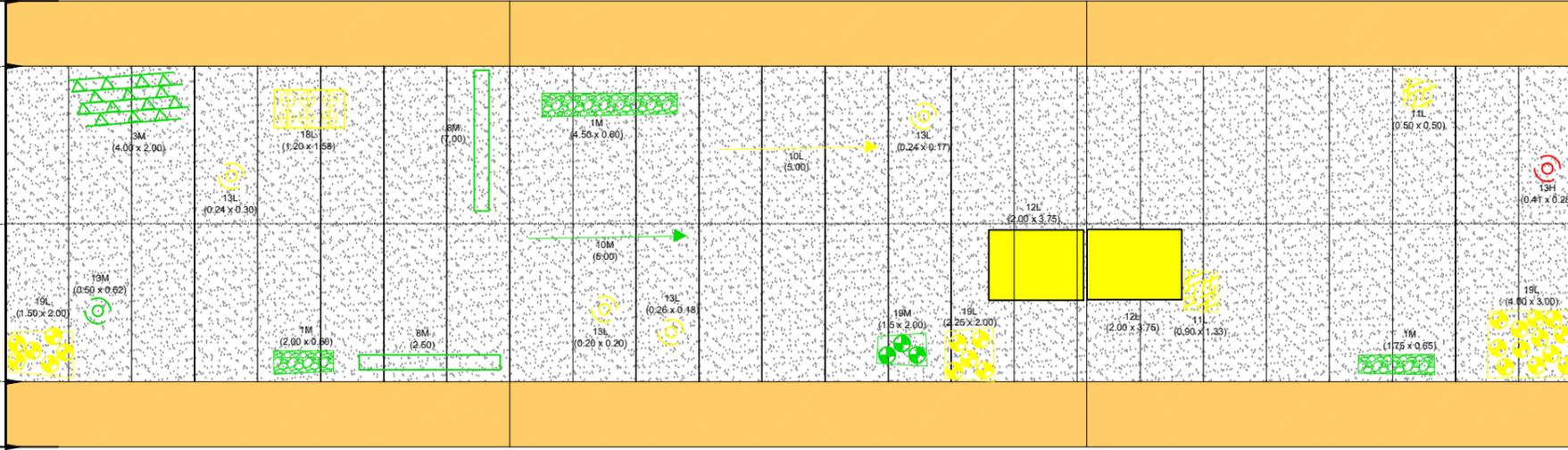
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



		2+566.00	2+584.30
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		UM-20	UM-21
AREA		183.00 M2	183.00 M2
FECHA DE REGISTRO		19-07-2017	19-07-2017
TOTAL VALORES DEDUCIDOS		07	07
NUMERO DE DEDUCIDOS >2		07	05
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO		22.10	26.60
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO		8.15	7.74
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	45.35	47.29
	PCI	54.65	52.71
	RANGO	REGULAR	REGULAR
			UM-22
			183.00 M2
			19-07-2017
			06
			04
			62.40
			4.45
			71.00
			29.00
			MALO

	PIEL DE COCODRILO		CORRUGACIÓN		GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA		HINCHAMIENTO
	EXUDACIÓN		DEPRESIÓN		DESNIVEL CARRIL / BERMA		HUECOS
	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		AHUELLAMIENTOS
	ABULTAMIENTOS		GRIETA DE BORDE		PARCHEO		GRIETAS PARA BOLICAS
	DESPLAZAMIENTO		CRUCE DE VIA FERREA		PULIMIENTO DE AGREGADOS		

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

CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO,
TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 08
LAMINA:
RF-08
UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA
FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1:200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+600

2+610

2+620

2+630

2+640

2+650

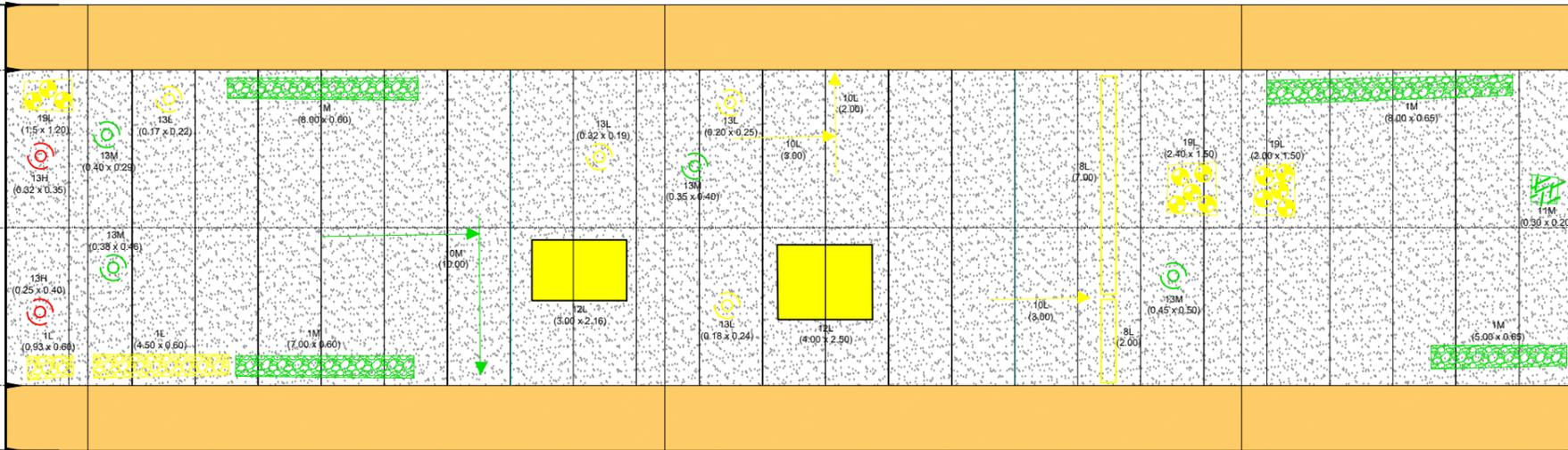
REVELAMIENTO DE FALLAS

ANCHO DE BERMA IZQUIERDO

ANCHO DE CARRIL

EJE DE VIA

ANCHO DE BERMA DERECHO



		2+602.60	2+620.90	2+639.20
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		UM-22	UM-23	UM-24
AREA		183.00 M2	183.00 M2	183.00 M2
FECHA DE REGISTRO		19-07-2017	19-07-2017	19-07-2017
TOTAL VALORES DEDUCIDOS		06	07	06
NUMERO DE DEDUCIDOS >2		04	06	05
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO		62.40	39.20	33.10
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO		4.45	6.58	7.14
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	71.00	63.20	45.05
	PCI	29.00	36.80	54.95
	RANGO	MALO	MALO	REGULAR

SIMBOLOGIA DE FALLAS

PIEL DE COCODRILO	CORRUGACIÓN	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	HINCHAMIENTO
EXUDACIÓN	DEPRESIÓN	DESNIVEL CARRIL / BERMA	HUECOS
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	AHUELLAMIENTOS
ABULTAMIENTOS	GRIETA DE BORDE	PARCHEO	GRIETAS PARA BOLICAS
DESPLAZAMIENTO	CRUCE DE VIA FERREA	PULIMIENTO DE AGREGADOS	

RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

GRADO DE SEVERIDAD		
CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
TESISTA:
Eduardo De La O Muñoz
ASESOR METODOLÓGICO:
Mg. José Luis León Unzueta
ASESOR TEMÁTICO:
Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
CASO DE ESTUDIO:
AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 09

LAMINA:
RF-09

UBICACION:
REGION : JUNIN
PROVINCIA : HUANCAYO
DISTRITO : CHILCA

FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1/200

DETALLES DE VIA

Av. Leoncio Prado

PROGRESIVA

2+650

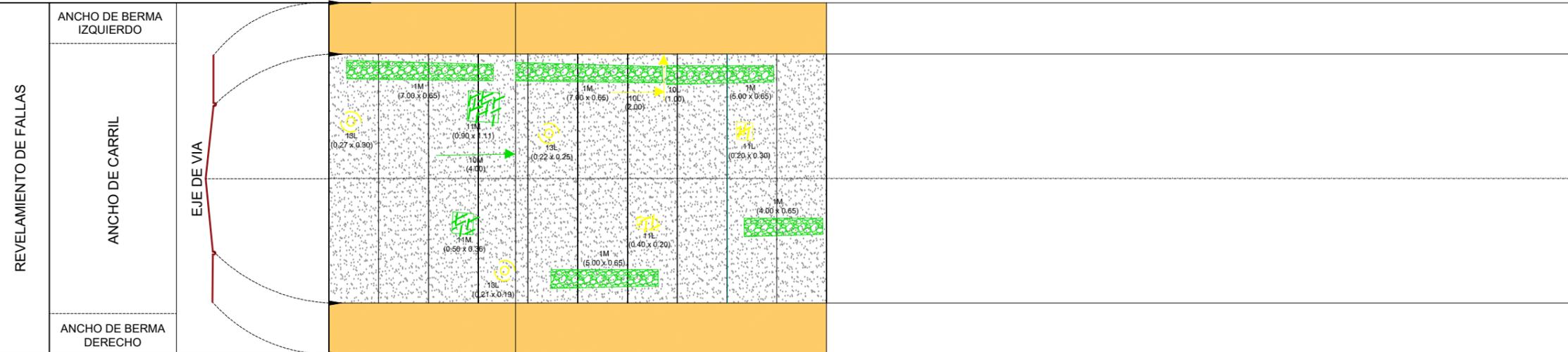
2+660

2+670

2+680

2+690

2+700



		2+657.50	2+670.00
CODIGO DE UNIDAD DE MUESTRA		UM-25	UM-26
AREA		183.00 M2	183.00 M2
FECHA DE REGISTRO		19-07-2017	19-07-2017
TOTAL VALORES DEDUCIDOS		06	04
NUMERO DE DEDUCIDOS >2		05	02
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO		42.90	47.70
NUMERO ADMISIBLE DEDUCIDO		6.24	5.80
CLASIFICACIÓN PCI	MAX CDV.	52.90	50.50
	PCI	47.10	49.50
	RANGO	REGULAR	REGULAR

PIEL DE COCODRILO	CORRUGACIÓN	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	HINCHAMIENTO
EXUDACIÓN	DEPRESIÓN	DESNIVEL CARRIL / BERMA	HUECOS
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	AHUELLAMIENTOS
ABULTAMIENTOS	GRIETA DE BORDE	PARCHEO	GRIETAS PARA BOLICAS
DESPLAZAMIENTO	CRUCE DE VIA FERREA	PULIMIENTO DE AGREGADOS	

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

CLASE	RANGO	COLOR
H	ALTO	ROJO
M	MEDIO	VERDE
L	BAJO	AMARILLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EQUIPO TÉCNICO
 TESISISTA:
 Eduardo De La O Muñoz
 ASESOR METODOLÓGICO:
 Mg. José Luis León Unzueta
 ASESOR TEMÁTICO:
 Ing. Melquiades E. Hinojosa Bartolo

TESIS:
 EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE EL MÉTODO P.C.I.
 CASO DE ESTUDIO:
 AV. LEONCIO PRADO, TRAMO JR. TUPAC AMARU - AV. LOS INCAS DEL DISTRITO DE CHILCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - REGIÓN JUNIN

PLANO:
REVELAMIENTO DE FALLAS 10
 LAMINA:
RF-10
 UBICACION:
 REGION : JUNIN
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DISTRITO : CHILCA
 FECHA: FEBRERO 2018 ESCALA: 1:200