



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes, Tercera
Cohorte

Evaluación vial y alternativas de rehabilitación para la vía Azogues - San Miguel de Porotos – Jatumpamba

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Magíster en
Ingeniería en Vialidad y Transportes

Autor:

Ing. Felipe Iván Redrován Flores

CI: 0302399068

Correo electrónico: ivanfrf25@hotmail.com

Director:

Ing. Jaime Asdrúbal Bojorque Ñiguez, PhD

CI: 0102857885

Cuenca – Ecuador

11-agosto-2021



RESUMEN

La conservación vial es esencial para asegurar el correcto desempeño de una vía, es decir, que esté correlacionado el uso, función y forma de la vía; esto permitirá el progreso económico de una región. Actualmente, en el país las entidades públicas no disponen de la liquidez suficiente que permitan ejecutar las actividades necesarias para mantener la integridad del sistema vial, tanto superficial como estructuralmente, de ahí que resulta esencial realizar la evaluación de las vías para conocer el estado actual y sobre todo determinar las actividades necesarias mínimas para su correcto mantenimiento y/o rehabilitación.

La vía que conduce desde Azogues a San Miguel de Porotos y llega hasta Jatumpamba, con aproximadamente 7 kilómetros de longitud y pavimento asfáltico como capa de rodadura, es una carretera importante no solo a nivel cantonal sino provincial, ya que conecta a la ciudad de Azogues con diferentes lugares de la Provincia del Azuay, sin embargo, desde que finalizó su construcción ha presentado deterioros constantes en su estructura, es por ello que el presente estudio se basa en la evaluación y propuesta de alternativas para su rehabilitación. Las principales fallas presentes en la vía son fisuras, piel de cocodrilo, baches, parches, hundimientos, peladura por intemperismo y agregado pulido.

En base a los resultados obtenidos del conteo vehicular, con un TPDA=2065, se estableció que alrededor del 95% pertenece a un tráfico de vehículos livianos durante un fin de semana, mientras que de lunes a viernes representa un 88%, además, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), se determinó que la vía tiene un PCI = 41 (estado Regular). De los análisis se identificó que la vía tiene un nivel alto de deterioro, cuyas principales causas son la configuración geológica existente, factores climáticos, cargas repetitivas del tráfico y la falta de actividades de mantenimiento vial; con base en ello, se establecen alternativas para la rehabilitación y el análisis de costos aproximado de cada una de ellas.

La alternativa propuesta es el reciclado más estabilización con cemento, con un valor de intervención de aproximadamente \$ 546.878,74 más el IVA, la alternativa planteada mejorará las características del suelo puesto que tiene un índice de plasticidad de 38 (suelo con un material poco resistente).



Se busca que, con el presente estudio, la entidad gubernamental correspondiente disponga de un documento técnico para que realice los trabajos necesarios para la correcta conservación vial y así se mejoren las condiciones de vida de los usuarios de la misma, además, se podrá replicarlo en otras vías de similares características, con el fin de establecer y disponer de un adecuado sistema de gestión vial.

Palabras Claves.

Azogues. San Miguel de Porotos. Jatumpamba. Pavimento flexible. Conservación vial.



ABSTRACT

Road maintenance is essential to ensure the correct performance of a road, meaning that the use, function and form of the road is correlated; this will allow the economic progress of a region. Currently in the country, public entities do not have sufficient liquidity to carry out the necessary activities to maintain the road system integrity, both superficially and structurally, hence it is essential to evaluate the roads to know the current state and specially to determine the minimal necessary activities for proper maintenance and / or rehabilitation.

The road that leads from Azogues to San Miguel de Porotos and reaches Jatumpamba, with approximately 7 kilometers in length and asphalt pavement as wearing course, is an important road not only at the cantonal level but also at the provincial level, since it connects the city of Azogues with different places in the Province of Azuay; however, since its construction was completed, it has presented constant deterioration in its structure, that is the reason why the present study is based on the evaluation and proposal of alternatives for its rehabilitation. The main faults present in the road are cracks, alligator cracking, potholes, patches, sags, weathering and polished aggregate.

Based on the results obtained from the vehicle count, with an AADT=2065, it was established that around 95% belongs to light vehicle traffic for a weekend, while from Monday to Friday represents 88%, in addition, using the Pavement Condition Index method (PCI), it was determined that the road has a PCI = 41 (regular condition). From the analyzes it was identified that the road has a high level of deterioration, whose main causes are the existing geological configuration, climatic factors, repetitive traffic loads and the lack of road maintenance activities; based on this, alternatives for rehabilitation and the approximate cost analysis of each one of them are established.

The proposed alternative is recycling with cement stabilization, with an intervention value of approximately \$ 546.878,74 plus VAT, the alternative proposed will improve the characteristics of the soil since it has a plasticity index of 38 (soil with a material that isn't very resistant).

It is sought that with the study, the corresponding governmental entity with a technical document to carry out the necessary works for the proper road maintenance and thus improve the living conditions of road users, in addition, it can be replicated in other roads



of similar characteristics, in order to establish and have an adequate road management system.

Key Words.

Azogues. San Miguel de Porotos. Jatumpamba. Flexible pavement. Road maintenance.



CONTENIDO

RESUMEN.....	2
Palabras Claves.	3
ABSTRACT	4
Key Words.	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
LISTA DE SÍMBOLOS.....	14
DEDICATORIA	20
AGRADECIMIENTO	21
1. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Descripción del área de estudio.....	23
1.2. Problemática	24
1.3. Justificación	25
1.4. Alcance	26
1.5. Limitaciones.....	27
1.6. Objetivos	28
1.6.1. General.....	28
1.6.2. Específicos.....	28
2. ESTADO DEL ARTE	29
2.1. Pavimentos	29
2.1.1. Definición	29
2.1.2. Estructura	29
2.1.3. Clasificación.....	31
2.1.4. Ventajas y desventajas de un pavimento flexible	34
2.2. Tránsito Vehicular	34
2.2.1. Composición del tránsito vehicular	35
2.2.2. Parámetros para estimar el volumen del tránsito	36
2.2.3. Determinación del tráfico de diseño	38
2.2.4. Capacidad vial y niveles de servicio.....	39
2.2.5. Índice de serviciabilidad de los pavimentos	40
2.3. Diseño de pavimentos flexibles.....	41
2.3.1. Parámetros de diseño	42
2.3.2. Diseño por etapas y rehabilitaciones	47
2.4. Evaluación en pavimentos flexibles	52



2.4.1.	Clasificación de las fallas	54
Falla 1.	Exudación	55
Falla 2.	Fisuras en bloque	56
Falla 3.	Abultamientos y hundimientos	58
Falla 4.	Corrugación	59
Falla 5.	Fisuras de borde	60
Falla 6.	Fisuras de reflexión de junta	61
Falla 7.	Desnivel carril – berma	63
Falla 8.	Fisuras longitudinales y transversales	64
Falla 9.	Baches	66
Falla 10.	Agregado pulido	67
Falla 11.	Piel de cocodrilo (Grietas de fatiga)	68
Falla 12.	Depresión	70
Falla 13.	Parches y parches de cortes utilitarios	71
Falla 14.	Cruce de vía férrea	72
Falla 15.	Desplazamientos	73
Falla 16.	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	74
Falla 17.	Hinchamiento	76
Falla 18.	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	77
Falla 19.	Ahuellamiento	79
2.5.	Metodología de evaluación: índice de condición del pavimento	80
2.5.1.	Procedimiento	81
2.5.1.1.	Trabajo de campo	81
2.5.1.2.	Unidades de muestreo	81
2.5.1.3.	Unidades de muestreo para evaluación	82
2.5.1.4.	Intervalos de espaciamiento para la evaluación	83
2.5.1.5.	Unidades de muestreo adicionales	84
2.5.1.6.	Evaluación de la condición del pavimento	84
2.5.1.7.	Cálculo del índice de condición del pavimento de una unidad de muestra	84
2.5.1.8.	Cálculo del PCI de un tramo de vía	86
2.6.	Conservación de pavimentos flexibles	86
2.6.1.	Clasificación del mantenimiento vial	86
2.6.1.1.	Mantenimiento rutinario	86
2.6.1.2.	Mantenimiento periódico	87
2.6.1.3.	Mantenimiento preventivo	87



2.6.1.4.	Mantenimiento correctivo	87
2.6.1.5.	Mantenimiento de emergencia	88
2.6.2.	Rehabilitación vial.....	88
2.6.3.	Índice de condición del pavimento y la conservación vial	88
2.7.	Sistema de gestión de pavimentos	89
3.	PROCESAMIENTO, RESULTADOS Y ANÁLISIS	91
3.1.	Geología.....	91
3.1.1.	Regional y Estructural	91
3.2.	Ensayos.....	93
3.2.1.	CBR y Calicata	93
3.3.	Metodología: índice de condición del pavimento (PCI)	94
3.3.1.	Cálculo de las unidades de muestreo	94
3.3.2.	Inspección de las unidades de muestreo y determinación del índice de condición del pavimento.....	96
3.3.3.	Índice de condición del pavimento de cada muestra evaluada.....	114
3.3.4.	Inspección de las unidades de muestreo adicionales y determinación del índice de condición del pavimento	115
3.3.5.	Índice de condición del pavimento de cada muestra adicional evaluada	121
3.4.	Tráfico vehicular actual.....	122
3.4.1.	Factores de proyección del TPDA.....	124
3.4.2.	Determinación de parámetros de diseño	125
4.	DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	129
4.1.	Parámetros de diseño	129
4.2.	Diseño por etapas y rehabilitaciones	133
5.	CONSERVACIÓN VIAL.....	136
5.1.	Actividades de mantenimiento vial.....	136
5.1.1.	Mantenimiento Preventivo	137
5.1.1.1.	Limpieza de escombros y vegetación	137
5.1.1.2.	Limpieza de obras de drenaje	137
5.1.2.	Mantenimiento Periódico	139
5.1.2.1.	Bacheo asfáltico superficial	139
5.1.2.2.	Bacheo asfáltico profundo	140
5.1.2.3.	Sello de grietas	141
5.1.3.	Mantenimiento Correctivo	143
5.1.3.1.	Tratamiento superficial localizado	143
5.1.3.2.	Tratamiento superficial bituminoso	145



5.2. Actividades de rehabilitación vial	147
5.2.1. Capas asfálticas de refuerzo	147
5.2.2. Reconstrucción	148
5.3. Alternativas de rehabilitación para la vía de estudio	150
5.3.1. Fresado - reciclado	151
5.3.1.1. Fresado más estabilización con cemento	153
5.3.1.2. Fresado más estabilización con emulsión	155
5.3.2. Riego de liga.....	160
5.4. Análisis de costos de las alternativas de rehabilitación presentadas	162
5.4.1. Fresado más estabilización con cemento	162
5.4.2. Fresado más estabilización con emulsión	163
5.4.3. Riego de liga.....	164
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
CONCLUSIONES.....	166
RECOMENDACIONES TÉCNICAS	167
RECOMENDACIONES DE FUTURAS INVESTIGACIONES	168
BIBLIOGRAFÍA	169
ANEXOS	173
Anexo 1: Tipo, peso y dimensión vehicular	174
Anexo 2: Ábacos para encontrar los coeficientes estructurales	176
Anexo 3: Ábacos para determinar los “DV” en pavimentos de hormigón asfáltico.	180
Anexo 4: Ábaco para determinar los valores deducidos corregidos en pavimentos flexibles	190
Anexo 5: Formato para evaluación visual en campo	191
Anexo 6: Resultados de evaluación en campo (muestras analizadas)	192
Anexo 7: Resultados de evaluación en campo (muestras adicionales analizadas)	222
Anexo 8: Formato para conteo volumétrico	242
Anexo 9: Registros de procesamiento de conteo volumétrico diario	243
Anexo 10: Ensayo de CBR y calicata en la vía de estudio	271
Anexo 11: Información INAMHI de zona en estudio	276



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas y desventajas de un pavimento flexible.....	34
Tabla 2: Clasificación vehicular (NEVI-12-MTOP, 2013b).....	35
Tabla 3: Factor de distribución por dirección (AASHTO, 1993).....	37
Tabla 4: Factor de distribución por carril (AASHTO, 1993).....	37
Tabla 5: Nivel de confiabilidad sugerido (AASHTO, 1993).....	38
Tabla 6: Índice de serviciabilidad (AASHTO, 1993).....	40
Tabla 7: Desviación estándar (AASHTO, 1993).....	43
Tabla 8: Calidad de drenaje (AASHTO, 1993).....	45
Tabla 9: Coeficiente de drenaje (AASHTO, 1993).....	45
Tabla 10: Categorías de los coeficientes de cada capa.....	45
Tabla 11: Espesores mínimos en función del número de ejes equivalentes (AASHTO, 1993).....	46
Tabla 12: Niveles de severidad para Falla de Baches (Vásquez V., 2002).....	66
Tabla 13: Rangos del índice de condición del pavimento (PCI), clasificación y simbología (NEVI-12-MTOP, 2012).....	81
Tabla 14: Longitud de las unidades de muestreo (NEVI-12-MTOP, 2012).....	82
Tabla 15: Relación entre el PCI y la conservación vial (Jugo B., 1993).....	89
Tabla 16: Características de la vía en estudio.....	94
Tabla 17: Determinación de las unidades de muestra.....	95
Tabla 18: Tramos de vía para evaluar.....	96
Tabla 19: Fallas existentes en el Tramo 1.....	97
Tabla 20: Cálculo de valores deducidos para el Tramo 1.....	103
Tabla 21: Cálculo de valores de deducción corregidos para el Tramo 1.....	105
Tabla 22: Cálculo y clasificación del PCI del tramo 1.....	105
Tabla 23: Resumen de resultados del PCI de tramos analizados.....	114
Tabla 24: Tramos adicionales que se evalúan.....	115
Tabla 25: Resumen de resultados del PCI de tramos adicionales analizados.....	121
Tabla 26: Cálculo del TPD en la vía de estudio.....	123
Tabla 27: Factor semanal (Montejo Fonseca, 2006).....	124
Tabla 28: Factor mensual (PETROECUADOR, 2019).....	125
Tabla 29: Cálculo del tránsito promedio diario anual.....	126
Tabla 30: Cálculo de tasa de crecimiento.....	126
Tabla 31: Factor camión.....	128
Tabla 32: Tráfico de diseño.....	128
Tabla 33: Módulo resiliente de las capas de la estructura del pavimento.....	130
Tabla 34: Coeficientes estructurales de capa para el pavimento de la vía en estudio.....	132
Tabla 35: Datos para obtención de número estructural y espesores de capa.....	133
Tabla 36: Número estructural de cada capa.....	133
Tabla 37: Cálculo de espesores de capa.....	133
Tabla 38: Estructura obtenida del pavimento.....	133
Tabla 39: Datos para cálculo de SN ₃ (subrasante).....	134
Tabla 40: Tráfico de diseño para cada etapa, SN recalculado.....	135
Tabla 41: Cálculo del número estructural efectivo del pavimento existente.....	135
Tabla 42: Espesor de capa de refuerzo.....	135
Tabla 43: Tipos de lechada asfáltica (AASHTO, 1993).....	144
Tabla 44: Granulometrías de áridos para lechadas asfálticas (AASHTO, 1993).....	144
Tabla 45: Granulometrías para tratamientos superficiales bituminosos (MOP, 2002)....	145



Tabla 46: Cantidades por metro cuadrado de acuerdo a tratamientos superficiales bituminosos (MOP, 2002).	145
Tabla 47: Comparación entre diferentes tipos de aplicaciones con asfalto (Ibarra Loza & Rosero Viñán, 2010; Wirtgen GmbH, 2004b).....	155
Tabla 48: Tipos emulsión y su compatibilidad con agregados (Ibarra Loza & Rosero Viñán, 2010; Wirtgen GmbH, 2004b).....	157
Tabla 49: Costo aproximado de la alternativa 1 (Fuente: elaboración propia).....	162
Tabla 50: Costo aproximado de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia).....	163
Tabla 51: Costo aproximado de la alternativa 3 (Fuente: elaboración propia).....	164



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la vía en estudio (Elaboración propia).....	24
Figura 2. Deterioro de la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba.....	25
Figura 3: Estructura de un pavimento flexible (Elaboración propia).....	31
Figura 4: Estructura de un pavimento JPCP (Elaboración propia).	32
Figura 5: Estructura de un pavimento JRCP (elaboración propia).....	32
Figura 6: Estructura de un pavimento CRCP (elaboración propia).	33
Figura 7: Estructura de un pavimento articulado.	34
Figura 8: Espesores y número estructural de las capas de un pavimento flexible.	47
Figura 9: Comportamiento de un pavimento con respecto al tiempo (AASHTO, 1993)...	49
Figura 10: Ábaco para determinar el factor de condición (AASHTO, 1993).....	50
Figura 11: Comportamiento de un pavimento con el paso del tiempo (Schliessler & Naciones Unidas, 1994).	52
Figura 12: Exudación (Miller et al., 2014).	56
Figura 13: Fisuras en bloque en la vía de estudio, abscisa 5+800.....	57
Figura 14: Abultamientos y hundimientos en la vía de estudio, abscisa 4+600.....	59
Figura 15: Corrugación (ASTM, 2011).	60
Figura 16: Fisuras de borde (Miller et al., 2014).....	61
Figura 17: Fisuras de reflexión de junta (Miller et al., 2014).....	63
Figura 18: Desnivel carril berma (Miller et al., 2014).	64
Figura 19: Fisura longitudinal en la vía de estudio, abscisa 0+180.	66
Figura 20: Fisura transversal en la vía de estudio, abscisa 2+840.....	66
Figura 21: Baches en la vía de estudio, abscisa 3+770.	67
Figura 22: Agregado pulido en la vía de estudio, abscisa 3+760.....	68
Figura 23: Piel de cocodrilo en la vía de estudio, abscisa 3+780.....	70
Figura 24: Depresión en la vía de estudio, abscisa 6+080.....	71
Figura 25: Parches en la vía de estudio, abscisa 1+900.....	72
Figura 26: Cruce de vía férrea (ASTM, 2011).....	73
Figura 27: Desplazamiento en la vía de estudio, abscisa 6+050.	74
Figura 28: Fisura por desplazamiento o parabólica en la vía de estudio, abscisa 4+890....	76
Figura 29: Hinchamiento en la vía de estudio, abscisa 5+460.....	77
Figura 30: Intemperismo y desprendimiento de agregados de la vía en estudio, abscisa 5+470.	78
Figura 31: Ahuellamiento en la vía de estudio, abscisa 6+560.....	80
Figura 32: Litología de la vía en estudio (elaboración propia).	92
Figura 33: Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos, abscisa 4+792.....	94
Figura 34: Valor deducido para falla de abultamientos y hundimientos.....	98
Figura 35: Valor deducido para la falla de fisuras longitudinales y transversales.	99
Figura 36: Valor deducido para la falla de agregado pulido.	100
Figura 37: Valor deducido para la falla de piel de cocodrilo.	101
Figura 38: Valor deducido para la falla de parches.....	102
Figura 39: Valor deducido para la falla de ahuellamiento.....	103
Figura 40: Cálculo de valores de deducción corregidos para el Tramo 1.....	104
Figura 41: Vista general de la vía en el Tramo 1.....	105
Figura 42: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 1.....	106
Figura 43: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 2.....	107
Figura 44: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 3.....	107
Figura 45: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 4.....	108
Figura 46: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 5.....	108



Figura 47: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 6.....	109
Figura 48: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 7.....	109
Figura 49: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 8.....	110
Figura 50: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 9.....	110
Figura 51: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 10.....	111
Figura 52: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 11.....	111
Figura 53: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 12.....	112
Figura 54: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 13.....	112
Figura 55: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 14.....	113
Figura 56: Porcentaje de fallas existentes en el tramo 15.....	113
Figura 57: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 1.	116
Figura 58: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 2.	116
Figura 59: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 3.	117
Figura 60: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 4.	117
Figura 61: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 5.	118
Figura 62: Porcentaje de fallas existentes en el tramo adicional 6.	118
Figura 63: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 7.	119
Figura 64: Porcentaje de fallas existentes en el tramo adicional 8.	119
Figura 65: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 9.	120
Figura 66: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 10.	120
Figura 67: Vía en estudio junto con tramos evaluados.....	122
Figura 68: Coeficiente estructural de capa a ₁	131
Figura 69: Coeficiente estructural de capa a ₂	131
Figura 70: Coeficiente estructural a ₃	132
Figura 71: En la abscisa 0+223, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.....	138
Figura 72: En la abscisa 0+440, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.....	138
Figura 73: En la abscisa 6+820, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.....	139
Figura 74: En la abscisa 0+365 se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.....	142
Figura 75: En la abscisa 3+290, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.....	142
Figura 76: En la abscisa 5+550, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.....	143
Figura 77: En la abscisa 3+800, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento correctivo.	146
Figura 78: En la abscisa 1+000, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento correctivo.	147
Figura 79: En la abscisa 4+570, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.....	149
Figura 80: En la abscisa 4+745, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.....	149
Figura 81: En la abscisa 4+775, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.....	150
Figura 82: Fresado más estabilización con cemento (Sánchez Sagobal, 2016).	154
Figura 83: Fresado más estabilización con cemento (Wirtgen, s. f.).	155
Figura 84: Fresado más estabilización con emulsión (Wirtgen GmbH, 2004a).....	159
Figura 85: Tren de trabajo para fresado más estabilización con emulsión (Wirtgen GmbH, 2004a).	160



LISTA DE SÍMBOLOS

CRCP	Pavimento de refuerzo continuo
ESAL	Carga de eje simple equivalente
GAD	Gobierno autónomo descentralizado
JPCP	Pavimento de concreto simple
JRCP	Pavimento de concreto con refuerzo estructural
MTOP	Ministerio de transporte y obras públicas
PCI	Índice de condición del pavimento
TPDA	Tráfico promedio diario anual
r	Tasa anual de crecimiento
n	Número de años del periodo de diseño
W_{18}	Número de cargas de ejes simples correspondientes a 80 KN (18000 lb)
L_{18}	Carga del eje estándar (18 kips)
L_2	Código de configuración del eje
L_x	Carga del eje que se evalúa
SN	Número estructural
P_t	Índice de serviciabilidad final
N	Número de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos pesados en el carril de diseño y periodo de diseño
%Vc	Porcentaje de vehículos comerciales
F_D	Factor de distribución por dirección
F_L	Factor de distribución por carril
F_p	Factor de proyección
F_c	Factor camión



PSI	Índice de servicio presente
Z_R	Valor que depende del nivel de confiabilidad (R) en una curva de distribución normalizada
S_o	Desviación estándar
ΔPSI	Pérdida del nivel de servicio
M_R	Módulo resiliente de la subrasante
p_o	Índice de servicio presente inicial
p_t	Índice de servicio final
a_1	Coefficiente estructural de la capa de rodadura
a_2	Coefficiente estructural de la capa de base
a_3	Coefficiente estructural de la capa de subbase
m_2	Coefficiente de drenaje de la capa de base
m_3	Coefficiente de drenaje de la capa de subbase
D_1	Espesor de la capa de rodadura
D_2	Espesor de la capa de base
D_3	Espesor de la capa de subbase
SN_{OL}	Número estructural que necesita tener la capa de reforzamiento
SN_f	Número estructural que necesita para resistir el tráfico futuro
SN_{eff}	Número estructural efectivo del pavimento actual
D_{OL}	Espesor de la capa de refuerzo requerido
a_{OL}	Coefficiente estructural de la capa de reforzamiento
RL	Vida restante (porcentaje)
N_p	Tráfico total de diseño
$N_{1.5}$	Tráfico total para que se produzca la falla de la estructura



CF	Factor de condición
SN _o	Número estructural de la estructura (considerado como nueva)
h _p	Espesor del pavimento existente (pulgadas)
E _p	Módulo de elasticidad del asfalto (psi)
N	Número total de unidades de muestra
A _{TT}	Área total del tramo
A _S	Área de la sección
n	Muestras mínimas a evaluar
s	Desviación estándar del índice de condición del pavimento entre las unidades de muestreo
e	Error admisible en la estimación del índice de condición del pavimento de la sección
S	Desviación estándar real
PCI _i	Índice de condición del pavimento de las muestras inspeccionadas
PCI _S	Índice de condición del pavimento de la sección
i	Intervalo de muestreo
DV	Valor deducido
VDT	Valor deducido total
CDV	Valor deducido corregido
m	Número de deducciones permisibles
q	Valores deducidos mayores a 2
HDV	Mayor valor deducido
CDT	Valor deducido total
HDV	Valor más alto de todos los CDV



PCI _R	PCI promedio de los tramos analizados
PCI _A	PCI promedio de los tramos adicionales analizados
TPD	Tráfico promedio diario
FH	Factor de proyección horario
FD	Factor de proyección diario
FS	Factor de proyección semanal
FM	Factor de proyección mensual
Fe	Factor de expansión



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Ing. Felipe Iván Redrován Flores, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación vial y alternativas de rehabilitación para la vía Azogues - San Miguel de Porotos – Jatumpamba", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de agosto de 2021.

Ing. Felipe Iván Redrován Flores

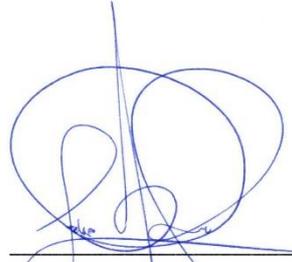
C.I: 0302399068



Cláusula de Propiedad Intelectual

Ing. Felipe Iván Redrován Flores, autor del trabajo de titulación "Evaluación vial y alternativas de rehabilitación para la vía Azogues - San Miguel de Porotos – Jatumpamba", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 11 de agosto de 2021.



Ing. Felipe Iván Redrován Flores
C.I.: 0302399068



DEDICATORIA

A Dios y la Santísima Virgen, por la bendición de la vida, por iluminar mi camino y permitirme culminar mis estudios, a mis padres Iván y Sabina, por el amor, cariño, comprensión, por su ayuda y apoyo incondicional; con un inconmensurable amor, a mi tierna y dulce angelita Cristel Alejandra y a mi esposa Fernanda; a mi hermano Martín, a mis compañeros y amigos, que con su compañía, fuerza y valor para no decaer ante las adversidades me impulsaron a seguir siempre adelante, desde el fondo de mi corazón para ustedes, este trabajo investigativo.

Felipe Iván Redrován Flores



AGRADECIMIENTO

Dejo sentada mi gratitud indeleble al Sr. Ing. Jaime Bojorque Iñiguez, PhD., director de este trabajo de titulación, quien, con su experiencia, dedicación y conocimientos, me ha guiado acertadamente en el desarrollo y culminación de este trabajo.

A todos y cada uno de los catedráticos de la maestría, quienes nos guiaron brindando sus conocimientos, generosa y eficientemente hasta culminarla.

Finalmente, a mi familia, por toda la paciencia, dedicación y apoyo en estos años de estudio.

¡MIS GRACIAS INEFABLES!



1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo económico de una ciudad, cantón, provincia, y país, las vías tienen un gran aporte, puesto que una carretera permite enlazar los diferentes puntos geográficos del país; sin embargo, adicional a la construcción de una vía es fundamental el mantenimiento y/o rehabilitación de la misma, garantizando la inversión realizada (Martínez, 2009).

Luego de que una vía se termina de construir, cuando comienza a utilizarse, existen diferentes factores que afectan de manera negativa a la estructura del pavimento, tales como las cargas repetitivas del tráfico, los factores climáticos, entre otros (NEVI-12-MTOP, 2013a).

Estas afecciones causan malestar tanto a los choferes, vehículos y pasajeros, ya que al viajar por vías en malas condiciones se incrementan los tiempos de traslado de un lugar a otro, se consume más energía, se genera también una contaminación ambiental mayor, ya que los motores de cada vehículo requieren de un desgaste extra, perjudicándose así no solo a la calidad de vida de las personas que viven cerca de las vías, sino de toda la población en general, ya que se afecta a un elemento primordial para la vida como lo es el aire; de aquí que es necesario mantener el estado adecuado de las vías (Martínez, 2009).

Muchas vías del país no contemplan un plan de mejoramiento y rehabilitación, de ahí que es importante poder evaluar las vías para tomar las medidas correctivas en tiempos adecuados, evitando así el deterioro progresivo de la estructura del pavimento. Considerando estos aspectos, se propone en este documento una evaluación vial y un plan de rehabilitación con miras de mejorar el desempeño de los pavimentos.

La vía que se estudia en el presente trabajo de titulación es la que conduce desde Azogues a San Miguel de Porotos y llega a Jatumpamba, misma que desde el año 2013, que terminó su construcción, ha presentado un deterioro constante en su estructura; la vía es de competencia del gobierno provincial, sin embargo, el municipio de Azogues ha intervenido únicamente con bacheos asfálticos, esto debido a que no existe un documento técnico o un plan de mantenimiento y rehabilitación para la estructura, es de aquí que, en el presente trabajo de titulación se realizará la evaluación vial y se presentarán alternativas de rehabilitación y mantenimiento para la vía Azogues – San Miguel de Porotos –



Jatumpamba, con la finalidad de contar con un documento guía preliminar para que cualquier entidad pueda mejorar el sistema de gestión de la carretera en estudio y luego replicarlo para otras vías que componen la infraestructura local y nacional.

1.1. Descripción del área de estudio

La vía en estudio pertenece a la provincia del Cañar, por lo que se ubica al sur del Ecuador; es una vía que conecta los cantones Azogues con la parroquia rural San Miguel de Porotos, además esta vía se enlaza con otras que unen a la provincia del Azuay (cantón Paute) con la provincia del Cañar. Fue terminada de construir en el año 2013 por la gestión del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Las coordenadas de inicio de la vía en la intersección con la vía que conduce de Charasol a Azogues, según el sistema de coordenadas geográficas WGS84 son 738822 E y 9692712 S, y las finales (Jatumpamba) son 740540 E y 9689055 S. Tiene una longitud aproximadamente de 7 kilómetros y tiene como capa de rodadura un concreto asfáltico (GADPRSM, 2015).

La vía ha sido intervenida a partir del año de su construcción por la Prefectura del Cañar, Municipio de Azogues y GAD Parroquial Rural de San Miguel, a través de acuerdos de cooperación interinstitucional; sin duda, las actividades de mantenimiento que más se han ejecutado en esta vía es el bacheo asfáltico.

En la Figura 1, se aprecia la ubicación geográfica de la vía en estudio:



Figura 1: Ubicación de la vía en estudio (Elaboración propia).

En concordancia con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, perteneciente al GAD Parroquial Rural de San Miguel, el área que conforma la vía en estudio presenta un relieve muy irregular. La vía en estudio está compuesta por pendientes que van desde horizontales a muy pronunciadas; estas pendientes originaron que en el proceso constructivo de la vía se hayan generado grandes movimientos de tierras (GADPRSM, 2015).

Los taludes que presenta la vía están desprotegidos y es la razón por la que con las fuertes lluvias que se presentan siempre se derrumba material hacia la vía.

1.2. Problemática

La carretera que conduce desde Azogues a San Miguel de Porotos, llegando a Jatumpamba lleva apenas 6 años desde que se terminó de construir y ya presenta diferentes tipos de fallas en su estructura a su largo y ancho; esto debido a diferentes factores, pero los más determinantes son la acción repetitiva del tráfico y la configuración geológica existente.



Por la vía se puede llegar hasta la planta de asfalto que posee el GAD Municipal de Azogues; esta arteria vial se considera de gran importancia para el cantón Azogues y para la Provincia del Cañar puesto que la Parroquia San Miguel, al ser una parroquia rural patrimonial y turística del cantón, posee diferentes atractivos turísticos, debido a esto el tráfico ha venido incrementándose paulatinamente (La Hora, 2018).

En la actualidad, las entidades públicas no disponen de la liquidez necesaria para ejecutar todas las actividades necesarias para mantener la integridad de las vías, entre otros factores, como la falta de un plan de mantenimiento y/o rehabilitación de la vía, en la actualidad, la misma presenta hundimientos, desprendimientos de agregados, grietas y deformaciones en la estructura de la vía, como se observa en Figura 2. Es por ello que, existe la imperiosa necesidad de realizar la evaluación de la estructura del pavimento y presentar alternativas para su posterior planificación y ejecución.



Figura 2. Deterioro de la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba.

1.3. Justificación

San Miguel de Porotos es una parroquia rural del cantón Azogues, turística y patrimonial, estos dos puntos se conectan a través de la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba, que es una carretera importante no solo a nivel cantonal, sino provincial, ya que conecta a la ciudad de Azogues con diferentes lugares de la provincia del Azuay (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Con el presente proyecto de titulación se evaluó el estado actual que presenta la vía citada,



con el fin de poder determinar los diferentes tipos de fallas existentes en el pavimento asfáltico, el nivel de severidad y las causas por las cuales se producen las fallas.

Este trabajo servirá como un documento preliminar y técnico para que la entidad gubernamental se guíe, permitiendo planificar y realizar los trabajos necesarios para su correcta conservación.

La evaluación vial es importante, ya que permite obtener un documento técnico preliminar, que permitirá que de forma ordenada se lleve un control adecuado de cada vía, lo que permitirá tener un plan de trabajo con las actividades necesarias para el mantenimiento y rehabilitación de las vías, mejorando las condiciones de vida de las personas, puesto que se ofrecería mayor seguridad y sobre todo comodidad al trasladarse por estas; es decir, se mejoraría la gestión o administración del sistema del pavimento, luego podría ser replicado para mejorar el sistema de gestión vial local e inclusive nacional.

1.4. Alcance

Este proyecto de titulación tiene como objetivo ejecutar la evaluación de la estructura del pavimento de la vía que conduce desde Azogues a San Miguel de Porotos llegando hasta Jatumpamba, y presentar alternativas para el mantenimiento y rehabilitación de la misma. Este análisis se lo realizó fundamentándose en la geología de la zona, en las características del tráfico que tiene la vía, y características actuales. Para la evaluación vial, se utilizó el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), para proceder con la identificación y determinación de los diferentes tipos de fallas existentes. Además, se realizó una calicata en la vía con el fin de conocer el estado actual de la estructura vial, así como la geología presente. Para obtener datos certeros con respecto al tráfico que circula por la vía, se realizó un conteo vehicular durante una semana considerando las 24 horas diarias (de lunes a lunes), utilizando una cámara filmadora. Se realizó ensayos de caracterización del material, incluyendo el CBR para determinar la resistencia del suelo para posteriormente utilizar dicho valor en el diseño de la rehabilitación del pavimento. Finalmente, se efectuó un análisis de costos de las diferentes alternativas de rehabilitación, para obtener la alternativa más óptima.



1.5. Limitaciones

Para poder llevar a cabo el presente trabajo de titulación, se consideraron las siguientes limitaciones, debido a que es un proyecto netamente pedagógico.

De la literatura revisada, la AASHTO recomienda que se realicen calicatas para una vía con un TPDA alto entre 3 y 4 por cada kilómetro; mientras que Braja M. Das., sugiere que, para proyectos de carretera, el espaciamiento de las perforaciones sea entre 250 y 500 metros. En el proyecto de titulación, se realizó un solo ensayo de calicata y de CBR; además, debido a la pandemia, no se pudo hacer uso de las instalaciones del laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, razón por la que se optó por contratar a un ingeniero geólogo privado, con la finalidad de que realice el ensayo de CBR y la calicata en la vía analizada en el otro laboratorio.

El ingeniero geólogo, de acuerdo a su experiencia y criterio ingenieril, recomendó expresamente que al realizarse un solo ensayo de CBR y una calicata en la vía analizada, éstos deberían realizarse en el punto más desfavorable, con la finalidad de obtener los valores más bajos para el diseño, sin embargo, se estaría sobredimensionando ya que, al escoger el punto más perjudicial, se estaría despreciando las condiciones de los tramos de la vía que se encuentran en óptimas condiciones, por ende, se estaría desperdiciando los recursos que han sido o serán asignados para la vía en mención.

De lo anterior, en el presente trabajo de titulación, se cumplió parcialmente con la normativa en cuanto al número de calicatas necesarios para la longitud que tiene la vía, razón por la que el documento final que se obtenga, servirá únicamente como una recomendación preliminar para que la entidad gubernamental correspondiente posea un documento técnico de base, y así pueda establecer un plan adecuado de mantenimiento y rehabilitación vial para que pueda ser aplicado en la vía de estudio.

Sin embargo, como una de las recomendaciones se deja planteado que se realicen más ensayos para que se describa de mejor manera estas condiciones viales y así se establezcan las alternativas de acuerdo a las características que se presenten en cada uno de los tramos que se analicen y poder determinar un plan de mantenimiento y rehabilitación vial detallado y que ese documento no sea únicamente una recomendación preliminar, sino más bien que sea aplicado rápidamente.



En la vía analizada una caracterización integral geológica no fue posible, pero se realizó un ensayo de CBR y una calicata, la caracterización se realizó únicamente utilizando una carta geológica del Ecuador, es decir un mapa geológico obtenido del IGM, para lo cual se superpuso la vía analizada en este mapa y con el resultado del ensayo de CBR y la calicata realizada, se evaluó la composición geológica.

1.6. Objetivos

1.6.1. General

Realizar la evaluación vial, identificando y determinando las fallas que actualmente presenta la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba, para proponer diferentes alternativas, y seleccionar la óptima para la conservación del pavimento, con la finalidad de que la vía mejore sus condiciones estructurales y funcionales.

1.6.2. Específicos

- Realizar la evaluación del estado actual de la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba, identificando y determinando los diferentes deterioros que se presentan.
- Realizar un análisis de la composición vehicular y de las condiciones geológicas presentes en la vía que conduce desde Azogues a San Miguel de Porotos, hasta llegar a Jatumpamba, para poder establecer parámetros de valoración de la estructura del pavimento.
- Realizar el diseño de la rehabilitación de un pavimento flexible, y determinar actividades de mantenimiento y alternativas para la rehabilitación de la vía Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba.
- Generar un análisis de alternativas en base a los costos de cada una de ellas, para seleccionar la más óptima.



2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo contiene la revisión bibliográfica del tema en estudio; enfocada en pavimentos que contienen hormigón asfáltico como capa de rodadura, puesto que la vía en estudio tiene esta estructura; además se revisa la literatura con respecto al análisis de las fallas en vías, conservación vial y los métodos del índice de condición del pavimento (PCI) y el de la AASHTO 93.

2.1. Pavimentos

2.1.1. Definición

Los pavimentos son estructuras formadas por diferentes capas, que están sobrepuestas, y que son diseñadas y edificadas de manera técnica. Este conjunto de capas, se afirman directamente en la subrasante de la vía, misma que es conseguida a través del movimiento de tierras. Las diferentes capas que forman la estructura del pavimento, deben ser capaces de resistir apropiadamente los diferentes y repetitivos esfuerzos que el tráfico les trasfiere, durante la vida útil para la que se diseñó el pavimento (Montejo Fonseca, 2006).

2.1.2. Estructura

Los pavimentos son una combinación de capas de subbase, base y superficie o capa de rodadura, las mismas que se encuentran asentadas sobre una subrasante, para soportar las cargas de tránsito y distribuir los esfuerzos en una carretera terminada (NEVI-12-MTOP, 2013b).

Para un adecuado funcionamiento, la estructura de un pavimento debe (Montejo Fonseca, 2006):

- Resistir los esfuerzos que repetidamente le transmite el tráfico.
- Resistir ante los factores ambientales, como lluvia, cambios de temperatura, nieve.
- Resistir el deterioro que causan los neumáticos de cada tipo de vehículo que circula por la vía.
- Tener una textura superficial adecuada para cada velocidad de tráfico.
- Tener una regularidad superficial transversal y longitudinal.
- Poseer condiciones adecuadas de drenaje.



- Ser confortable en cuanto al ruido de rodadura se refiere, tanto en el interior de los vehículos como en el exterior (entorno).
- Tener el color apropiado, evitando que se origine el efecto de reflejos o deslumbramientos.
- Ser duradero y económico.

A continuación, se definen las capas que conforman la estructura de un pavimento:

➤ Superficie o capa de rodadura

Es la parte superior del pavimento sobre la cual transitan los vehículos, esta capa está conformada por mezclas bituminosas o hidráulicas, que son ubicadas sobre la capa de base o subbase.

La capa de rodadura tiene como función establecer una superficie uniforme, que permita la estabilidad del tráfico, brinda una textura y color apropiado al pavimento, proporciona la resistencia necesaria para que el desgaste que ocasionan los neumáticos de los vehículos no afecten al pavimento, y por último, imposibilita que el agua llegue hasta la parte interna del pavimento (Montejo Fonseca, 2006).

➤ Capa de base

Está constituido por áridos (de espesor definido) sujetos a determinadas especificaciones técnicas, colocada sobre la capa de subbase o subrasante.

Dependiendo del espesor de esta capa, se puede llegar a disminuir el de la capa de rodadura, disminuyendo también su costo; esta capa se encarga del control de las deformaciones debido a los cambios de humedad o volumétricos, además de soportar y transmitir adecuadamente los esfuerzos generados por el tráfico (NEVI-12-MTOP, 2013b).

➤ Capa de subbase

Es la capa inicial de áridos que es colocada sobre la subrasante de la vía. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica, dependiendo del espesor de esta capa se puede llegar a disminuir el espesor y costo de la capa de rodadura. Esta capa además es la encargada de la transmisión de los esfuerzos

hacia la subrasante, controla también las deformaciones por humedad o cambios volumétricos, y, sirve como capa de drenaje, pues al ser granular evacúa el agua superficial y subsuperficial (Montejo Fonseca, 2006).

➤ **Subrasante**

Es la superficie superior de la obra básica, preparada como fundación de la estructura del pavimento y de los espaldones.

De la calidad de la subrasante que se tenga en la vía, depende en gran parte el espesor que debe tener la estructura del pavimento, es decir, a mayor calidad se disminuyen los costos de cada una de las capas granulares, por ende el costo total del pavimento será menor (NEVI-12-MTOP, 2013b).

2.1.3. Clasificación

En general, los pavimentos se clasifican en: rígidos, flexibles, semi-flexibles o semi-rígidos y articulados (Montejo Fonseca, 2006).

- Pavimentos flexibles: están constituidos por una capa de rodadura formada por una mezcla de áridos y materiales bituminosos, la misma que se asienta sobre la capa de base o subbase; esta carpeta admite que se produzcan pequeñas deformaciones en la estructura del pavimento, sin que llegue a fallar (Montejo Fonseca, 2006), este tipo de pavimento se presenta en la Figura 3:



Figura 3: Estructura de un pavimento flexible (Elaboración propia).

- Pavimentos rígidos: están constituidos por losas de hormigón hidráulico como capa de rodadura, misma que se asienta sobre la subrasante, capa de base o subbase. Los pavimentos rígidos algunas veces llevan acero de refuerzo (Montejo Fonseca, 2006); en la Figura 4 (pavimento JPCP), Figura 5 (JRCP) y Figura 6 (CRCP) se aprecian las estructuras de este tipo de pavimentos; además, estos

pavimentos permiten la transferencia de carga transmitida por el tráfico hacia la losa de concreto y luego hacia las capas inferiores, pueden ser:

- Pavimentos de concreto simple (JPCP): no tienen acero como refuerzo estructural; en éstos la transferencia de carga se consigue a través de la trabazón entre los agregados de las caras agrietadas de las losas adyacentes.

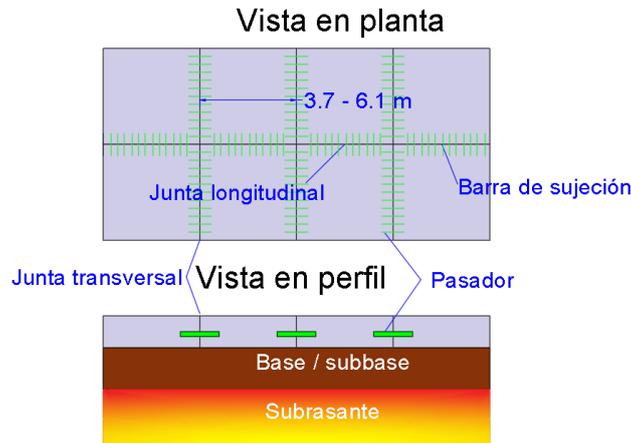


Figura 4: Estructura de un pavimento JPCP (Elaboración propia).

- Pavimentos de concreto con refuerzo estructural (JRCP): tienen acero estructural en la losa de hormigón hidráulico, estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas, que prácticamente se mantienen cerradas a causa del acero, logrando una excelente transferencia de carga.



Figura 5: Estructura de un pavimento JRCP (elaboración propia).

- Pavimentos de refuerzo continuo (CRCP): debido a su continuo refuerzo longitudinal, se desarrollan fisuras transversales cuyo espaciamiento es parte del proceso de diseño; las fisuras se mantienen unidas por la presencia

suficiente del acero. Estos pavimentos no requieren de juntas de contracción, como se tiene en la Figura 6. El acero de refuerzo desarrolla un alto grado de transferencia de carga en las caras de las fisuras.

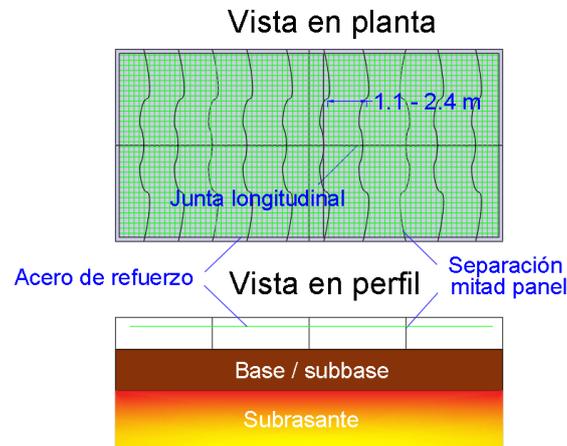


Figura 6: Estructura de un pavimento CRCP (elaboración propia).

- Pavimentos semi – rígidos o semi – flexibles: tienen la estructura similar a la de un pavimento de hormigón asfáltico, sin embargo, una de sus capas ha sido modificada a través de un aditivo como la cal, emulsión, cemento, logrando mejorar las características de los materiales que se utilizarán en la etapa constructiva (Montejo Fonseca, 2006).
- Pavimentos articulados: la capa de rodadura se construye con adoquines (bloques de concreto prefabricado), de características geométricas uniformes, mismos que pueden ir asentados sobre una capa de arena apoyada en la capa de base o subrasante, dependiendo de sus características y cargas que soportará la vía (Montejo Fonseca, 2006), la estructura de este tipo de pavimentos se presenta en la Figura 7.

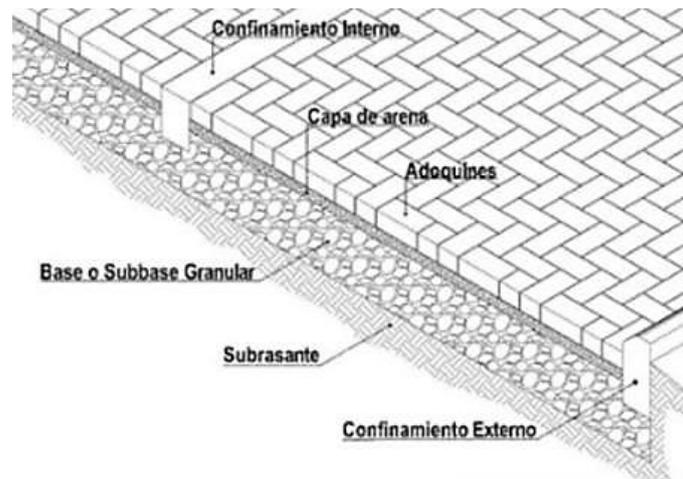


Figura 7: Estructura de un pavimento articulado.

2.1.4. Ventajas y desventajas de un pavimento flexible

A continuación, en la Tabla 1, se destacan las ventajas y desventajas más importantes para los pavimentos que tienen hormigón asfáltico como capa de rodadura, de acuerdo a la XIX Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres (Serment-Guerrero, 2012):

Tabla 1: Ventajas y desventajas de un pavimento flexible.

Principales ventajas	Principales desventajas
Costo de inversión inicial bajo.	Se requiere un mantenimiento continuo y periódico.
Vida útil entre 10 y 15 años.	Se incrementan los costos por actividades de conservación vial.
Se puede utilizar como capa base para la colocación de otra capa de rodadura.	En temporada invernal, las actividades de mantenimiento resultan más costosas.
Mayor confort durante el viaje.	
Las actividades de mantenimiento se realizan en tiempos cortos.	

2.2. Tránsito Vehicular

En el proceso de diseño de una vía, la variable más importante es el tránsito vehicular, si bien es cierto, el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en el diseño geométrico de una carretera, el número y el peso de los ejes equivalentes de éstos, son parámetros determinantes en el diseño de la estructura del pavimento (Montejo Fonseca, 2006).



Se conoce también como tráfico vehicular, aquel que se produce al existir un flujo de vehículos en una carretera; este flujo que se produce, puede producir congestión vehicular (Cal R. & Cárdenas G., 2007).

El parámetro que resulta del análisis del tráfico vehicular es el tráfico promedio diario anual (TPDA), el cual representa el tránsito total que circulará por la vía durante un año dividido por 365 días, es decir, representa el volumen de tránsito promedio por día (NEVI-12-MTOP, 2013a). Este valor es determinante tanto para la justificación de costos del pavimento como para dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la vía.

El TPDA puede ser obtenido a partir de aforos manuales o automáticos. La manera más adecuada es a través de conteos automáticos del tráfico, durante un año y en el sitio donde se efectuará el proyecto; sin embargo, si dichos controles no han sido posibles efectuarse, se deben realizar las mediciones muestrales que sean necesarias, con la finalidad de obtener un valor aproximado del tráfico promedio diario anual (NEVI-12-MTOP, 2013a).

2.2.1. Composición del tránsito vehicular

Se refiere a los tipos de vehículos, con sus diferentes pesos y tamaños, que de acuerdo a la normativa ecuatoriana vial (NEVI-12-MTOP, 2012), generalmente pueden ser:

- Vehículos livianos.
- Vehículos pesados o comerciales: buses y camiones.

En concordancia con la AASHTO, en la Tabla 2, se presenta la clasificación del tipo de vehículos de acuerdo al número y disposición de sus ejes (NEVI-12-MTOP, 2013b):

Tabla 2: Clasificación vehicular (NEVI-12-MTOP, 2013b).

Descripción	Símbolo
Motocicletas	A ₁
Autos	A ₂
Busetas	B
Buses	B
Camión de dos ejes	C ₁
Camión o tracto – camión de tres ejes	C ₂
Camión grande, tráiler de cuatro, cinco y seis ejes	C ₃
Remolque con uno o dos ejes verticales, incl. una unidad remolcada tipo Dolly o tráiler.	R



En la etapa del estudio de la composición vehicular se toman en cuenta las cargas de ejes simples equivalentes a 18000 lb (ESAL), es por esto, que se deben establecer correctamente tanto el número de vehículos de cada tipo como sus respectivos pesos.

En el Anexo 1, se presenta la tabla nacional de pesos y dimensiones, de acuerdo a la normativa ecuatoriana vial.

2.2.2. Parámetros para estimar el volumen del tránsito

Para la determinación del volumen del tránsito es necesario tener en cuenta:

- Período de diseño (n): se define como los años de operación comprendido desde que se inaugura el proyecto hasta el término de su vida útil (NEVI-12-MTOP, 2013a). Al finalizar el período de diseño, si antes no se ha realizado actividades de mantenimiento vial, será necesario ejecutar acciones de rehabilitación vial (Universidad Mayor San Simón, 2004).

Se debe considerar los siguientes periodos de diseño, recomendados por la normativa ecuatoriana vial:

Proyectos para conservación vial:	n = 20 años
Proyectos para construcción de vías:	n = 30 años

- Crecimiento del tráfico: para estimar el crecimiento del tránsito se utilizará la ecuación (1), dada por la normativa ecuatoriana vial, en su volumen 2B (NEVI-12-MTOP, 2012):

$$F_p = \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)} \quad (1)$$

Donde:

F_p = factor de proyección del tránsito vehicular.

r = tasa anual de crecimiento.

n = número de años.

- Carril de diseño: en las vías de dos carriles, el carril de diseño es cualquiera, cuando existen más de 2 carriles, usualmente es el carril externo (Universidad Mayor San Simón, 2004).



- Factor de distribución por dirección (F_D): dependiendo del número de carriles, en la Tabla 3 se presenta (en porcentaje) el factor de distribución por dirección en el carril de diseño (AASHTO, 1993).

Tabla 3: Factor de distribución por dirección (AASHTO, 1993).

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	10

- Factor de distribución por carril (F_L): este valor corresponde al porcentaje de vehículos que circulan en el carril de diseño, se obtiene a partir de la Tabla 4 (AASHTO, 1993).

Tabla 4: Factor de distribución por carril (AASHTO, 1993).

Número de carriles por sentido	% de vehículos en el carril de diseño		
1			100
2	80	-	100
3	60	-	80
4	50	-	75

- Factor camión (F_C): se define como el número de aplicaciones de ejes simples equivalentes a 8.2 toneladas (1,800 lb), que corresponde al paso de un vehículo pesado (Montejo Fonseca, 2006). Para determinarlo, se utilizan las ecuaciones (2), (3) y (4):

$$\frac{W_X}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2S}}{L_X + L_{2X}} \right]^{4.79} \left[\frac{10^{\beta_X}}{\frac{G}{10^{\beta_{18}}}} \right] [L_{2X}]^{4.33} \quad (2)$$

$$\beta_X = 0.4 + \left(\frac{0.081(L_X + L_{2X})^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_{2X}^{3.23}} \right) \quad (3)$$

$$G = \log \left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right) \quad (4)$$

Donde:

$\frac{W_X}{W_{18}}$ = aplicación de carga inverso al factor camión (F_C).



W_{18} = número de cargas de ejes simples correspondientes a 80 kN.

L_{18} = corresponde a la carga estándar de 18 kips.

L_2 = configuración del eje.

S = eje simple (1), X = tipo de eje evaluado

1 = eje simple, 2 = eje tándem, 3 = eje trídem

L_X = carga del eje que se evalúa.

SN = número estructural.

P_t = índice de serviciabilidad final.

2.2.3. Determinación del tráfico de diseño

Para calcular el número de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos pesados en el carril y periodo de diseño (N), se utiliza la expresión (5):

$$N = TPDA * \%V_C * F_D * F_L * F_p * F_C * 365 \quad (5)$$

Donde:

TPDA = tránsito promedio diario anual en el año inicial.

$\%V_C$ = porcentaje de vehículos comerciales.

F_D = factor de distribución por dirección.

F_L = factor de distribución por carril.

F_p = factor de proyección.

F_C = factor camión.

Luego de determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas (N), se debe contemplar la confiabilidad requerida para comenzar el diseño. De acuerdo a la Tabla 5, se tienen los siguientes niveles de confiabilidad dependiendo del tipo de vía.

Tabla 5: Nivel de confiabilidad sugerido (AASHTO, 1993).

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado					
	Urbana			Rural		
Interestatal y otras vías	85	-	99.9	80	-	99.9
Arteria principal	80	-	99	75	-	95
Colectora	80	-	95	75	-	95
Local	50	-	85	50	-	80



2.2.4. Capacidad vial y niveles de servicio

En concordancia con la NEVI, la capacidad vial es otro de los factores que controlan el diseño de una carretera. La capacidad se refiere a la habilidad que presenta una vía para acomodar el tránsito, es decir, el número máximo de vehículos que pueden circular durante un periodo de tiempo determinado, sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos (NEVI-12-MTOP, 2013a).

El nivel de servicio es una medida de la calidad del flujo de tránsito que circula por la vía, se entiende como la calificación de la calidad de servicio que una vía presta en un determinado momento (NEVI-12-MTOP, 2013a); esta calificación de cuantifica con una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, maniobrabilidad, seguridad y los costos de operación.

En base a lo establecido en la NEVI, y en concordancia con la National Highway Institute, se han definido seis niveles de servicio A, B, C, D, E y F, desde el mejor “A” hasta el peor “F” (National Highway Institute, 2002).

A continuación, se presentan las características de cada uno de los niveles de servicio (AASHTO, 1993):

- Nivel de servicio “A”: en este nivel de servicio el flujo es libre, donde los usuarios escogen la velocidad de circulación y no se ven afectados si se encuentran más vehículos en su camino. Por lo expuesto, este nivel de servicio presenta un nivel de comodidad y conveniencia muy bueno.
- Nivel de servicio “B”: en este nivel de servicio el flujo es estable, los usuarios todavía escogen la velocidad de circulación, pero comienzan a percibir la presencia de otros vehículos. De acuerdo a lo citado, el nivel de comodidad disminuye.
- Nivel de servicio “C”: en este nivel, el flujo es estable todavía, pero la figura de otros vehículos inquieta al conductor. Las maniobras que se realicen son posibles sólo si los choferes están atentos. Por lo expuesto, la comodidad y el nivel de conveniencia disminuye más, en comparación con el nivel B.
- Nivel de servicio “D”: el flujo tiene una alta densidad, pero es estable, en este nivel de servicio, las maniobras y selección de velocidades de circulación están restringidas. De acuerdo a lo citado, la comodidad y el nivel de conveniencia es



muy pobre.

- Nivel de servicio “E”: en este nivel de servicio, la vía ha llegado o está por llegar a su aforo. Las velocidades de circulación son uniformes pero bajas, por lo que realizar maniobras se vuelve complicado. Por lo expuesto, la comodidad y nivel de conveniencia son considerablemente pobres.
- Nivel de servicio “F”: es aquí donde existe una congestión vehicular grave, debido a que el tránsito ha excedido el nivel de aforo, por lo que se producen colas. Existe un proceso constante en el que los vehículos pueden trasladarse pequeñas distancias con una velocidad baja y uniforme, y prontamente se detienen.

2.2.5. Índice de serviciabilidad de los pavimentos

La serviciabilidad de un pavimento se define como la idoneidad que tiene el mismo para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar. Se evalúa a través del índice de servicio presente (PSI), el mismo que varía de 0 (intransitable) hasta 5 (carretera perfecta). Lo que se busca con el diseño al final del período de diseño es llegar a un nivel de servicio aceptable (AASHTO, 1993).

La AASHTO sugiere un valor de 2.5 para las autopistas y vías principales, mientras que para las demás carreteras sugiere un valor de 2.0.

A continuación, en la Tabla 6, se presenta la escala de clasificación del índice de servicio y calificación de la vía:

Tabla 6: Índice de serviciabilidad (AASHTO, 1993).

Índice de servicio de la vía			Calificación de la vía
5.0	-	4.0	Muy buena
4.0	-	3.0	Buena
3.0	-	2.0	Regular
2.0	-	1.0	Mala
1.0	-	0.0	Muy mala

De acuerdo a la Federal Highway Administration, y en concordancia con la AASHTO, a continuación, se presentan las características de los índices de serviciabilidad de un pavimento:

- Muy buena. – En esta categoría se ubican los pavimentos recapeados o recientemente construidos, razón por la que no presentan afecciones físicas o



estructurales.

- Buena. – En esta categoría, los pavimentos presentan poca afección superficial, sin embargo, no son tan lisos como los de la categoría anterior. En los pavimentos que tienen como capa de rodadura hormigón asfáltico se necesita planificar y ejecutar un mantenimiento rutinario debido a que se presenta en algunos casos fisuraciones o ahuellamientos; en el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, se presentan ligeras grietas o desprendimientos.
- Regular. – El conjunto de pavimentos que pertenecen a esta categoría, muestran algunos daños, razón por la que el nivel de la calidad de conducción es menor comparado con pavimentos de las categorías anteriores. En los pavimentos flexibles se observan fallas como grietas y ahuellamientos, para corregir las fallas que se presenten, se deberá colocar un refuerzo en la capa de rodadura.
- Mala. – En esta categoría, los pavimentos se han deteriorado de tal manera que afectan la velocidad de circulación. En los pavimentos con capa de rodadura de hormigón asfáltico, se presentan fallas como el agrietamiento y los baches, en más del 50% de la superficie, debido a esto, para la reconstrucción del pavimento se deberá demoler la estructura actual. En el caso de los pavimentos rígidos se presentan deterioros como pérdida de agregados, parches, grietas, descamación, además puede incluir bombeo.
- Muy mala. – En esta categoría, los pavimentos presentan condiciones de daño extremo. El daño ocurre en más del 75% del nivel superficial; por ello, se deberá demoler la estructura actual para proceder con la recuperación del pavimento.

2.3. Diseño de pavimentos flexibles

Para el diseño de pavimentos flexibles, generalmente existen los siguientes métodos:

- Método empírico basado en estructuras tipo
- Método del Instituto del Asfalto
- Método de la AASHTO



El presente estudio se enfocará en el método de la AASHTO, ya que es el método que nace a partir de los resultados del AASHO ROAD TEST. El método de la AASHTO, permite seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que duren todo el período de análisis hasta estructuras construidas por etapas con una estructura inicial y colocación de sobrecapas (AASHTO, 1993).

El método a utilizar en el presente trabajo de titulación, se basa primero en determinar los espesores de cada una de las capas que conforman el pavimento, basándose en varios parámetros como son: el tránsito (W_{18}), el nivel de confiabilidad, el índice de servicio presente y final (p_o , p_t), el módulo resiliente de la subrasante (M_R), módulos de elasticidad de la base y subbase, número estructural y factores ambientales.

La ecuación de la AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (6)$$

Donde:

W_{18} = número de cargas de 18 kips (80 kN).

Z_R = valor que depende del nivel de confiabilidad (distribución normal).

S_o = desviación estándar.

SN = número estructural.

ΔPSI = pérdida del índice de serviciabilidad ($p_o - p_t$).

M_R = módulo resiliente de la subrasante.

2.3.1. Parámetros de diseño

Previo al diseño de los pavimentos flexibles, el método de la AASHTO requiere calcular algunos parámetros, mismos que serán determinantes en el diseño:

- Nivel de confiabilidad

A medida de que el volumen del tránsito crece, se esperan mayores divergencias de los resultados, por ende se aumenta el riesgo de no cumplir con la expectativa pública de seguridad, debiendo ser minimizado dicho riesgo; para lograr esto, se escogen niveles mayores de confiabilidad; en la Tabla 5 se muestran los diferentes



niveles de confiabilidad (AASHTO, 1993).

Con el nivel de confiabilidad escogido, se determina la abscisa (Z_R) correspondiente a una distribución normal y al nivel de confianza utilizado. Los niveles más elevados corresponden a las vías que reciben mayor uso.

- Desviación estándar (S_o)

Los valores de la desviación estándar (S_o), desarrollado en la AASHO ROAD TEST no incluyen error por el tráfico. El error en el pronóstico del comportamiento en el trayecto experimentado resultó de 0.35 para pavimentos que tienen como capa de rodadura hormigón asfáltico, valor que corresponde a una desviación estándar total de 0.45. En la Tabla 7 se muestran los intervalos de desviación estándar en función del tipo de diseño, sugeridos por la AASHTO.

Tabla 7: Desviación estándar (AASHTO, 1993).

Condiciones de diseño	Desviación estándar sugerida		
Pavimentos flexibles	0.40	-	0.50
Construcción nueva	0.35	-	0.40
Sobre capas		0.50	

- Número estructural (SN)

Este parámetro se determina a partir de la ecuación general de diseño de los pavimentos flexibles, ecuación (6), presentada anteriormente, parámetro que considera el tráfico estimado en el período de diseño, nivel de confiabilidad, desviación estándar total, módulo resiliente de la subrasante, pérdida de nivel de servicio durante el periodo de diseño.

- Pérdida de nivel de servicio (ΔPSI)

Este parámetro se calcula a partir de la siguiente expresión, considerando el índice de servicio presente y final del pavimento (AASHTO, 1993):

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (7)$$

Donde:

ΔPSI = pérdida de nivel de serviciabilidad.

p_o = índice de servicio presente inicial.

p_t = índice de servicio final.



- Índice de servicio presente (p_o): de acuerdo a la AASHTO, está en función del diseño y calidad del pavimento de la vía a construir, estos valores pueden ser (AASHTO, 1993):
 - Pavimentos de hormigón asfáltico: $p_o = 4.2$.
 - Pavimentos de hormigón hidráulico: $p_o = 4.5$.
- Índice de servicio final (p_t): dependiendo de la clasificación de la carretera, representa el valor más bajo que puede ser permitido para que la vía cumpla todavía con un nivel de servicio adecuado, los valores recomendados son los siguientes (AASHTO, 1993):

Vías locales	$p_t =$	1.8	-	2.0
Vías principales con tránsito normal	$p_t =$	2.0	-	2.5
Vías principales con mayor tránsito	$p_t =$	2.5	-	3.0

Un pavimento flexible llega a la falla cuando se consigue un índice de servicio final de 1.5 (AASHTO, 1993).

- Módulo resiliente de la subrasante (M_R)

Puesto que para el presente trabajo se realizará un ensayo de CBR para el tipo de suelo en la vía de estudio, a continuación se determinan correlaciones (Montejo Fonseca, 2006), mismas que están en función del CBR y que permitirán obtener el módulo resiliente de la subrasante:

$$M_R = 1500 * CBR \left[\text{psi} = \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2} \right] \quad \text{Si } CBR \leq 7.2\% \quad (8)$$

$$M_R = 3000 * CBR^{0.65} \left[\text{psi} = \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2} \right] \quad \text{Si } 7.2\% < CBR \leq 20\% \quad (9)$$

$$M_R = 4.326 * \ln(CBR) + 241 \left[\text{psi} = \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2} \right] \quad \text{Si } CBR > 20\% \quad (10)$$

Para determinar los espesores de capa del pavimento, se requiere también obtener dos coeficientes: un parámetro correspondiente al drenaje de la zona (coeficiente de drenaje) y el coeficiente estructural de capa, a continuación, se detalla:

- Coeficiente de drenaje (m_i)

El método para selección del coeficiente de drenaje, deja la libertad de seleccionar



cuál es el nivel o la calidad de drenaje que se logra, tomando en cuenta las condiciones con respecto al término para remoción del agua y el tiempo porcentual que el pavimento está expuesto a humedades cercanas a la saturación (AASHTO, 1993), como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Calidad de drenaje (AASHTO, 1993).

Calidad del drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Una vez que se tiene la calidad de drenaje, se procede a determinar el coeficiente de drenaje, con la siguiente Tabla 9.

Tabla 9: Coeficiente de drenaje (AASHTO, 1993).

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo que el pavimento está expuesto a humedades cercanas a la saturación									
	<1%		1-5%		5-25%		>25%			
Excelente	1.40	-	1.35	1.35	-	1.30	1.40	-	1.37	1.20
Buena	1.35	-	1.25	1.25	-	1.15	1.15	-	1.00	1.00
Aceptable	1.25	-	1.15	1.15	-	1.05	1.05	-	0.80	0.80
Pobre	1.15	-	1.05	1.05	-	0.80	0.80	-	0.60	0.60
Muy pobre	1.05	-	0.95	0.95	-	0.75	0.70	-	0.40	0.40

- Coeficiente estructural de capa

El método asigna a cada capa un coeficiente (a_i), los mismos que permiten transformar los espesores reales a números estructurales. El método de la AASHTO define cinco categorías, dependiendo de la función y tipo de capa, como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10: Categorías de los coeficientes de cada capa.

Categoría	Capa	Coeficiente de capa
1	Hormigón asfáltico	a_1
2	Base granular	a_2
3	Bases estabilizadas con cemento	a_2
4	Bases bituminosas	a_2
5	Subbase granular	a_3



Para determinar el coeficiente estructural para cada capa, se puede estimar en base al módulo de elasticidad de cada uno de los materiales que forman el pavimento, mediante diagramas, mismos que se encuentran en el Anexo 2.

- Espesores de capa

Una vez que se determina el número estructural, el siguiente paso consiste en identificar un conjunto de capas cuyos espesores, convenientemente combinados, proporcionen la capacidad portante correspondiente a dicho número estructural, a través de la siguiente expresión:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3 \quad (11)$$

con:

a_1 = coeficiente estructural de la capa de rodadura.

D_1 = espesor de la capa de rodadura.

a_2 = coeficiente estructural de la capa de base.

m_i = coeficientes de drenaje ($m_2 = m_3$)

D_2 = espesor de la capa de base.

a_3 = coeficiente estructural de la capa de subbase.

D_3 = espesor de la capa de subbase.

La expresión anterior, presenta muchas combinaciones técnicamente válidas, sin embargo, para la selección se debe considerar los costos.

Debido a que es impráctico y antieconómico considerar capas delgadas, el método recomienda los siguientes espesores mínimos, en base al número de ejes simples equivalentes y en base a la capa de la estructura del pavimento, como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11: Espesores mínimos en función del número de ejes equivalentes (AASHTO, 1993).

# de ejes equivalentes	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto asfáltico (todas las capas)	Base granular
< 50000	1.0 ó TSD	4
50000 - 150000	2.0	4.0
150000 - 500000	2.5	4.0
500000 - 2000000	3.0	6.0

3000000	-	7000000	3.5	6.0
>		7000000	4.0	6.0

Para determinar los espesores de capa, se debe cumplir con las expresiones:

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (12)$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1 \quad (13)$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2} \quad (14)$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2 \quad (15)$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3} \quad (16)$$

En la Figura 8, se aprecian las diferentes capas de la estructura del pavimento, junto con sus espesores y números estructurales:

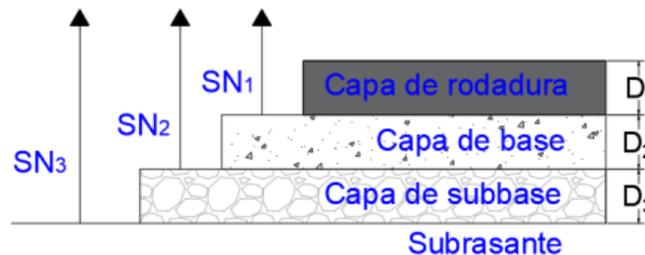


Figura 8: Espesores y número estructural de las capas de un pavimento flexible.

2.3.2. Diseño por etapas y rehabilitaciones

De acuerdo a la metodología de la AASHTO, para realizar el diseño de un pavimento por etapas, mismo que se basa en la deficiencia estructural del pavimento, se debe corregir dicha deficiencia para que la capacidad estructural del pavimento soporte el tráfico futuro (National Highway Institute, 2002).

Ya que el método se basa en la deficiencia estructural del pavimento, el método de la AASHTO toma en cuenta varias actividades de rehabilitación de un pavimento, en base a la colocación de capas adicionales que actúan como refuerzo a la estructura que presenta el pavimento, previo a su reforzamiento.



La nueva capacidad estructural se puede establecer a través de la expresión (17):

$$SN_{OL} = SN_f - SN_{eff} \quad (17)$$

Donde:

SN_{OL} = número estructural que necesita tener la capa de reforzamiento.

SN_f = número estructural que se necesita para resistir el futuro tráfico.

SN_{eff} = número estructural efectivo del pavimento actual.

Luego, para determinar el espesor de la capa de reforzamiento a colocarse se utiliza la expresión (18):

$$D_{OL} = \frac{SN_{OL}}{a_{OL}} \quad (18)$$

Donde:

D_{OL} = espesor de la capa de refuerzo que se requiere.

SN_{OL} = número estructural que necesita tener la capa de reforzamiento.

a_{OL} = coeficiente estructural de la capa de reforzamiento (a_1).

A continuación, en la Figura 9, se puede observar la pérdida de la capacidad que tiene la estructura de un pavimento con respecto al paso del tiempo (AASHTO, 1993).

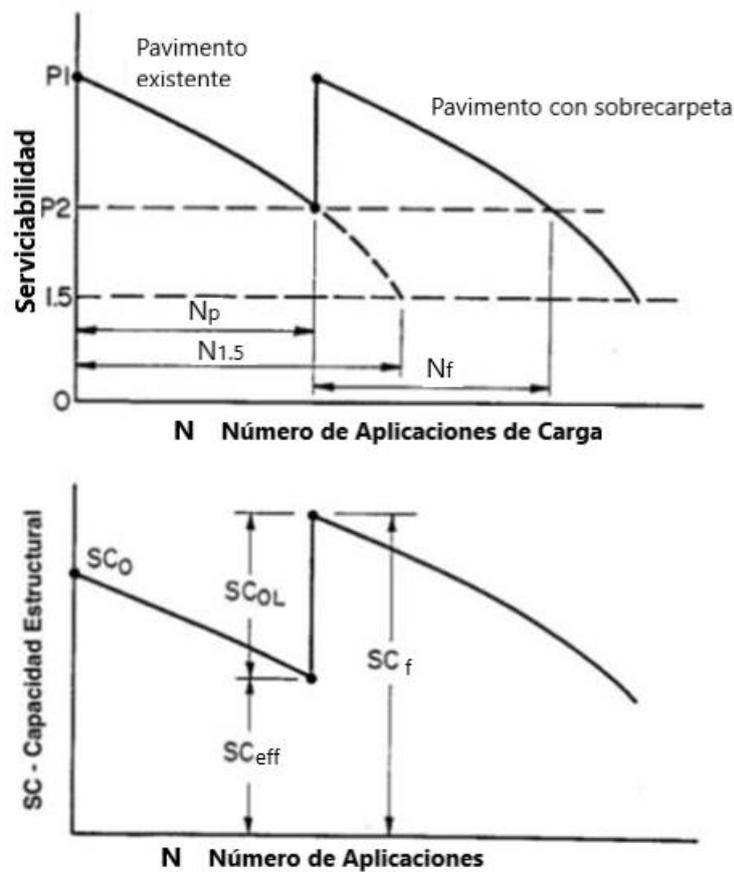


Figura 9: Comportamiento de un pavimento con respecto al tiempo (AASHTO, 1993).

La AASHTO establece tres procedimientos para la determinación de la capacidad estructural efectiva de una vía existente:

- 1) Inspecciones visuales y/o ensayos de materiales.
- 2) Daños por fatiga por tráfico – vida remanente.
- 3) Ensayos de deflexión no destructivos.

En el presente trabajo, se emplea el segundo método, pues se considera que el pavimento se ve afectado por las cargas repetitivas que le transmite el tráfico, reduciendo su capacidad estructural, consecuentemente, llevando a la estructura a la falla.

Para determinar la vida restante de un pavimento existente, en porcentaje, se utiliza la ecuación (19):

$$RL = 100 * \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1.5}} \right) \right] \quad (19)$$

Donde:



RL= vida restante (porcentaje).

N_p = tráfico total de diseño.

$N_{1.5}$ = tráfico total para que se produzca la falla de la estructura.

El número estructural efectivo de una vía, se establece con la siguiente expresión:

$$SN_{eff} = CF * SN_o \quad (20)$$

con:

SN_{eff} = número estructural efectivo de la estructura (actual).

CF= factor de condición.

SN_o = número estructural de la estructura (considerando como nueva).

El número estructural efectivo del pavimento existente, se determina del diseño para los primeros años, es decir, si el pavimento ha de tener un periodo total de 20 años, se diseña normalmente para los primeros 10 años, y el espesor resultante sería el pavimento existente para el cálculo de la capa de refuerzo que se colocará para los siguientes 10 años.

Para determinar el parámetro del factor de condición, se pueden utilizar ábacos (como el mostrado en la Figura 10, o las siguientes expresiones (AASHTO, 1993).

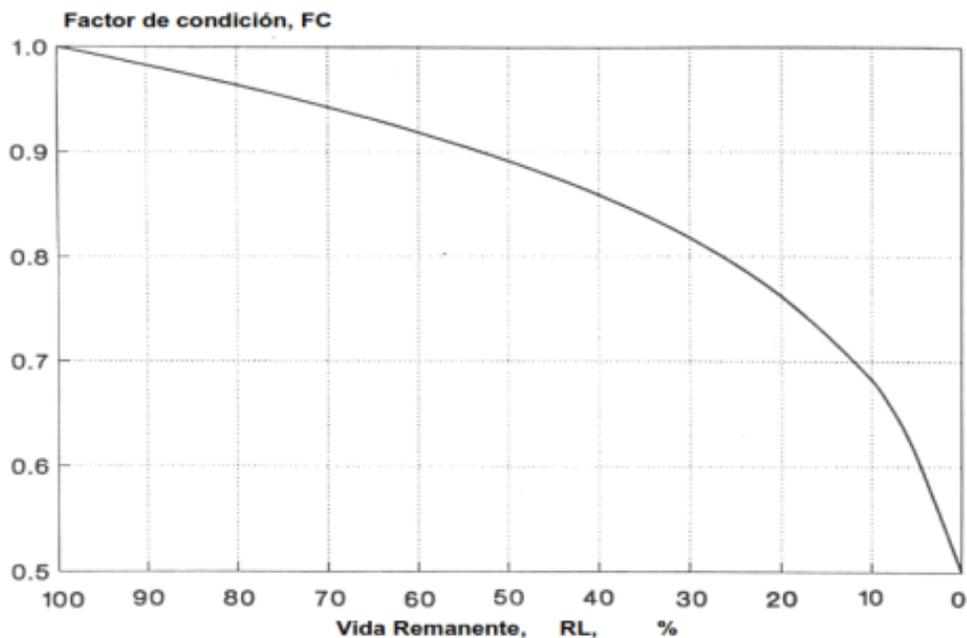


Figura 10: Ábaco para determinar el factor de condición (AASHTO, 1993).



- $CF = RL^{0.165}$ para $RL \geq 5\%$ (21)

- $CF = 0.5 + \frac{(0.05^{0.165} - 0.5)}{0.05} * RL$ para $0 \leq RL < 5\%$ (22)

Donde:

CF = factor de condición.

RL = porcentaje de vida remanente.

Las ecuaciones (21) y (22), son sugeridas por la AASHTO, en su apéndice L (AASHTO, 1993).

Para el caso que se consideren rehabilitaciones para pavimentos de hormigón asfáltico, el número estructural del mismo, se puede obtener con las expresiones:

- $SN_{eff} = 0.0045 * h_p * \sqrt[3]{E_p}$ (23)

Donde:

SN_{eff} = número estructural efectivo de un pavimento existente.

h_p = espesor del pavimento existente (toda la estructura en pulgadas).

E_p = módulo de elasticidad del asfalto (psi).

- $SN_{eff} = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 + \dots + a_i m_i D_i$ (24)

con:

a_1 = coeficiente estructural de la capa de rodadura.

D_1 = espesor de la capa de rodadura.

a_2 = coeficiente estructural de la capa de base.

$m_{2,3}$ = coeficientes de drenaje de las capas de base y subbase.

D_2 = espesor de la capa de base.

a_3 = coeficiente estructural de la capa de subbase.

D_3 = espesor de la capa de subbase.

a_i = coeficientes estructurales para cada capa.

m_i = coeficientes de drenaje.

D_i = espesores de cada capa de la estructura existente.

Si todo el pavimento requiere una confiabilidad NC_{todo} , para n etapas, entonces la confiabilidad para cada etapa se determina con la ecuación (25):

$$NC = (NC_{\text{todo}})^{\frac{1}{n}} \quad (25)$$

2.4. Evaluación en pavimentos flexibles

El estado de un camino, se empieza a degradar desde el mismo momento de su construcción, debido a diferentes factores como la acción del tráfico, agentes atmosféricos y las diferentes características intrínsecas respecto a las obras, las que producen deterioros en los diversos elementos que componen la infraestructura vial (Del Val Helus & Orue E Chevarria, 1991).

Para poder optimizar los costos que representan las actividades de conservación vial, se utiliza la evaluación de los pavimentos, proceso muy importante, ya que permitirá planificar de manera adecuada las diferentes tareas de rehabilitación y mantenimiento vial, mismo que deberá realizarse básicamente en base a inspecciones visuales (Del Val Helus & Orue E Chevarria, 1991).

A continuación, en la Figura 11 se presenta el comportamiento de un pavimento, en diferentes fases, con respecto al paso del tiempo (Schliessler & Naciones Unidas, 1994):

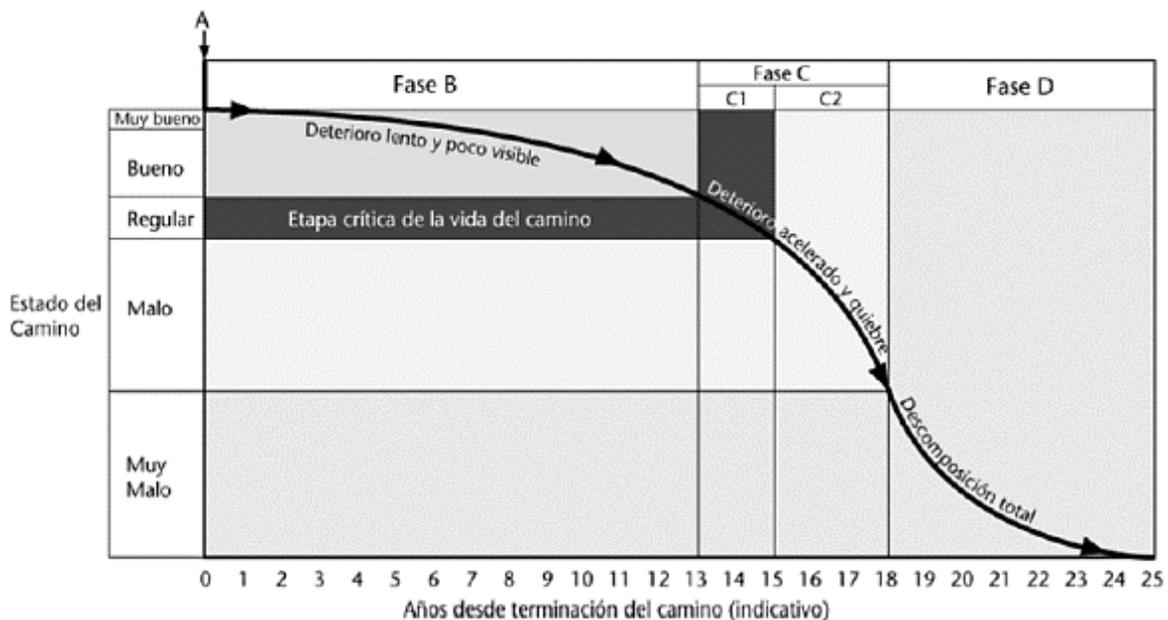


Figura 11: Comportamiento de un pavimento con el paso del tiempo (Schliessler & Naciones Unidas, 1994).

Ahora se procede con la descripción de cada una de las fases de la figura anterior (Schliessler & Naciones Unidas, 1994):



- Fase A: Construcción.

Apenas una vía termina de construirse, se encuentra en perfectas condiciones, brindando un muy buen servicio. Como se observa en el punto A, de la Figura 11.

- Fase B: Deterioro lento y poco visible.

En los primeros años, el pavimento se ve afectada por diferentes factores como el tránsito, agentes atmosféricos, calidad de la construcción; mismos que ocasionan que la superficie se debilite y desgaste. Sin embargo, para minimizar este proceso y desarrollo de esta etapa, se deben emplear diferentes actividades de mantenimiento vial. En muchos países, este tipo de conservación vial no se aplica, debido a la escasez de recursos económicos, además porque se tiene la idea de rehabilitar y mantener únicamente las vías que se encuentran en pésimo estado.

- Fase C: deterioro acelerado y quiebre.

Con el paso del tiempo, la estructura de la vía cada vez resiste menos el tráfico que circula por ella. En esta fase, de acuerdo a la Figura 11 se distinguen dos etapas: C1 y C2; en la primera, la estructura sigue intacta, presentando fallas superficiales menores, originando una percepción visual en buen estado pero que no es cierta; luego a medida que avanza la fase C1, la estructura comienza a ser afectada considerablemente (C2), provocando la destrucción rápida del pavimento.

Esta etapa es relativamente corta (2 – 5 años). Las actividades de conservación vial, van enfocadas a reforzar el pavimento al inicio de la fase C, deteniendo el deterioro rápido de la carretera y asegurando que se brinde un adecuado nivel de servicio.

- Fase D: descomposición total.

Esta etapa es la última fase de una vía, puede durar varios años, presentando primeramente la pérdida de la superficie de rodamiento. El tránsito por estas vías se dificulta, la velocidad de circulación disminuye considerablemente por lo que la capacidad vial se reduce. Es en esta fase en la que varios vehículos deciden ya no circular por aquella vía, debido a los daños que se generan en los vehículos por



el estado de la misma.

2.4.1. Clasificación de las fallas

Los pavimentos flexibles tienen fallas que pueden ser clasificadas en las siguientes (Thenoux Z & Gaete, 2012):

- Fallas funcionales

Son aquellas que se presentan a nivel de la capa de rodadura del pavimento, afectan en la seguridad y percepción de los usuarios. A continuación, se lista los tipos de fallas funcionales que pueden ocurrir en un pavimento flexible:

Falla 1.	Exudación.
Falla 2.	Fisuras en bloque.
Falla 3.	Abultamientos y hundimientos.
Falla 4.	Corrugación.
Falla 5.	Fisuras de borde.
Falla 6.	Fisuras de reflexión.
Falla 7.	Desnivel carril/espaldón.
Falla 8.	Fisuras longitudinales y transversales.
Falla 9.	Baches.
Falla 10.	Agregado pulido.

- Fallas estructurales

Comprenden deterioros en la estructura del pavimento, en donde cualquier capa es afectada en su resistencia, pues la estructura ya no responderá de la misma manera ante los diferentes factores como las cargas del tráfico. A continuación, se lista los tipos de fallas estructurales que pueden ocurrir en un pavimento flexible:

Falla 11.	Piel de cocodrilo
Falla 12.	Depresión
Falla 13.	Parches
Falla 14.	Cruce de ferrocarril
Falla 15.	Desplazamiento
Falla 16.	Fisuras de resbalamiento
Falla 17.	Hinchamiento
Falla 18.	Desmoronamiento / Intemperismo



Falla 19. Ahuellamiento

Previo al estudio de las fallas presentes en un pavimento, se deberán considerar los componentes que se listan a continuación (Adlinge & Gupta, 2015):

- Vida útil del pavimento
- Tránsito
- Defectos constructivos
- Agentes atmosféricos (lluvia, temperatura, etc.)
- Drenaje vial
- Conservación vial

A continuación, se describen las fallas numeradas anteriormente (ASTM, 2011; Universidad Javeriana, 2002; Vásquez V., 2002):

Falla 1. Exudación

Esta falla corresponde a la presentación de una capa de material bituminoso en la parte superior de la vía, misma que generalmente suele ser pegajosa; esta falla es ocasionada generalmente por la cantidad excesiva de cemento o sellador asfáltico, también suele atribuirse esta falla cuando la mezcla utilizada tiene un porcentaje de vacíos de aire pequeño, o la combinación de los anteriores (ASTM, 2011; Miller, Bellinger, & Federal Highway Administration, 2014; Vásquez V., 2002).

El desarrollo de esta falla se da sobre todo durante altas temperaturas, ocasionando que el material bituminoso llene el porcentaje de vacíos de aire; debido a esto, el material bituminoso se acumula (ASTM, 2011).

Niveles de severidad:

- Bajo: este tipo de nivel de severidad ocurre en el transcurso del año únicamente pocos días. El material bituminoso no se adhiere al calzado de peatones o a los neumáticos de los vehículos.
- Medio: en el transcurso del año, este nivel de severidad ocurre únicamente pocas semanas, el material bituminoso se adhiere al calzado de peatones y también a las llantas de los diferentes tipos de vehículos que circulan por la vía.
- Alto: este nivel de severidad se detecta cuando en un año durante muchas semanas el material bituminoso se adhiere al calzado y llantas.

Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2) de área superficial afectada. Cabe recalcar que, si es que se cuantifica la exudación, no se cuantifica la falla de agregado pulido.

Algunas medidas de reparación, de acuerdo al nivel de severidad que presente la falla se presentan a continuación (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio y Alto: se coloca una delgada capa de arena, agregados y luego se compacta.

En la Figura 12 se observa la falla descrita (Miller et al., 2014).



Figura 12: Exudación (Miller et al., 2014).

Falla 2. Fisuras en bloque

Son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en segmentos rectangulares aproximadamente. El tamaño de los bloques varía en el rango de 30 cm x 30 cm, a 3 m x 3m. La falla de fisuras en bloque es causada únicamente por la contracción del hormigón asfáltico y por los procesos de esfuerzo y deformación presentes y originados por los diferentes agentes del medio. Esta falla normalmente se produce en una gran área superficial de la vía en zonas que no tienen un alta de circulación de vehículos. La diferencia de esta falla con la piel de cocodrilo es que en la falla de grietas de fatiga se presenta en niveles difícilmente distinguibles. Cabe recalcar que si la falla de piel de cocodrilo y la falla de ahuellamiento se presentan en la misma área, cada una es registrada



con su respectivo nivel de severidad por separado (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad:

- Bajo: las fisuras de los bloques que se forman tienen anchos menores que 3 mm.
- Medio: las fisuras de los bloques tienen un ancho entre 3 mm, y 1 cm.
- Alto: las fisuras de los bloques no están conectadas y tienen anchos mayores que 10 mm.

Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2) de área superficial afectada. Usualmente, ocurre con la misma severidad en la sección analizada, sin embargo, si existen áreas con diferentes niveles de severidad, deberán medirse y anotarse por separado.

De acuerdo al nivel de severidad que presente la falla, algunas medidas de reparación se presentan a continuación (Vásquez V., 2002):

- Bajo: aplicar un sello de grietas.
- Medio y Alto: ejecutar actividades para sellar las grietas, realizar un reciclado superficial y colocar una sobrecarpeta.

En la Figura 13 se aprecia la falla descrita, en la vía en estudio y en la abscisa 5+800.



Figura 13: Fisuras en bloque en la vía de estudio, abscisa 5+800.



Falla 3. Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos, con sentido hacia arriba de la superficie vial, que a diferencia de los desplazamientos, no son causados por un pavimento inestable, sino porque por ejemplo se levantan las losas de los pavimentos de concreto hidráulico reforzados con una capa de concreto asfáltico; esta falla también se atribuye al tipo de suelo de cimentación y sus características (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Los hundimientos son pequeños y bruscos desplazamientos, con sentido hacia abajo de la superficie del pavimento. Si los hundimientos aparecen perpendicularmente al flujo del tráfico y están separados menos que 3 m, la falla se nombra corrugación. Si las distorsiones y desplazamientos ocasionan depresiones, entonces la falla se nombra ondulación (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (Vásquez V., 2002):

- Bajo: los abultamientos o hundimientos hacen que la calidad de tránsito no se vea afectada, es decir, se generan vibraciones mínimas que no causan incomodidad.
- Medio: en este nivel de severidad, las vibraciones o balanceos que se producen generan poca incomodidad.
- Alto: la incomodidad generada es alta, además de representar un riesgo para los usuarios, debido a esto, se debe disminuir la velocidad.

Esta falla se mide en metros lineales (m). Cabe recalcar que, si los abultamientos o hundimientos ocurren en combinación con fisuras, éstas serán registradas.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio: se pueden ejecutar acciones como el fresado (reciclado), o también realizar un parcheo parcial o profundo.
- Alto: además de las actividades del nivel de severidad anterior, se considera la colocación de una sobrecarpeta.

En la Figura 14 se presenta la falla descrita, en la vía en estudio y en la abscisa 4+600.



Figura 14: Abultamientos y hundimientos en la vía de estudio, abscisa 4+600.

Falla 4. Corrugación

Es una serie de ondulaciones, mismas que están formadas por depresiones y cimas que están separadas a distancias menores a 3 m. Las cimas son perpendiculares al sentido de circulación de los vehículos y generalmente es producida por el tráfico y la poca estabilidad que tiene la carpeta de rodadura o la base de la estructura (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: este nivel de severidad se define cuando la calidad de tránsito que circula es buena.
- Medio: este nivel de severidad se define si la calidad de tránsito que circula es mediana.
- Alto: si se genera una mala calidad de tránsito.

La unidad de medida de este tipo de falla es el metro cuadrado (m^2), es decir, el área afectada del pavimento.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecutan acciones.
- Medio y Alto: se contemplan actividades de reconstrucción.

A continuación, se observa la falla descrita en la Figura 15 (ASTM, 2011).



Figura 15: Corrugación (ASTM, 2011).

Falla 5. Fisuras de borde

Esta falla se presenta como grietas paralelas y que usualmente están separadas a una distancia de 30 - 50 cm., desde el filo externo de la vía. Esta falla se desarrolla generalmente por las cargas del tráfico, debilitamiento de la capa de base o subrasante cercanas al borde del pavimento, que consecutivamente inducen peladuras que terminan desintegrándose. Cuando se encuentra agrietada el área entre el borde del pavimento y la fisura, se generan desprendimientos (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: este nivel de severidad se considera si el agrietamiento es bajo, pero sin fragmentación o desprendimiento.
- Medio: se presentan grietas medias, pero con fragmentación y desprendimiento.
- Alto: las grietas presentan una considerable fragmentación o desprendimiento, lo que provoca que se reduzca el ancho de la vía.

La unidad de medida de esta falla es el metro lineal (m).

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: generalmente no se ejecutan acciones; sin embargo, puede contemplarse

realizar un sello de aquellas grietas que tienen anchos mayores que 3 mm.

- Medio: se contemplan actividades como el sello de grietas y el parcheo profundo o parcial.
- Alto: en este nivel de severidad se debe realizar un parcheo profundo o parcial.

A continuación, se presenta la falla descrita en la Figura 16 (Miller et al., 2014).



Figura 16: Fisuras de borde (Miller et al., 2014).

Falla 6. Fisuras de reflexión de junta

Las fisuras de reflexión de juntas suceden únicamente en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de hormigón hidráulico. Especialmente estas fisuras son causadas cuando se mueven las losas de concreto hidráulico provocado por la humedad y por los cambios de temperatura. Esta falla no se asocia a las cargas de tráfico; sin embargo, la intensidad del tránsito origina que el hormigón asfáltico se rompa junto a la grieta. Para facilitar la identificación de estos daños, se deberá conocer la geometría de la losa cercana a la superficie de hormigón (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: si se presenta una de las siguientes condiciones;
 - Se presentan grieta sin relleno de anchos menores que 1 cm.
 - Se presentan grietas rellenas, de cualquier ancho.



- Medio: si se presenta una de las siguientes condiciones;
 - El ancho de las grietas sin relleno que se presentan está en el intervalo [10 mm, 75 mm).
 - Las grietas sin relleno que se presentan tienen anchos menores o iguales que 75 mm.
 - Se presentan grietas rellenas, de cualquier ancho, acompañadas por un agrietamiento leve.
- Alto: si una de las siguientes condiciones se presenta;
 - Cualquier tipo de grieta que se presente está acompañado por la falla de agrietamiento con nivel de severidad medio o alto.
 - Las grietas sin relleno que se presenten son mayores que 75 mm.
 - Grietas de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento está rodeado de grietas rotas o desprendidas.

La unidad de medida de esta falla es el metro lineal (m). Cada grieta presente debe ser registrada por separado con su longitud y nivel de severidad. Si un abultamiento se presenta en este tipo de falla, este deberá ser registrado.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se contempla la actividad del sellado de grietas.
- Medio: se debe realizar el sello de grietas, también se consideran actividades de parcheo parcial o profundo.
- Alto: además de las actividades contempladas en el nivel de severidad anterior, se considera la acción de reconstruir la junta.

A continuación, se aprecia la falla descrita en la Figura 17 (Miller et al., 2014).



Figura 17: Fisuras de reflexión de junta (Miller et al., 2014).

Falla 7. Desnivel carril – berma

Esta falla se la conoce como la diferencia de nivel entre la berma y el margen del pavimento. Este deterioro se produce por el asentamiento, erosión de la berma o por la colocación de sobre carpetas en la vía, sin realizar la respectiva nivelación de la berma con el nuevo nivel de la calzada (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: si la diferencia de niveles entre la berma y el borde del pavimento es mayor a 2.5 cm., pero menor a 5 cm.
- Medio: si la diferencia de los niveles es mayor a 5 cm y menor a 10 cm.
- Alto: si la diferencia en elevación es mayor a 100 mm.

La unidad de medida de este tipo de falla es el metro lineal (m).

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo, Medio y Alto: volver a nivelar la berma.

A continuación, se presenta la falla descrita en la Figura 18 (Miller et al., 2014).



Figura 18: Desnivel carril berma (Miller et al., 2014).

Falla 8. Fisuras longitudinales y transversales

Las fisuras longitudinales son paralelas al sentido de circulación del tráfico. Esta falla es causada por la construcción defectuosa de la junta del carril, por la contracción superficial del hormigón asfáltico producido por los cambios de temperatura, por el endurecimiento del material bituminoso.

Las fisuras transversales se desarrollan formando ángulos casi rectos con el eje de la vía. Generalmente, estos tipos de fisuras no están asociadas a las cargas del tráfico (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: si una de las siguientes condiciones se presenta;
 - Las grietas no rellenas que se presentan tienen anchos menores que 10 mm.
 - Se muestran grietas rellenas con ancho cualquiera.
- Medio: si se presenta una de las siguientes condiciones;
 - Las grietas no rellenas que se presentan tienen anchos que están dentro del intervalo [10 mm, 75 mm).
 - Las grietas no rellenas que se presenten tienen anchos menores o iguales que 75 mm, acompañados por un agrietamiento leve.
 - Se presentan grietas rellenas de cualquier ancho, rodeadas por un

agrietamiento leve.

- Alto: si se presenta una de las siguientes condiciones;
 - Las grietas que se presentan pueden ser de cualquier tipo, pero que esté acompañada por la falla de agrietamiento con un nivel de severidad medio o alto.
 - Las grietas no rellenas presentadas son mayores que 75 mm.
 - Se presentan grietas donde aproximadamente 10 cm. del pavimento alrededor está muy fracturado.

La unidad de medida de este tipo de falla es el metro lineal (m), que luego de ser identificadas, serán registradas con su respectiva longitud y nivel de severidad. Si la fisura no presente el mismo nivel de severidad en el tramo analizado, cada fisura se registrará con su respectivo nivel de afección.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se realiza ninguna acción, puede ejecutarse un sello de grietas que tengan un ancho mayor a 3 mm.
- Medio: ejecutar un sello de grietas.
- Alto: ejecutar un sello de grietas, también se puede realizar un parcheo parcial.

A continuación, se observa la falla descrita en la Figura 19 (abscisa 0+180) y Figura 20 (abscisa 2+840), en la vía en estudio.



Figura 19: Fisura longitudinal en la vía de estudio, abscisa 0+180.



Figura 20: Fisura transversal en la vía de estudio, abscisa 2+840.

Falla 9. Baches

Son pequeñas depresiones usualmente menores a 750 mm de diámetro que se exhiben en la superficie del pavimento. Estas fallas generalmente muestran bordes agudos y lados verticales junto al área del bache. Cuando los baches son creados por la falla de piel de cocodrilo de severidad alta, estos deberán ser registrados como baches. Generalmente los baches son ocasionados por la acción repetitiva del tráfico, mezclas pobres, subdrenaje inadecuado, este último es determinante ya que la acumulación del agua hace que el bache crezca (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Universidad Javeriana, 2002; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

Los niveles de severidad para los baches de diámetro menor que 750 mm de diámetro, están basados en la profundidad y diámetros de los mismos, en concordancia con la Tabla 12:

Tabla 12: Niveles de severidad para Falla de Baches (Vásquez V., 2002)

Profundidad máxima del bache (mm)	Diámetro promedio del bache (mm)		
	100 – 200	200 – 450	450 - 750
13 a 25	Bajo	Bajo	Medio

25 a 50	Bajo	Medio	Alto
>50	Medio	Medio	Alto

Esta falla se mide por unidad, contando el número de baches con un nivel de severidad alto, medio y bajo.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se contemplan acciones de parcheo parcial o profundo.
- Medio y Alto: se debe realizar un parcheo parcial o profundo.

Seguidamente, se aprecia la falla descrita en la Figura 21, en la vía en estudio y en la abscisa 3+770.



Figura 21: Baches en la vía de estudio, abscisa 3+770.

Falla 10. Agregado pulido

Esta falla se define como la pérdida de la resistencia al deslizamiento, causada por la aplicación repetitiva de las cargas del tráfico. Esta falla se presenta cuando un examen minucioso de un pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña o que no existen partículas de agregado angulares o rugosas que proporcionen una buena resistencia al deslizamiento. La adherencia de los neumáticos de los vehículos con la superficie disminuye de manera considerable cuando la contextura

superficial es blanda. Si la cantidad de agregado que se encuentra en la superficie es mínima, la velocidad de circulación no se ve afectada. (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

No se definen niveles de severidad. Para que sea considerada como falla, el grado de pulimento del agregado debe ser significativo.

La unidad de medida de esta falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial afectada. Cabe recalcar que, si la falla de exudación se contabiliza, entonces el agregado pulido no se considera.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

Se puede realizar un tratamiento superficial, realizar un fresado y colocar una sobre carpeta.

La falla descrita se presenta en la Figura 22, en la vía en estudio y en la abscisa 3+760.



Figura 22: Agregado pulido en la vía de estudio, abscisa 3+760.

Falla 11. Piel de cocodrilo (Grietas de fatiga)

Son una serie de grietas conectadas, causadas por fallas de fatiga de la superficie de concreto asfáltico, es decir esta falla se presenta en áreas sujetas a cargas repetitivas (trayectoria de las ruedas), por lo que tiene un área cuantificable. (ASTM, 2011).



Las grietas inicialmente se propagan superficialmente como grietas longitudinales y paralelas, luego con la acción de las cargas repetidas del tráfico las grietas se enlazan creando varias figuras de lados menores a 0.50 metros y con ángulos agudos; esta falla generalmente suele estar acompañada por la falla de ahuellamiento (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Nivel de severidad:

- Bajo: se considera como nivel de severidad bajo si presenta grietas finas capilares y longitudinales con un ancho menor que 2 mm., con mallas superiores a 50 cm. x 50 cm. Además, no se presentan desprendimientos de material.
- Medio: se presentan fisuras moderadas con un ancho menor a 5 mm., pudiendo algunas fisuras presentar desprendimiento de material. Se presentan mallas de 20x20 a 50x50 cm.
- Alto: se presentan mallas menores a 20 cm. x 20 cm., o patrones de grietas bien definidas y con desprendimiento de material en sus bordes, de hecho, algunas piezas pueden moverse en las áreas que están bajo el tráfico.

La unidad de medida de esta falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial afectada. Se tratará en lo posible de establecer cada nivel de severidad por separado, caso contrario, se registrará la falla en su más alto nivel de severidad.

A continuación, se presentan algunas medidas de reparación, de acuerdo al nivel de severidad que presente la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se contemplan actividades como la colocación de un sellante superficial o una sobrecarpeta.
- Medio y Alto: se debe realizar un parcheo parcial o profundo, también se puede colocar una sobrecarpeta o reconstruir el pavimento.

En la Figura 23 se observa la falla descrita, en la vía en estudio y en la abscisa 3+780.



Figura 23: Piel de cocodrilo en la vía de estudio, abscisa 3+780.

Falla 12. Depresión

Las depresiones son áreas que están situadas en la superficie de la vía con niveles levemente inferiores que el pavimento que le rodea. Las depresiones no se pueden apreciar sino hasta luego de un evento de lluvia, donde se crean manchas por el almacenamiento del agua. Esta falla se origina por el asentamiento de la subrasante o como resultado de una construcción inapropiada. Cuando las depresiones son profundas o están con agua, se genera el hidropilano, que es la pérdida de la adherencia de los neumáticos de los vehículos con la superficie del pavimento (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: si la máxima profundidad de la depresión está entre 13 mm. y 25 mm.
- Medio: si la máxima profundidad de la depresión está entre 25 mm. y 50 mm.
- Alto: cuando la máxima profundidad de la depresión es mayor que 50 mm.

La unidad de medida de esta falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área afectada del pavimento.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio y Alto: se debe realizar un parcheo superficial, parcial o profundo.

A continuación, se observa la falla descrita en la Figura 24, en la vía en estudio y en la abscisa 6+080.



Figura 24: Depresión en la vía de estudio, abscisa 6+080.

Falla 13. Parches y parches de cortes utilitarios

Un parche se define como la zona que se ha sustituido por nuevo material para remediar el área afectada de un pavimento. Esta falla produce que la vía disminuya el nivel de serviciabilidad (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: las condiciones del parche son buenas. La circulación del tráfico es buena.
- Medio: el parche se encuentra deteriorado medianamente, por lo que la calidad de circulación del tránsito es media.
- Alto: el parche se encuentra muy deteriorado, produciendo que la calidad de circulación del tránsito sea mala.

La unidad de medición de esta falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área de superficie de pavimento afectada; sin embargo, si un parche tiene áreas con diferentes niveles de severidad, estas deberán ser medidas y anotadas por separado. Cabe recalcar que, si en el área analizada se presenta cualquier otra falla, deberá ser registrada. Si el material del parche está desprendido o agrietado, el área será registrada sólo como un parche. Si una gran cantidad de pavimento ha sido sustituido, se considerará como un

nuevo pavimento, por ejemplo, el reemplazamiento completo de una intersección (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio: no se ejecuta ninguna acción, pero se puede realizar el reemplazo del parche.
- Alto: se debe reemplazar el parche.

A continuación, se aprecia la falla descrita en la Figura 25, en la vía en estudio y en la abscisa 1+900.



Figura 25: Parches en la vía de estudio, abscisa 1+900.

Falla 14. Cruce de vía férrea

El cruce de vía férrea son abultamientos o depresiones localizados alrededor de las rieles, entre éstas, o ambos (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: esta falla se considera como un nivel de severidad bajo si se produce una calidad de circulación del tráfico baja.
- Medio: se considera como este nivel de severidad si se produce una calidad de circulación del tráfico media.
- Alto: se considera como este nivel de severidad si se produce una calidad de

circulación del tráfico alta.

La unidad de medición de este tipo de falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial afectada. Si el cruce de línea férrea no afecta la calidad del tránsito, entonces no deberá ser contada.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio y Alto: se puede realizar un parcheo parcial de la aproximación, también se puede realizar una reconstrucción del cruce.

La falla descrita se presenta en la Figura 26 (ASTM, 2011).



Figura 26: Cruce de vía férrea (ASTM, 2011).

Falla 15. Desplazamientos

Esta falla es un desplazamiento longitudinal y constante de una zona superficial de la vía originada por los esfuerzos transmitidos por el tráfico, generándose pequeñas y abruptas ondas en la capa de rodadura. Esta falla ocurre únicamente en vías que han sido construidas con mezclas inestables, también se atribuye a la poca acción ligante que tiene la imprimación colocada (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: cuando se genera una buena calidad de circulación del tránsito.

- Medio: si se genera una calidad de circulación del tránsito media.
- Alto: al generarse una calidad de circulación del tránsito mala.

La unidad de medida de esta falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial afectada. Cabe recalcar que, si la falla de desplazamientos se presenta en los parches, serán considerados únicamente como fallas de parches.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se contempla realizar un fresado.
- Medio y Alto: se debe realizar un fresado o un parcheo parcial - profundo.

A continuación, se observa la falla descrita en la Figura 27, en la vía en estudio y en la abscisa 6+050.



Figura 27: Desplazamiento en la vía de estudio, abscisa 6+050.

Falla 16. Fisura por desplazamiento (parabólicas)

Estas fisuras son grietas en forma de media luna crecientes, usualmente transversales al sentido del tráfico. Estas fisuras son producidas como causa de que las ruedas frenen o giren, induciendo a la deformación de la superficie del pavimento. Las fisuras por deslizamiento usualmente ocurren en sobre capas donde hay un ligante pobre colocado entre el pavimento antiguo y la capa de reforzamiento. Esta falla no se relaciona con las



propiedades geotécnicas del sitio donde se encuentra la vía (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: se presenta este nivel de severidad si el ancho promedio de la fisura es menor que 1 cm.
- Medio: si se presenta una de las siguientes condiciones:
 - Si el ancho promedio de la grieta es mayor o igual a 1 cm, pero menor que 4 cm.
 - Si el área próxima a la fisura está moderadamente fracturada o rodeado de fisuras secundarias.
- Alto: si una de las siguientes condiciones se presenta:
 - Si el ancho promedio de la fisura es mayor que 4 cm.
 - Si el área junto a la fisura está fracturada en piezas que pueden ser retiradas sin mayor dificultad.

La unidad de medida de este tipo de falla es el metro cuadrado (m^2) y su nivel de severidad que se registre será el más alto que se presente en el área analizada.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se contempla realizar un parcheo parcial.
- Medio y Alto: se debe realizar un parcheo parcial - profundo.

A continuación, se establece la falla descrita en la Figura 28, en la vía en estudio y en la abscisa 4+890.



Figura 28: Fisura por desplazamiento o parabólica en la vía de estudio, abscisa 4+890.

Falla 17. Hinchamiento

Esta falla se identifica por un pandeo superficial hacia arriba de la calzada, como una onda, con una longitud mayor a 3 metros. El hinchamiento puede estar acompañado por fisuras. Esta falla comúnmente se produce en suelos expansivos (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: este nivel de severidad no afecta en mayor magnitud a la calidad de circulación del tránsito. Este hinchamiento no es fácil de observarlo, sin embargo, al conducir un vehículo con alta velocidad, si se genera un movimiento hacia arriba, entonces se concluye que existe esta falla.
- Medio: cuando la calidad de circulación del tránsito es media.
- Alto: cuando la calidad de circulación del tránsito es baja.

Esta falla se mide de acuerdo al área superficial afectada en metros cuadrados (m^2).

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción.
- Medio: se contemplan actividades encaminadas a realizar una reconstrucción.
- Alto: se debe reconstruir el pavimento.

Se presenta la falla descrita en la Figura 29, en la vía en estudio y en la abscisa 5+460.



Figura 29: Hinchamiento en la vía de estudio, abscisa 5+460.

Falla 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Esta falla se refiere a la pérdida de la superficie del pavimento ocasionado por el desgaste del ligante asfáltico y agregado suelto. Esta falla puede ser causada por una cantidad insuficiente del ligante asfáltico, pobre calidad de la mezcla, compactación inadecuada, segregación, puede ser causado también por el tránsito de las excavadoras de orugas. Cuando se produce la pérdida de agregados debido al derramamiento de aceites también se considera como desprendimiento (ASTM, 2011; Miller et al., 2014; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (Vásquez V., 2002):

- Bajo: los agregados, el ligante comienzan a perderse y la superficie comienza a deprimirse. Cuando se produce el derramamiento de un aceite, la mancha puede observarse, sin embargo, la superficie no puede ser penetrada por una moneda.
- Medio: cuando se han perdido el ligante o los agregados, presentado una textura superficial bastante rugosa. En el caso del derramamiento del aceite, se comporta de igual manera que en el nivel de severidad anterior.
- Alto: los agregados o el ligante se han perdido cuantiosamente, presentando una textura superficial muy rugosa acompañada de huecos con diámetros menores que 1 cm y profundidades menores que 1.3 cm., si no se cumple esto, entonces se

establecen como baches. Cuando se produce el derramamiento de aceites, el agregado está suelto, causado por la debilitación del efecto del ligante.

La unidad de medición de este tipo de falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial del pavimento afectada. El daño mecánico causado por algunas cosas como llantas, ganchos de arrastre, limpianieves, son considerados como este tipo de falla.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se puede realizar un sellado superficial o colocar un tratamiento superficial.
- Medio: se debe realizar un sellado superficial, colocar un tratamiento superficial o una sobrecarpeta.
- Alto: se debe colocar un tratamiento superficial, sobrecarpeta, reciclar o realizar una reconstrucción del pavimento.

A continuación, se muestra la falla descrita en la Figura 30, en la vía en estudio y en la abscisa 5+470.



Figura 30: Intemperismo y desprendimiento de agregados de la vía en estudio, abscisa 5+470.



Falla 19. Ahuellamiento

Es una depresión a nivel superficial que ocurre en la trayectoria de los neumáticos de los vehículos. El ahuellamiento es notable únicamente después de un evento de lluvia, donde las huellas están llenas de agua. El ahuellamiento se produce por una compactación inadecuada de cada capa que conforma el pavimento, por la inestabilidad de la mezcla, drenaje deficiente, bajos espesores del paquete estructural (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002).

Niveles de severidad (ASTM, 2011):

- Bajo: si la profundidad media del ahuellamiento está entre 6 y 13 mm.
- Medio: si la profundidad media del ahuellamiento es mayor que 13 pero menor que 25 mm.
- Alto: si la profundidad media del ahuellamiento es mayor que 25 mm.

La unidad de medición de este tipo de falla es el metro cuadrado (m^2), es decir el área superficial afectada. Cabe recalcar que la profundidad media se obtiene colocando una regla perpendicularmente a la dirección de la falla, anotando cada profundidad a lo largo del tramo analizado, para obtener finalmente la profundidad media.

Medidas de reparación de acuerdo al nivel de severidad de la falla (Vásquez V., 2002):

- Bajo: no se ejecuta ninguna acción, sin embargo, se puede realizar un fresado y colocar una sobre carpeta.
- Medio y Alto: se debe realizar un parcheo superficial, parcial o profundo, realizar el fresado y colocar una sobre carpeta.

A continuación, se observa la falla descrita en la Figura 31, en la vía en estudio y en la abscisa 6+560.



Figura 31: Ahuellamiento en la vía de estudio, abscisa 6+560.

2.5. Metodología de evaluación: índice de condición del pavimento

El método de evaluación y calificación objetiva para pavimentos flexibles y rígidos, como lo es el índice de condición del pavimento (PCI, siglas en inglés), se constituye en la más completa actualmente. La metodología que se usará para el presente trabajo, es de fácil implementación y debido a eso, no se requieren de herramientas especializadas de alta gama (Vásquez V., 2002).

El método del PCI es un sistema de calificación de la condición del pavimento, este procedimiento se basa en las características superficiales del pavimento como la rugosidad, deterioro superficial, resistencia al rodaje, deflexiones, etc. La calificación de un pavimento puede ser usada como ayuda en el manejo y gestión de una red de pavimentos para (Haas, 1995):

- Determinar el inicio de un tratamiento, por ejemplo, planificar un mantenimiento o rehabilitación.
- Determinar la extensión del costo de reparación.
- Determinar la condición de la red de pavimentos como un todo.
- Realizar comparaciones equivalentes entre diferentes pavimentos.

La metodología determina un índice, que, en base a la inspección visual, se introducen “valores deducidos” como factores de ponderación para revelar el nivel de afectación que



posee el pavimento. El índice de condición del pavimento es un número variable, que dependiendo del estado del pavimento se puede clasificar, tal como se muestra en la Tabla 13, donde se indican los rangos del PCI con su respectiva descripción cualitativa (NEVI-12-MTOP, 2013b):

Tabla 13: Rangos del índice de condición del pavimento (PCI), clasificación y simbología (NEVI-12-MTOP, 2012).

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

2.5.1. Procedimiento

De acuerdo al manual del índice de condición de pavimento PCI, la metodología contempla varias etapas, mismas que se describen a continuación (Vásquez V., 2002).

2.5.1.1. Trabajo de campo

Esta etapa consiste en realizar el trabajo de campo, identificando los daños que presente el pavimento. Esta información es registrada en formatos adecuados para tal fin.

2.5.1.2. Unidades de muestreo

Previo a realizar la determinación de las unidades de muestreo, se deben identificar tramos o áreas del pavimento que se va a evaluar, de acuerdo a diferentes aspectos como la estructura del pavimento, tráfico, entre otros.

Para determinar las unidades de muestreo, se divide a la vía en estudio en “unidades de muestreo”, en donde sus dimensiones variarán dependiendo de las características de la vía (Vásquez V., 2002).

Como el presente trabajo se enfoca en una vía que posee una capa de rodadura de concreto asfáltico, entonces el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230 \pm 93 \text{ m}^2$.

Para establecer las unidades de muestra, utilizamos la expresión (26):



$$N = \frac{A_{TT}}{A_S} \quad (26)$$

Donde:

N = unidades de muestra total, en la sección.

A_{TT} = área total del tramo.

A_S = área de la sección.

A continuación, en la Tabla 14 se exhibe la longitud de las unidades de muestreo de acuerdo al ancho de la vía, sugeridos por la normativa del país:

Tabla 14: Longitud de las unidades de muestreo (NEVI-12-MTOP, 2012)

Ancho de calzada (m)	Long. de unid. de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

2.5.1.3. Unidades de muestreo para evaluación

Para esta etapa, se debe tener claro que, si se realizará una evaluación de una red, se pueden tener un número muy grande de unidades de muestreo, demandando tiempo y recursos considerables. Sin embargo, como en el estudio presente se realiza la evaluación de una vía, se deben examinar todas las unidades; pero, si no se pueden evaluar todas, el mínimo número de unidades que se deberán evaluar con un nivel de confiabilidad del 95%, se obtienen con la ecuación (27) (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002):

$$n = \frac{N * s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) * (N - 1) + s^2} \quad (27)$$

Donde:

n = muestras mínimas a evaluar.

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

s = desviación estándar del índice de condición del pavimento entre las unidades de muestreo.

e = error admisible en la estimación del índice de condición del pavimento de la sección.



Durante el reconocimiento inicial se ocupa una desviación estándar con un valor de 10, mismo que deberá ser corroborado cuando se obtengan los valores del índice de condición del pavimento. Para las inspecciones siguientes, la desviación estándar de la investigación anterior servirá para establecer las muestras que se evaluarán “n”. Es importante recalcar que, si “n” resulta ser menor a cinco, entonces se debe proceder con la evaluación de todas las unidades. El valor de la desviación estándar actual se establece con la expresión (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002):

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_S)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (28)$$

Donde:

S = valor de la desviación estándar real.

PCI_i = valor del índice de condición del pavimento de la muestra inspeccionada i.

PCI_S = valor del índice de condición del pavimento de la sección.

n = unidades de muestra que se evaluarán.

2.5.1.4. Intervalos de espaciamiento para la evaluación

Las unidades seleccionadas deberán estar igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento, de la siguiente manera (Vásquez V., 2002):

- El intervalo de muestreo se calcula con la expresión:

$$i = \frac{N}{n} \quad (29)$$

con:

i = intervalo de muestreo, el valor deberá ser redondeado al número entero inferior.

N = unidades totales de muestreo.

n = unidades mínimas que se deben evaluar.

- Para realizar la evaluación inicial, la primera unidad de muestreo se elige al azar, para las siguientes evaluaciones, las unidades de muestreo tendrán aumentos continuos del intervalo “i”, que fue calculado con la expresión (29).



2.5.1.5. Unidades de muestreo adicionales

Como el proceso de selección de las unidades de muestreo es aleatorio, se exceptúan unidades de muestreo que pudiesen estar en pésimas condiciones, para ello se establecen unidades adicionales de muestreo que deberán ser investigadas (Vásquez V., 2002).

2.5.1.6. Evaluación de la condición del pavimento

Se debe examinar las unidades de muestreo de forma individual, se determinan las fallas existentes y se establecen las características y dimensiones de las fallas que se presenten en la muestra inspeccionada y evaluada. Para llevar a cabo la inspección y evaluación de cada tramo, se requiere:

- a) Un odómetro manual, mismo que nos servirá para establecer la geometría de cada deterioro.
- b) Cinta métrica y regla, utilizados para establecer la geometría de determinadas fallas.
- c) Manual de fallas, con sus respectivos formatos para el registro de datos tomados en el campo.

2.5.1.7. Cálculo del índice de condición del pavimento de una unidad de muestra

De acuerdo a lo establecido en el manual y en la normativa del método del PCI (ASTM, 2011; Vásquez V., 2002), se determinan los siguientes pasos:

- Se debe realizar la suma de la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de afección, y luego se lo registra en la sección “Total de severidades”.
- Se obtiene la densidad porcentual de cada tipo de falla de acuerdo a cada nivel de severidad, para lo cual se divide el total de la cantidad de cada tipo de falla por el área total de la unidad de muestreo.
- Se determinan los valores deducidos (DV) para cada tipo de deterioro y nivel de severidad a través de las gráficas de los valores deducidos (ver Anexo 3).
- Se calcula el valor deducido total (VDT), que no es más que la suma individual de todos los valores de deducción de cada deterioro.



- Se determina el valor deducido corregido máximo (CDV).
- Se establece el valor “q”, que es el número de valores deducidos mayores a dos.
- Si hay uno o ningún valor deducido individual que sea mayor a dos, el valor total (VDT) se utiliza en lugar del máximo CDV en la determinación del índice de condición del pavimento; caso contrario,
- Se deberá organizar una lista con los valores deducidos ordenados de mayor a menor.
- Se establece el valor “m”, que representa el número de deducciones permisibles, y que se obtiene con la siguiente expresión:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV) \leq 10 \quad (30)$$

Donde:

m= número de deducciones permisibles incl. fracciones.

HDV= mayor valor deducido.

- El número del valor deducido individual se reduce hasta el máximo admisible de los valores deducidos “m”, incluyendo su fracción. Si el número de valores deducibles disponibles es menor a “m”, entonces se utilizan todos los valores de deducción “Q”.
- Luego de manera iterativa, hasta que “Q” sea igual a uno, se reduce a dos, el menor de los valores deducidos individuales mayores que dos.
- Determinar el valor deducido total “CDT”, para ello se realiza la adición de los valores deducidos individuales.
- En la respectiva gráfica de corrección mostrada en el Anexo 4, se ubica y determina el CDV, que representa el valor deducido corregido.
- Se calcula el valor “HDV”, que es el valor más alto de todos los CDV’s encontrados.
- Se calcula el índice de condición del pavimento (PCI), realizando la siguiente resta:

$$PCI_m = 100 - HDV \quad (31)$$

Donde:

PCI_m= valor del PCI de la unidad de muestreo.

HDV= valor más alto de todos los valores CDV’s.



2.5.1.8. Cálculo del PCI de un tramo de vía

Una sección o tramo de una vía abarca varias unidades de muestreo, el valor del PCI del tramo se calcula de acuerdo a las condiciones siguientes:

- Si se inspeccionó todas las unidades de muestreo, el índice de condición del pavimento de la sección será el promedio de los PCI obtenidos.
- Si las unidades de muestreo para reconocimiento se seleccionaron aleatoriamente, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo examinadas.

2.6. Conservación de pavimentos flexibles

La rehabilitación y mantenimiento vial, llamado también conservación vial, se entiende como el conjunto de operaciones que se desarrollan en una vía durante su vida útil, con la finalidad de mantener las condiciones iniciales de la vía, es decir, en óptimas condiciones físicas y estructurales, evitando el pronto deterioro (Del Val Helus & Orue E Chevarria, 1991; Schliessler & Naciones Unidas, 1994).

El objetivo principal de la conservación, es garantizar el tránsito, seguridad y confort de los usuarios de la vía, durante cualquier época del año (Secretaria de comunicaciones y transportes de México, 2014).

2.6.1. Clasificación del mantenimiento vial

En el transcurso del tiempo, los pavimentos sufren una serie de fallas o deterioros, mismos que al presentarse en la superficie del pavimento, disminuyen su capacidad para proporcionar comodidad y seguridad para los usuarios. Las actividades de mantenimiento vial de acuerdo al nivel de severidad y tipo de daño que se presente en el pavimento, se pueden clasificar de la siguiente manera (Jugo B., 1993; Secretaria de comunicaciones y transportes de México, 2014):

2.6.1.1. Mantenimiento rutinario

Son las acciones que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, obras de drenaje, estabilidad de taludes, luego de la construcción y apertura al



tráfico; estas actividades se las pueden realizar de manera diaria, semanal o mensual; se consideran las siguientes (Secretaría de comunicaciones y transportes de México, 2014):

- Deshierbado y corte de vegetación próxima a la carretera.
- Limpieza de escombros y obras de drenaje.

2.6.1.2. Mantenimiento periódico

Estas acciones se aplican de forma periódica o eventual, con la finalidad de que la vía ofrezca las condiciones adecuadas para la circulación. Dentro de este mantenimiento se consideran (Jugo B., 1993; Secretaría de comunicaciones y transportes de México, 2014):

- Restitución de señalética horizontal y vertical.
- Estabilidad de los taludes.
- Bacheo asfáltico superficial parcial o profundo.
- Sello de fisuras.
- Sellado asfáltico o nivelación localizados.
- Fresado localizado.

2.6.1.3. Mantenimiento preventivo

Radica en ejecutar actividades y obras destinadas a prevenir las fallas en la vía que han sido identificadas como defectuosas o con alto riesgo de que ocurran, antes de que éstas sucedan. La finalidad de este mantenimiento es contribuir a un sistema vial de calidad, reduciendo las actividades de mantenimiento correctivo, por ende, reduciendo costos de producción. Las actividades para este mantenimiento consisten en las mismas que para el mantenimiento rutinario o de emergencia (MOP Paraguay, 2011).

2.6.1.4. Mantenimiento correctivo

Las acciones de mantenimiento correctivo son aquellas que se deben ejecutar y que son necesarias para corregir los deterioros que se presenten en el pavimento; es en esta etapa del mantenimiento donde las actividades de mantenimiento menor se vuelven poco efectivas y muy costosas, sin embargo, previo a este mantenimiento pueden existir trabajos enfocados en la prevención (Jugo B., 1993).



Se recomienda emplear el mantenimiento correctivo antes de que el estado del pavimento llegue a una condición crítica, es decir, que esté en la zona óptima de rehabilitación, de tal manera que la vía no llegue a un nivel de serviciabilidad menor que el permisible, para ello se consideran las acciones (Jugo B., 1993; Rosario, Directores, Catalá, Tatiana, & Segura, 2016):

- Tratamiento superficial bituminoso.
- Bacheo superficial parcial o profundo.
- Carpetas asfálticas.
- Fresado.
- Reciclado.

2.6.1.5. Mantenimiento de emergencia

Este tipo de mantenimiento radica en realizar intervenciones urgentes debido a la ocurrencia de algún desastre natural o de fuerza mayor, con el fin de garantizar que la vía se encuentre habilitada, por ejemplo intervenciones ante derrumbes, afecciones a la plataforma de la vía, etc (MOP Paraguay, 2011; Rosario et al., 2016).

2.6.2. Rehabilitación vial

Se entiende por este proceso, la restauración de la estructura del pavimento a su condición original de soporte, lo que permitirá que la vía tenga la capacidad nuevamente para resistir las cargas del tránsito. Estas acciones son las más completas y costosas, se consideran las actividades siguientes (Secretaria de comunicaciones y transportes de México, 2014):

- Rehabilitación parcial o completa de la estructura del pavimento.
- Estabilización de la plataforma.
- Reparación del sistema de drenaje.
- Colocación de capas asfálticas de refuerzo.
- Reconstrucción.

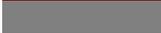
2.6.3. Índice de condición del pavimento y la conservación vial

De acuerdo a los intervalos o rangos del PCI, se han establecido algunas acciones para la conservación vial. A continuación, en la Tabla 15 se muestra la relación entre el índice



de condición del pavimento y las actividades enfocadas a la conservación vial (Jugo B., 1993).

Tabla 15: Relación entre el PCI y la conservación vial (Jugo B., 1993).

Actividad	Rango del Índice de Condición del Pavimento			Clasificación	Símbolo
Mant. Prevent. del pavimento	100	-	85	Excelente	
Mant. Prevent. Rutinario - Periódico del pavimento	85	-	70	Muy bueno	
	70	-	55	Bueno	
Mant. Correctivo del pavimento	55	-	40	Regular	
Rehabilitación - Reforzamiento estructural del pavimento	40	-	25	Malo	
Rehabilitación – Reconstrucción del pavimento	25	-	10	Muy malo	
	10	-	0	Fallado	

2.7. Sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos consiste en un paquete operacional que permite la planificación coordinada y sistemática, además de la programación de las inversiones o gastos para realizar en una vía, para las actividades de:

- Diseño
- Construcción
- Mantenimiento y rehabilitación
- Operación y,
- Evaluación a tiempo real de las instalaciones físicas.

Este paquete operacional, incluye métodos, procedimientos, recolección de datos, software, regulaciones y medios de ayuda para la toma de decisiones. Un adecuado sistema de gestión de pavimentos, permite (Mogrovejo, 2020):

- Tener información detallada acerca del desempeño de la red vial.
- Minimizar costos de la conservación vial.
- Entender las consecuencias de demorar el mantenimiento.
- Maximizar beneficios, optimizando las inversiones en la red vial.
- Determinar de mejor manera los procedimientos de mantenimiento y rehabilitación vial.



- Evaluar el impacto de las decisiones.
- Justificar y asegurar el presupuesto.
- Establecer cronogramas de ejecución de actividades futuras.

Cabe recalcar que un sistema de gestión de infraestructura vial provee información acerca de:

- Lugar adecuado para la aplicación de mantenimiento y rehabilitación.
- Mejor tratamiento en términos de costo – beneficio.
- El mejor momento (o condición) para programar el tratamiento.



3. PROCESAMIENTO, RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, se procede con el desarrollo de la metodología utilizada para realizar la evaluación vial en la carretera de estudio, además se presentan los resultados obtenidos de las inspecciones realizadas y de las características actuales de tráfico.

El procedimiento realizado en la vía de estudio, se basa en la metodología y conceptos definidos en capítulos anteriores, el mismo que permite identificar y determinar el estado de la vía, a continuación, se listan los pasos que se siguen:

- Se realiza un ensayo de CBR y una calicata para determinar características de la vía en estudio.
- Se lleva a cabo las inspecciones visuales de las fallas presentes en la vía de estudio y luego se procesan los datos obtenidos para obtener el índice de condición del pavimento (PCI).
- Se realiza un conteo vehicular para determinar parámetros del tráfico actual que tiene la vía de estudio, y luego se procesan los datos obtenidos.
- Se definen alternativas para la conservación de la vía en estudio.
- Se realiza el análisis de costos de las alternativas presentadas.
- Se establecen las conclusiones y recomendaciones.

3.1. Geología

En esta parte se procede con la descripción de la geología de la zona de estudio.

3.1.1. Regional y Estructural

De acuerdo a la carta geológica del Ecuador, tomada del IGM (Instituto Geográfico Militar, 1980), se observa a continuación la composición geológica del sitio en estudio, además se ha incluido en el mapa, y la vía que se analizará en el presente trabajo:

- Formación Azogues (M_{Az}): compuesta por areniscas tobáceas, lutitas. Los depósitos de limolita y arcilla tienen menos de un metro de espesor. La unión superior con la Guapán es gradacional.
- Formación Loyola (M_L): consisten en lutitas negras que tienen pirita en abundancia, intercalando también con areniscas finas. El color cuando no está meteorizada es de negro o café, caso contrario tiene un color amarillo.

- Formación Guapán (M_G): consiste en capas finas de lutitas de coloración negro o café, también poseen areniscas tobáceas, sin embargo, esta formación ha sido confundida con la formación M_L, recalando que las capas de la formación M_G tienden a ser más gruesas. En Charasol se encuentran depósitos de bentonita con más de diez metros de espesor.
- Formación Yunguilla (K7): litológicamente predomina la argilita de color negro, pasando a arcillas cafés oscuras o negras. La silicificación es común, se encuentran también depósitos de caliza. Areniscas, capas guijarrosas fosilíferas y lavas andesíticas son observadas en varias localidades. En general esta formación, se inclina hacia el occidente.
- Formación Tarqui (Pt): predominan las rocas piroclásticas ácidas, pero ocasionalmente se observan lavas. Por alteración hidrotermal se ha modificado completamente la roca original o caolín.

A continuación, en la Figura 32 se presenta la composición litológica de las formaciones geológicas y estructurales existentes, en relación a la vía en estudio:

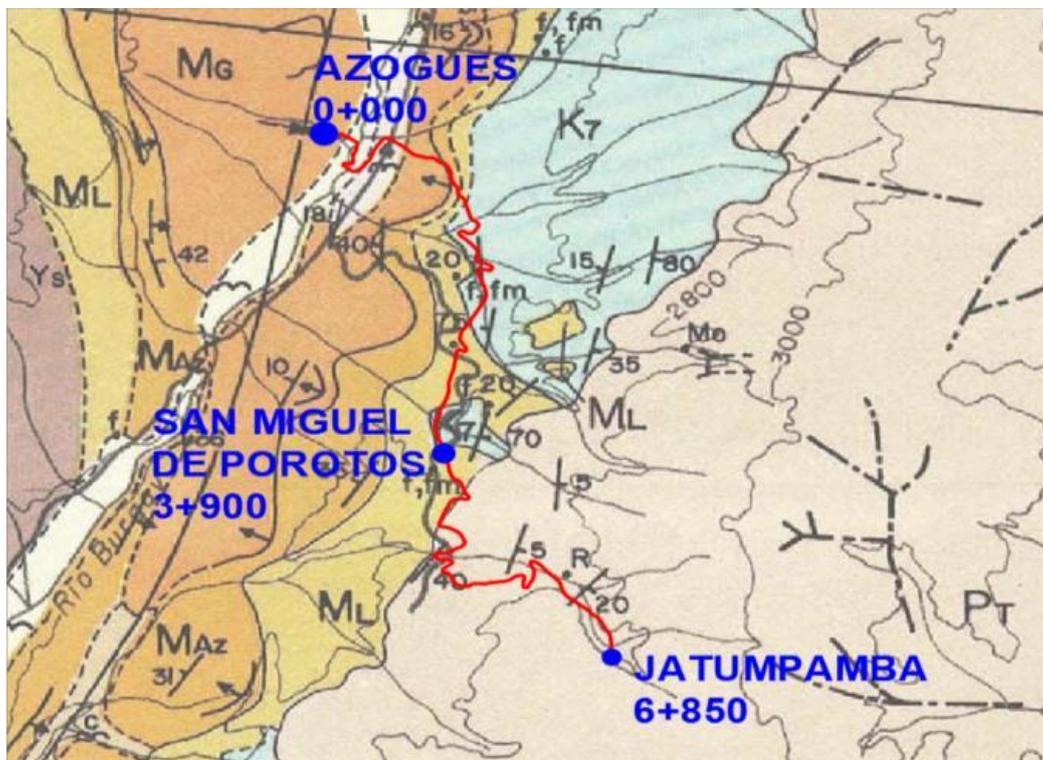


Figura 32: Litología de la vía en estudio (elaboración propia).



Al sureste de la parroquia San Miguel, se concentran las fallas geológicas y deslizamientos que pueden apreciarse en la Figura 32.

3.2. Ensayos

A continuación, se presentan los ensayos que se realizaron, con la finalidad de obtener las características de la vía en estudio:

3.2.1. CBR y Calicata

El ensayo del CBR y la calicata fueron realizados por el Ing. M. Sc. Juan Pablo Riquetti M., en el laboratorio de suelos R&R. De los resultados adjuntos en el Anexo 10, se determina que el suelo de la vía en estudio tiene arcillas muy compresibles, por lo que presenta un CBR de 5.4%.

La clasificación del suelo se establece como arcilla (CH) de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y como A-7-6 de acuerdo a la AASHTO y un índice de grupo (IG) de 17. El contenido de agua en la muestra analizada fue del 11.41%, sin embargo, durante el ensayo se determinó que el contenido óptimo de agua es de 17.31%, lo que significa que el suelo se encontró húmedo y con una humedad menor a la óptima necesaria para alcanzar la densidad seca máxima con un valor de 1.746 kg/m³.

En la Figura 33 se aprecia la extracción de una muestra de suelo para posteriormente realizar el ensayo de CBR.



Figura 33: Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos, abscisa 4+792.

3.3. Metodología: índice de condición del pavimento (PCI)

En esta sección, se procede con la determinación de diferentes parámetros que permitirán obtener el PCI de la vía en estudio.

3.3.1. Cálculo de las unidades de muestreo

En la Tabla 16 se muestran las características de la vía en estudio, incluyendo la longitud, ancho promedio de la sección y área de la sección analizada.

Tabla 16: Características de la vía en estudio.

Tramo	Longitud (km)	Ancho de sección (m)	Área de la sección (m ²)
Azogues - San Miguel de Porotos	3.90	6.44	25119.9
San Miguel de Porotos - Jatumpamba	2.95	6.44	19000.95
Longitud Total =	6.85	Área total (m ²)	44120.85



En la tabla anterior se puede observar que la vía en estudio se divide en dos tramos, el primero desde Azogues hasta San Miguel de Porotos, el segundo desde San Miguel de Porotos hasta Jatumpamba, dando un total de 6.85 m con un área total de 44120.85 m².

De acuerdo a lo explicado en el capítulo anterior, en la Tabla 17 se muestran los cálculos realizados para determinar el número de unidades de muestra, el número de unidades de muestreo a evaluar, el número de intervalos, la longitud de la primera muestra y la longitud del intervalo.

Tabla 17: Determinación de las unidades de muestra.

Área de muestra	Número de unidades de muestra (N)	Número de unidades de muestra a evaluar (n)	Número de intervalos (i)	Longitud de la muestra #1	Longitud del intervalo (Li)
m ²	unid.	unid.	#	m.	m.
323	136.60	14.42	9.00	50.15	451
230	191.83	14.84	12.00	35.71	429
137	322.05	15.29	21.00	21.27	447
# de muestras a ser evaluadas (n asumido)		15.00	error admisible = desv. estándar (s) =	5% 10.00	

En la tabla anterior se escoge para el estudio un área de muestra de 230 m², por lo que la longitud de la muestra se toma alrededor de 35 m y la longitud del intervalo de 429 m., sin embargo, en el estudio se analizan 15 tramos con una longitud de tramos de 36 metros.

Ahora, en la Tabla 18 se procede con la determinación de los tramos de vía, seleccionando una longitud de cada tramo de 36 metros, de acuerdo a lo obtenido anteriormente:



Tabla 18: Tramos de vía para evaluar.

Tramo	Abscisa		Área del tramo m ²
	Inicial	Final	
Tramo 1	0+036	0+072	249.96
Tramo 2	0+500	0+536	220.50
Tramo 3	0+964	1+000	216.93
Tramo 4	1+429	1+464	237.46
Tramo 5	1+893	1+929	228.54
Tramo 6	2+357	2+393	237.46
Tramo 7	2+821	2+857	223.18
Tramo 8	3+285	3+321	230.32
Tramo 9	3+750	3+785	232.11
Tramo 10	4+214	4+250	227.64
Tramo 11	4+678	4+714	225.86
Tramo 12	5+142	5+178	224.07
Tramo 13	5+607	5+642	257.10
Tramo 14	6+071	6+106	228.54
Tramo 15	6+535	6+571	237.46

En la tabla anterior se presentan las abscisas inicial y final de los quince tramos que se analizarán, así como el área de cada tramo.

3.3.2. Inspección de las unidades de muestreo y determinación del índice de condición del pavimento

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, se procede con la inspección visual de cada tramo de la vía en estudio, definido en el apartado anterior, de acuerdo al formato correspondiente (ver Anexo 5).

En la Tabla 19 se aprecian las fallas que se encontraron en el tramo de análisis inicial.



Tabla 19: Fallas existentes en el Tramo 1.

Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	2.00		2.00
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	3.50	0.60		2.10
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	214.25	0.01		214.25
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	7.00	0.65		4.55
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	9.00	0.75		6.75
13	Parches	1 metros cuadrados	b	1.15	1.15		1.04
13	Parches	1 metros cuadrados	b	1.50	0.70		1.05
3	Abultamientos y hundimientos	metros	b	15.00	2.50		15.00
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.01		1.00
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.60	0.01		0.60
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.80	0.01		0.80
13	Parches	metros cuadrados	b	1.60	2.20		3.52
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	1.00		2.00

En la tabla anterior se muestra el levantamiento de información de las fallas que existen en el Tramo 1 de análisis, siendo estas: piel de cocodrilo, ahuellamiento, fisuras longitudinales – transversales, parches y agregado pulido.

A continuación, se realiza todo el procedimiento de evaluación vial para la determinación del PCI de la primera muestra, los cálculos de las demás muestras se encuentran adjuntos en el Anexo 6:

- Luego de obtener el total de severidades, se calcula la densidad de cada tipo de falla, dividiendo el total de cada falla por el área total de la muestra analizada.
- Mediante los ábacos del Anexo 3, se procede a determinar los valores deducidos para cada tipo de falla, en donde nos ubicamos con el porcentaje de densidad de la falla en el eje X y con el nivel de severidad (alto, medio o bajo) intersecamos la curva correspondiente y se proyecta al eje Y, obteniendo el valor deducido, en la Figura 34 se puede observar el ábaco para determinar el valor deducido de acuerdo al porcentaje de la falla de abultamientos y hundimientos; en la Figura 35 se presenta el ábaco para obtener el valor deducido para la falla de fisuras longitudinales y transversales; en la Figura 36 se muestra el ábaco que nos permite obtener el valor deducido para la falla de agregado pulido; en la Figura 37 el ábaco mostrado nos permite obtener el valor deducido para la falla de piel de cocodrilo; en la Figura 38 el ábaco presentado permite obtener el valor deducido de la falla parches y cortes utilitarios, finalmente, en la Figura 39 se puede obtener el valor

deducido para la falla de ahuellamiento.

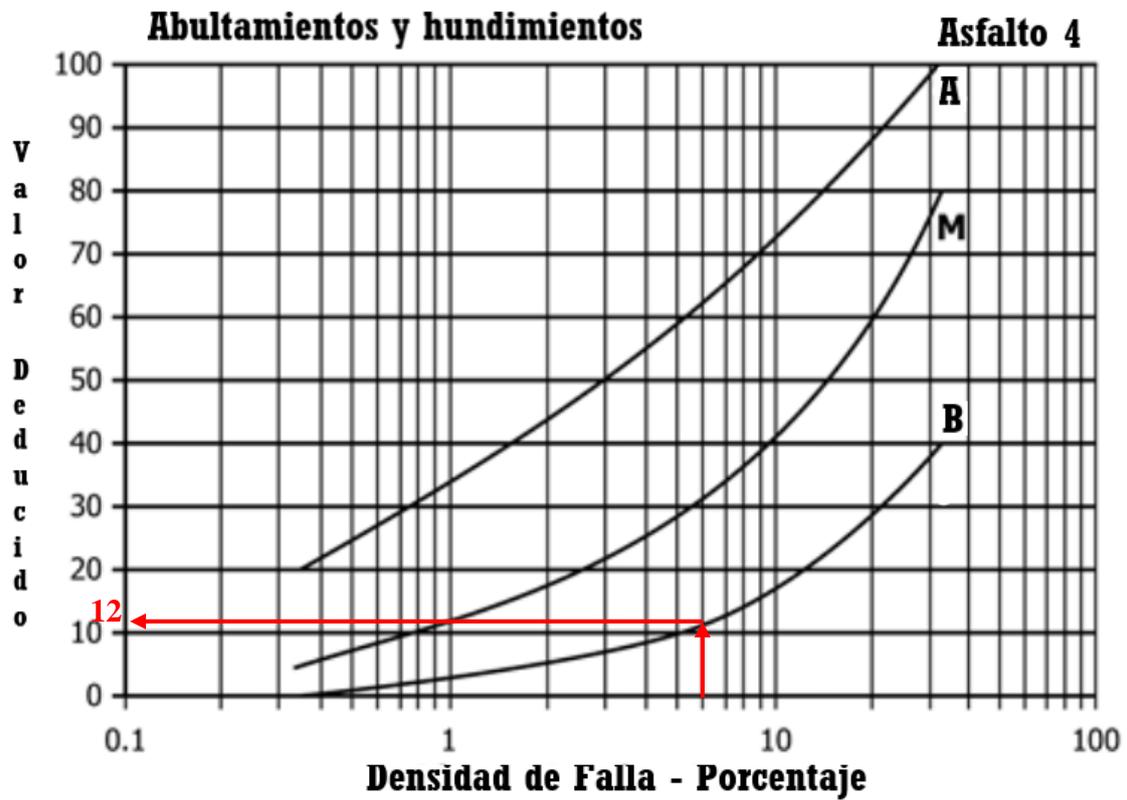


Figura 34: Valor deducido para falla de abultamientos y hundimientos.

En la figura anterior se determina que el valor deducido para la falla de abultamientos y hundimientos de acuerdo al porcentaje de la falla existente en el Tramo 1 de análisis, obteniéndose un “DV” de 12.

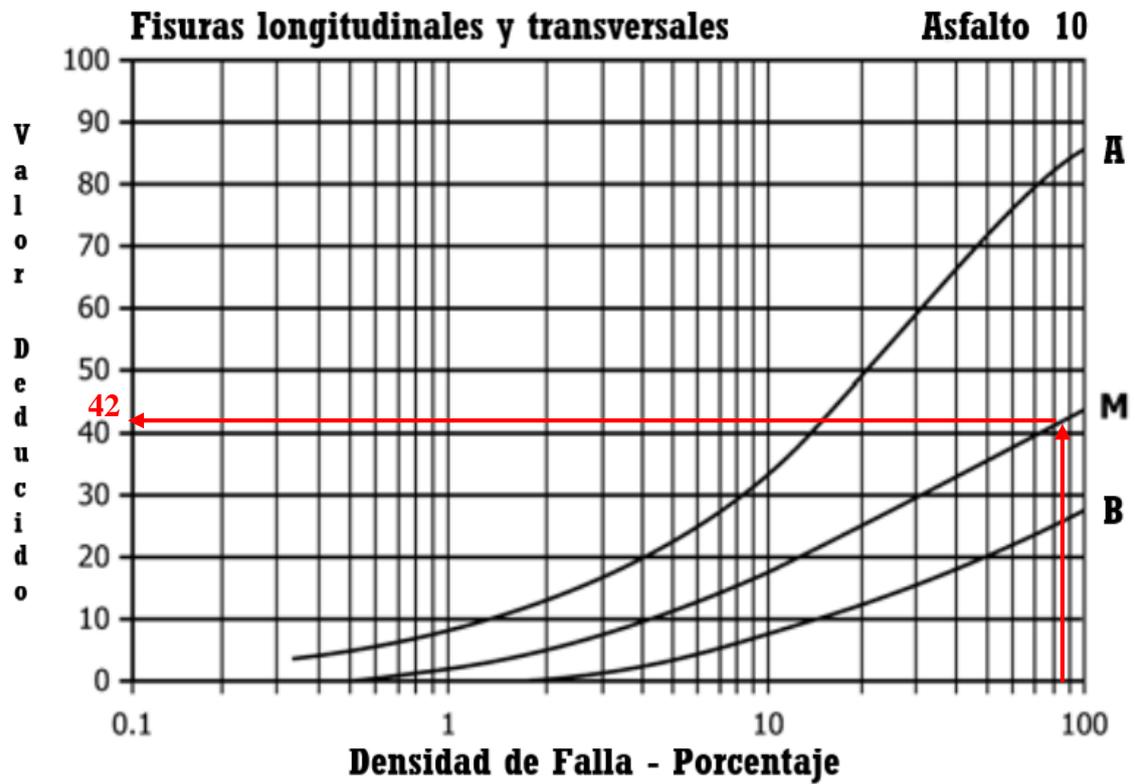


Figura 35: Valor deducido para la falla de fisuras longitudinales y transversales.

En la figura anterior se determina un valor deducido de 42, para el porcentaje existente de la falla de fisuras longitudinales y transversales del Tramo 1 de análisis.

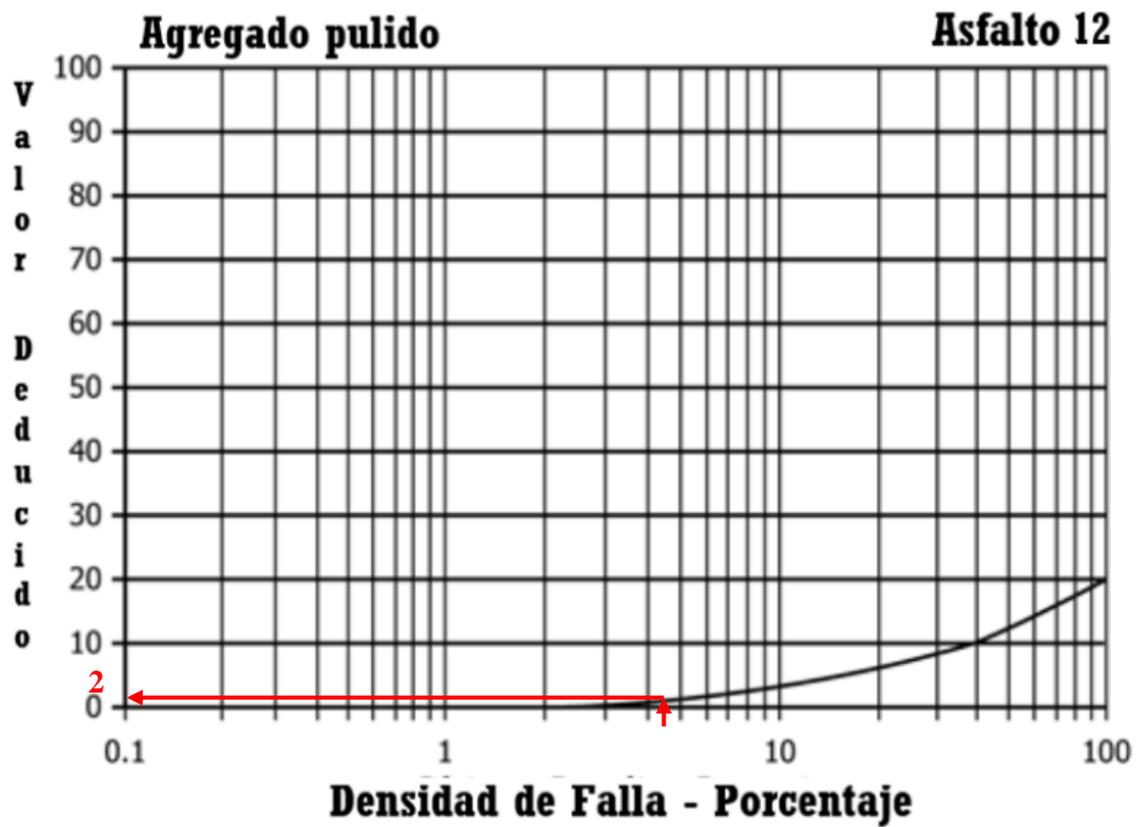


Figura 36: Valor deducido para la falla de agregado pulido.

De la figura anterior se establece un valor deducido de 2, para el porcentaje existente de la falla de agregado pulido del Tramo 1 de análisis.

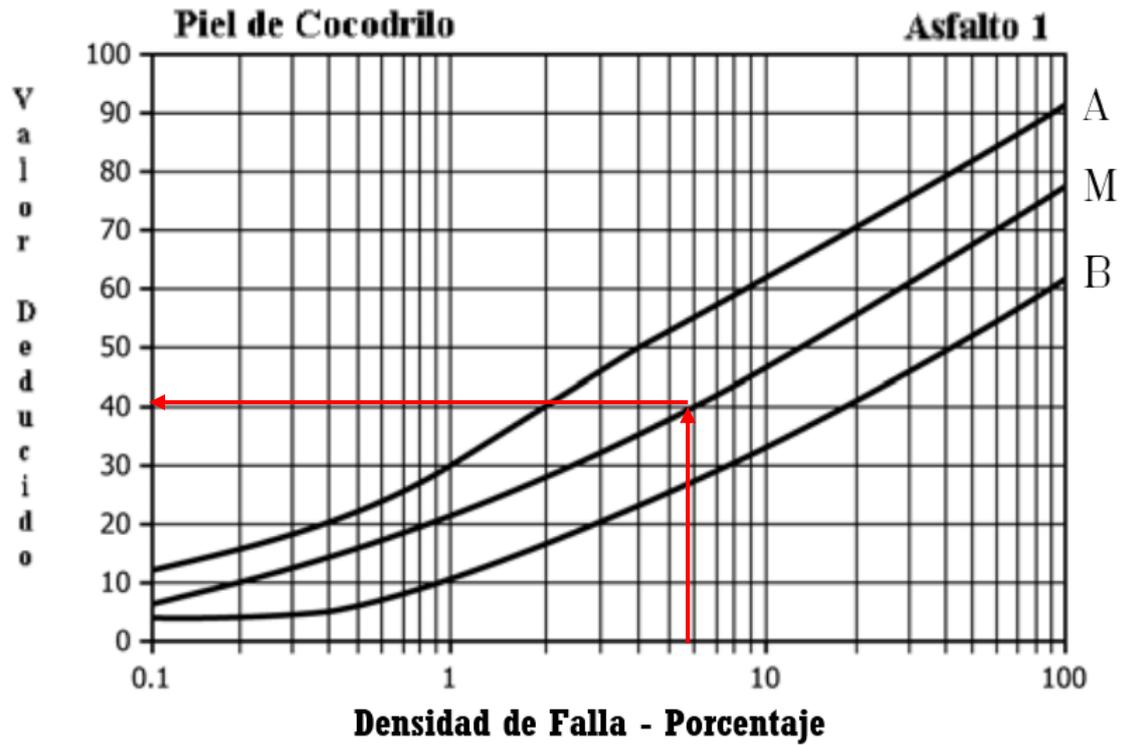


Figura 37: Valor deducido para la falla de piel de cocodrilo.

En la figura se obtiene un valor deducido de 40, para el porcentaje existente de la falla de piel de cocodrilo del Tramo 1 de análisis.

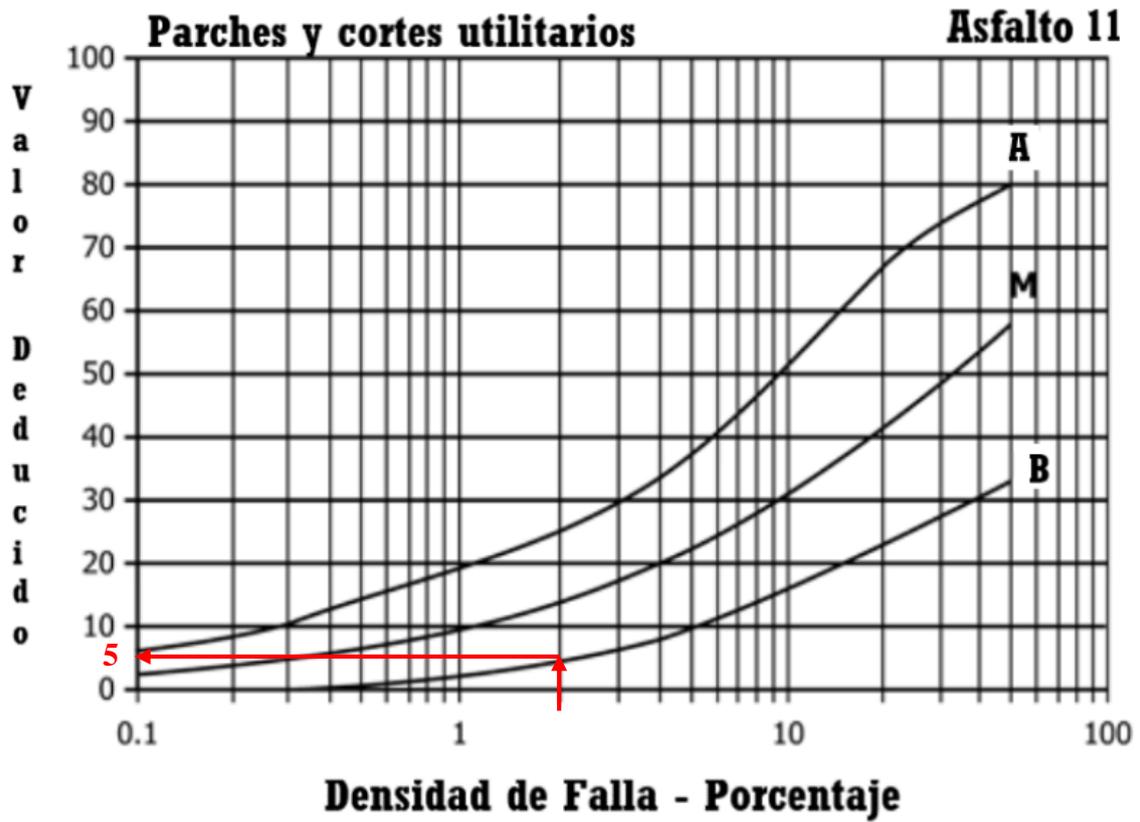


Figura 38: Valor deducido para la falla de parches.

En la figura anterior se consigue un valor deducido de 5, para el porcentaje existente de la falla de parches del Tramo 1 de análisis.

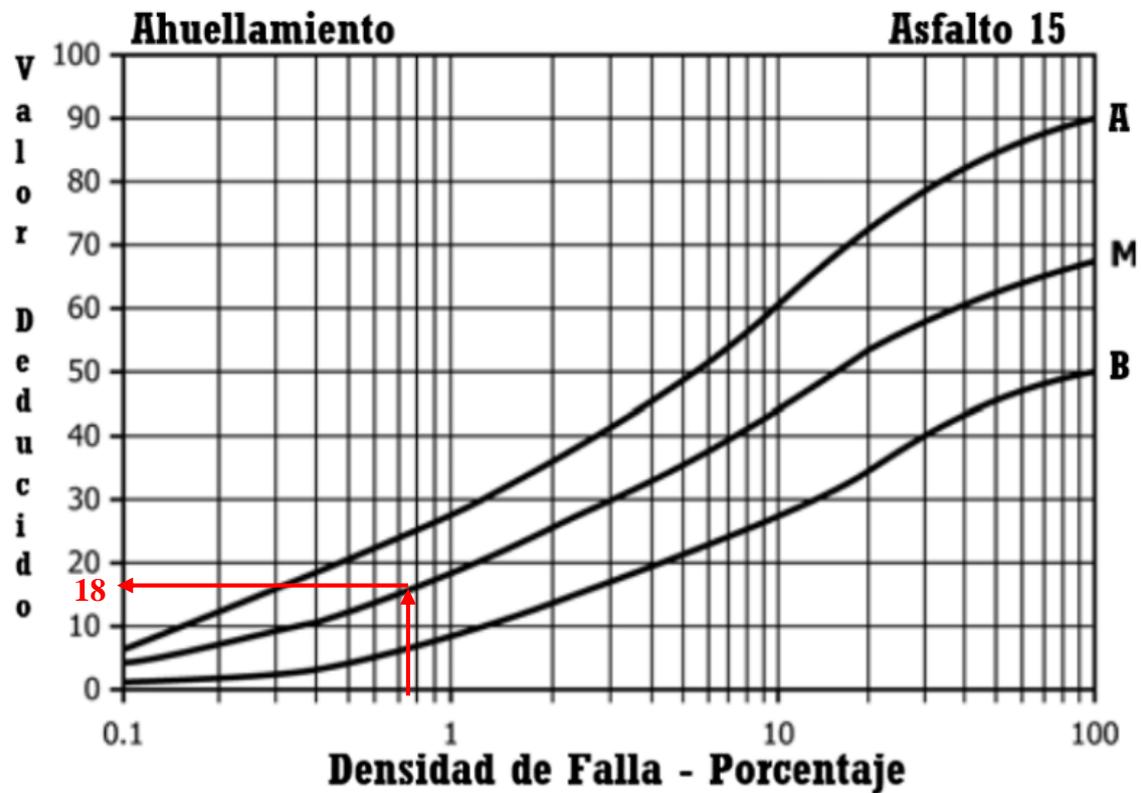


Figura 39: Valor deducido para la falla de ahuellamiento.

De la figura se determina un valor deducido de 18, para el porcentaje existente de la falla de ahuellamiento del Tramo 1 de análisis.

Posteriormente, se calcula el valor de deducción total (VDT), luego se obtiene el valor de “q”. Se continúa con el cálculo del valor de “m”, y con los valores obtenidos se realiza la matriz de valores deducidos con la que se obtienen los valores de “CDT” y “Q”, mismos que de acuerdo al Anexo 4, se obtiene el valor de deducción corregido, luego se identifica el valor de “HDV” que viene a ser el valor deducido corregido máximo.

A continuación, en la Tabla 20 se presenta el cómputo de los “DV” correspondiente a cada falla presente en el tramo número 1 de estudio:

Tabla 20: Cálculo de valores deducidos para el Tramo 1.



VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	b	15.00	6.00%	12	119	5
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	216.65	86.67%	42		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	11.30	4.52%	2		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	14.56	5.82%	40		
13	Parches	metros cuadrados	b	5.61	2.24%	5		
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	2.10	0.84%	18		

En la tabla anterior se aprecia el cálculo de los valores deducidos para cada falla presente el Tramo 1 de análisis, también se calcula el porcentaje de densidad de cada falla y el valor deducido total, para determinar el valor de “q” igual a 5.

Ahora, a continuación, se procede con el cálculo de los valores de deducción corregidos, mostrado en la Figura 40:

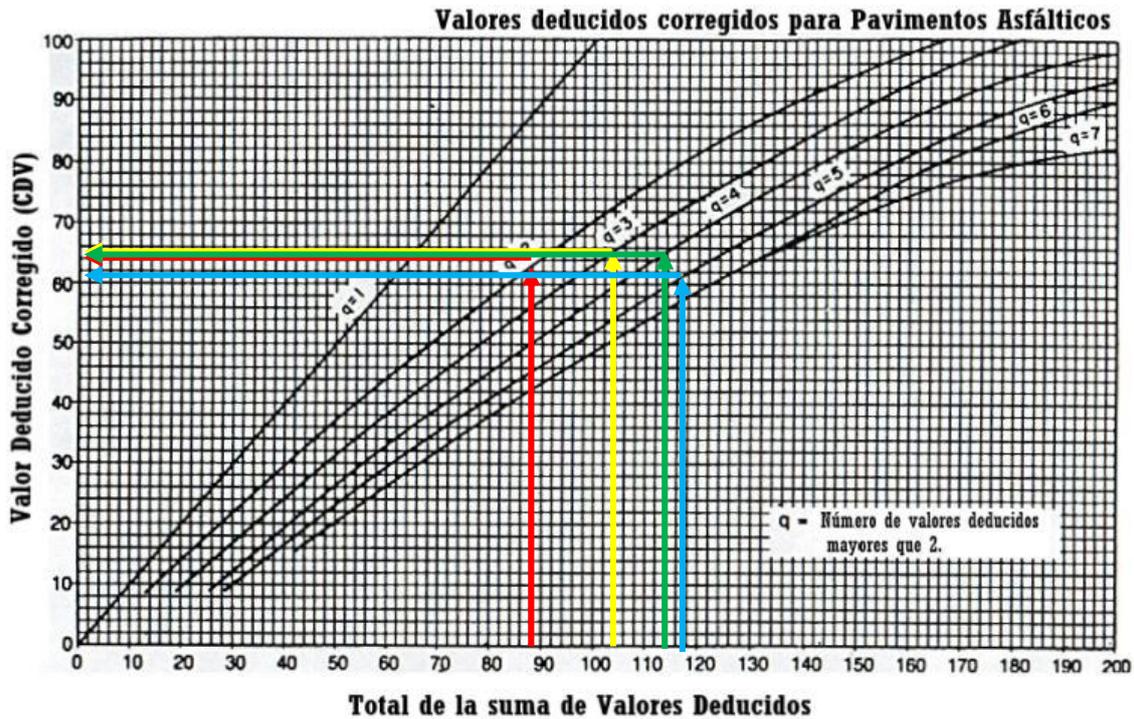


Figura 40: Cálculo de valores de deducción corregidos para el Tramo 1.

Se muestra el cálculo de cada uno de los valores deducidos corregidos para cada falla presente en el Tramo 1 de análisis, por ejemplo, para q=5 nos ubicamos en el eje “X” con el valor de 117 hasta que se intercepte en la curva de q=5 y en el eje “Y” se determina un valor de “CDV” igual a 62, los resultados de este proceso se exhiben en la Tabla 21.



A continuación, en la Tabla 21 se presenta el cálculo de los valores de deducción corregidos y la determinación del PCI del Tramo 1:

Tabla 21: Cálculo de valores de deducción corregidos para el Tramo 1.

CALCULO DEL PCI										
DV					CDT	Q	CDV			
42	40	18	12	5				117	5	62
42	40	18	12	2				114	4	65
42	40	18	2	2				104	3	66
42	40	2	2	2				88	2	64
42	2	2	2	2				50	1	50

En la Tabla 22 se observa la determinación del PCI y su clasificación de acuerdo al rango establecido en el capítulo referente al marco teórico:

Tabla 22: Cálculo y clasificación del PCI del tramo 1

HDV	66
PCI	34

En la Tabla 22 se aprecia que de la evaluación del PCI en el Tramo 1 de análisis da como resultado un valor de “HDV” de 66 y un valor del “PCI” de 34, por lo que se clasifica este tramo como “MALO”, de acuerdo a la Tabla 13.

En la Figura 41, se presenta una vista general de la vía en estudio en el Tramo 1 de análisis:



Figura 41: Vista general de la vía en el Tramo 1.

En la Figura 42, se aprecia un esquema de análisis porcentual de las fallas que existen en el Tramo 1 de análisis:

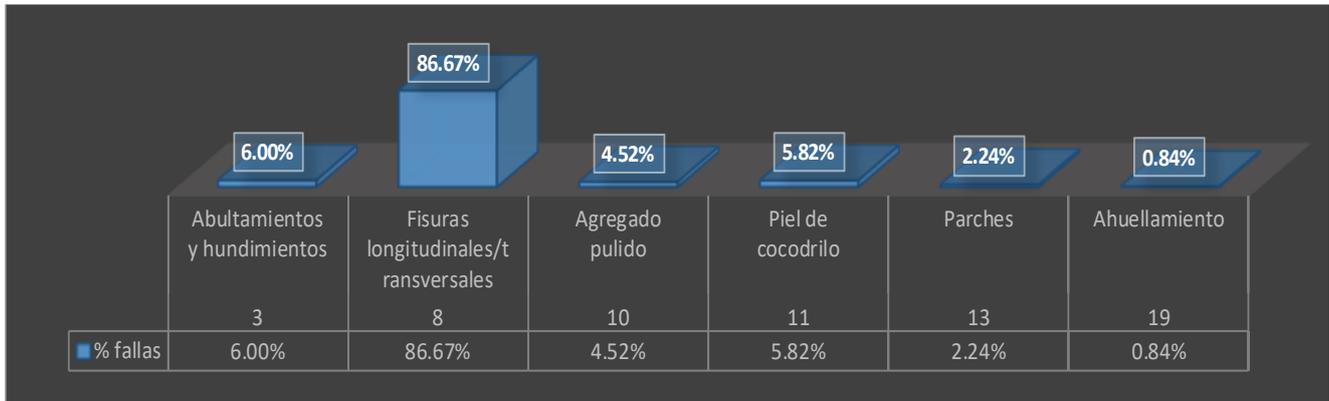


Figura 42: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 1.

Se observa que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 86.67%, seguidamente la falla de abultamientos y hundimientos con un 6%, piel de cocodrilo con un 5.82%, agregado pulido con un 4.52%, parches con un 2.24% y ahuellamientos con un 0.84%.

Se repite el procedimiento para cada uno de los tramos que se evaluarán, obteniendo así el PCI de cada muestra analizada, a continuación, se presentarán los esquemas obtenidos de las inspecciones realizadas para cada tramo, así como una breve descripción de las fallas encontradas de cada uno de ellos.

En el Tramo 2 de análisis se pudo constatar varias fallas de piel de cocodrilo, acompañado también por fisuras longitudinales y transversales, además se encontraron algunos parches producto de bacheos asfálticos realizados, las fallas que se muestran a continuación en la Figura 43 se exhiben de acuerdo a su porcentaje de exposición:

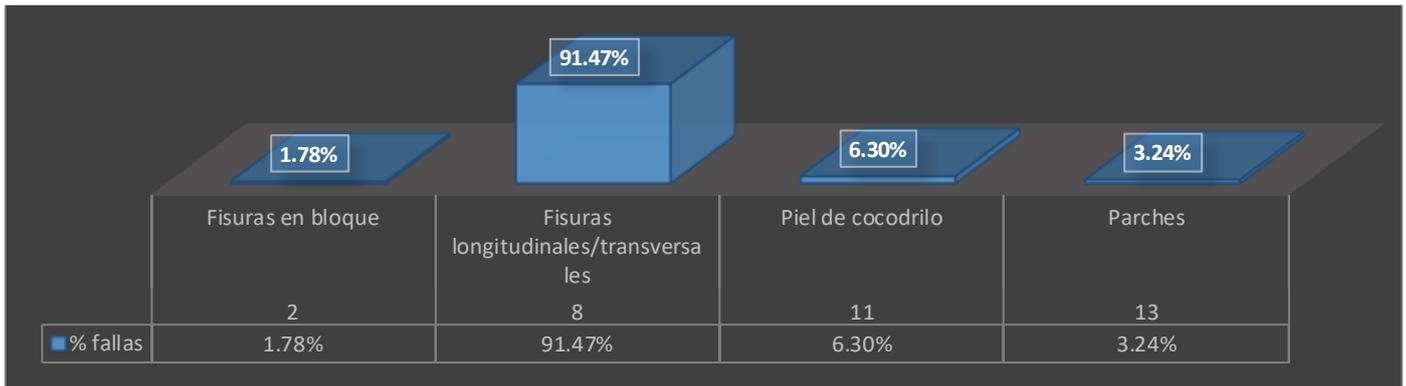


Figura 43: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 2.

Se tiene que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 91.47%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 6.30%, parches con un 3.24% y fisuras en bloque con un 1.78%.

En el Tramo 3 de análisis se puede observar una falla parabólica de gran magnitud, además se constató la existencia de fisuras longitudinales y transversales en todo el tramo analizado, estas fallas de manera porcentual de acuerdo a su exposición se muestran a continuación en la Figura 44.

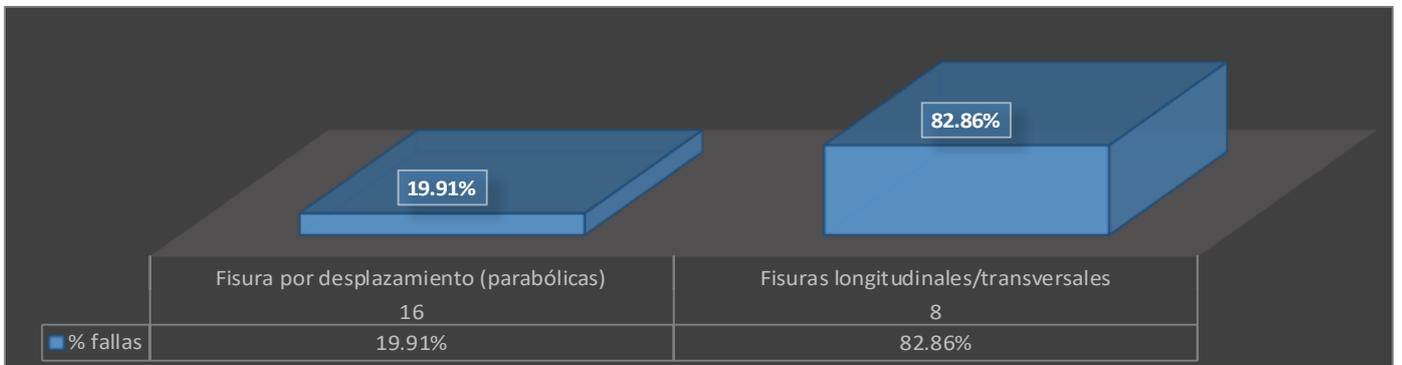


Figura 44: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 3.

De la Figura 44 se aprecia que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 82.86%, seguidamente la falla de fisura por desplazamiento (parabólicas) con un 19.91%.

En el Tramo 4 se presentan fallas como piel de cocodrilo, parches que se encuentran en buen estado y sobre todo fisuras longitudinales y transversales, misma que de manera porcentual de acuerdo a su cantidad de exposición se muestran a continuación en la Figura 45:

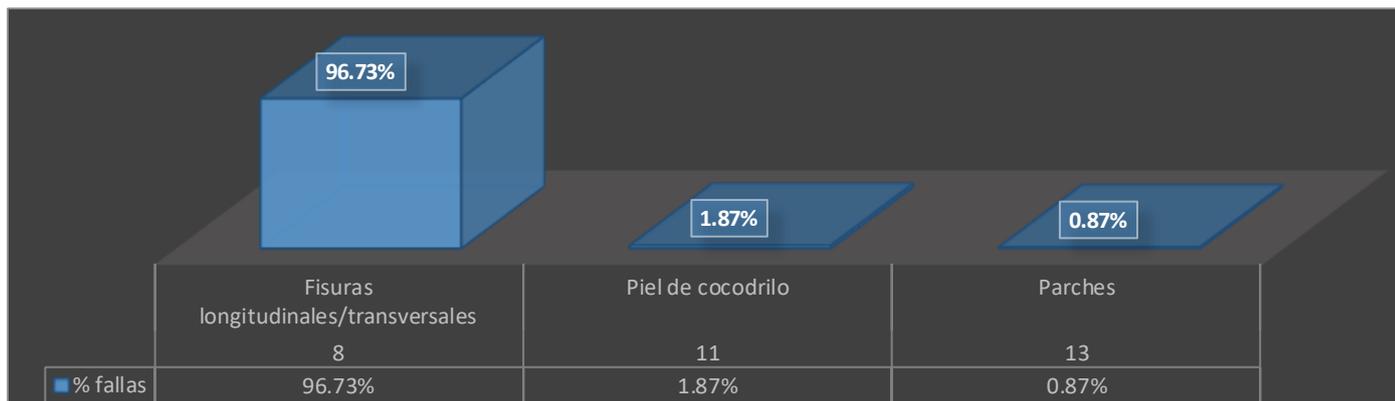


Figura 45: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 4.

A partir de la Figura 45 se determina que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 96.73%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 1.87% y parches con un 0.87%.

En el Tramo 5 se pudo apreciar que las fisuras longitudinales y transversales son predominantes, sin embargo, se observó también piel de cocodrilo y algunos parches que se encuentran en buen estado, de manera porcentual de acuerdo a su exposición se muestran a continuación en la Figura 46:

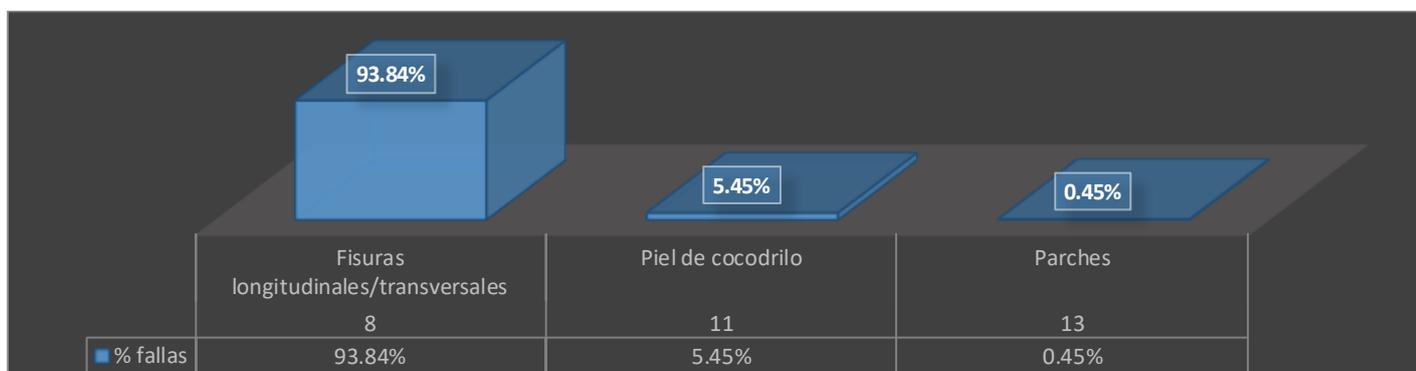


Figura 46: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 5.

En la Figura 46 se establece que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 93.84%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 5.45% y parches con un 0.45%.

En el Tramo 6 las fallas que se observaron fueron piel de cocodrilo y las fisuras longitudinales y transversales, que de acuerdo a su porcentaje de exposición se muestran a continuación en la Figura 47:

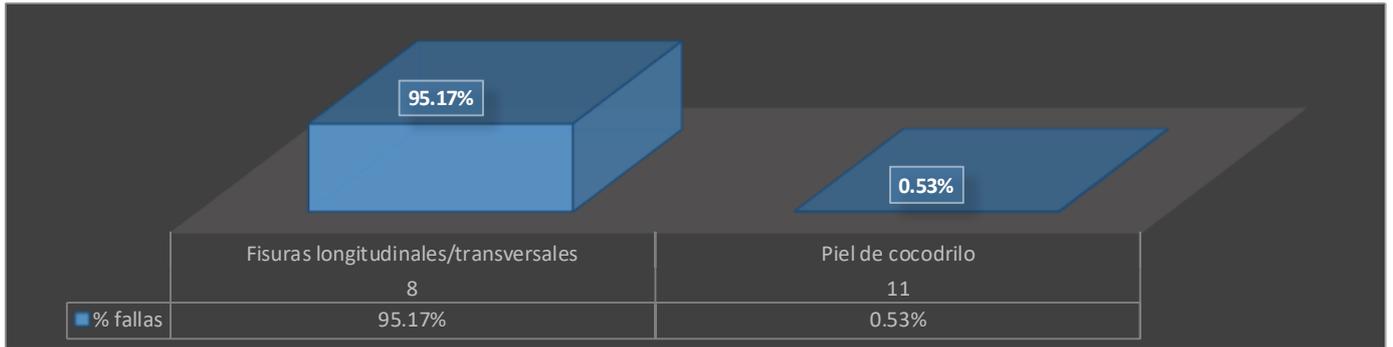


Figura 47: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 6.

Se aprecia que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 95.17%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 0.53%.

En el Tramo 7 se observó únicamente fisuras longitudinales y transversales en todo el tramo de análisis, se muestra a continuación en la Figura 48 su nivel de exposición:

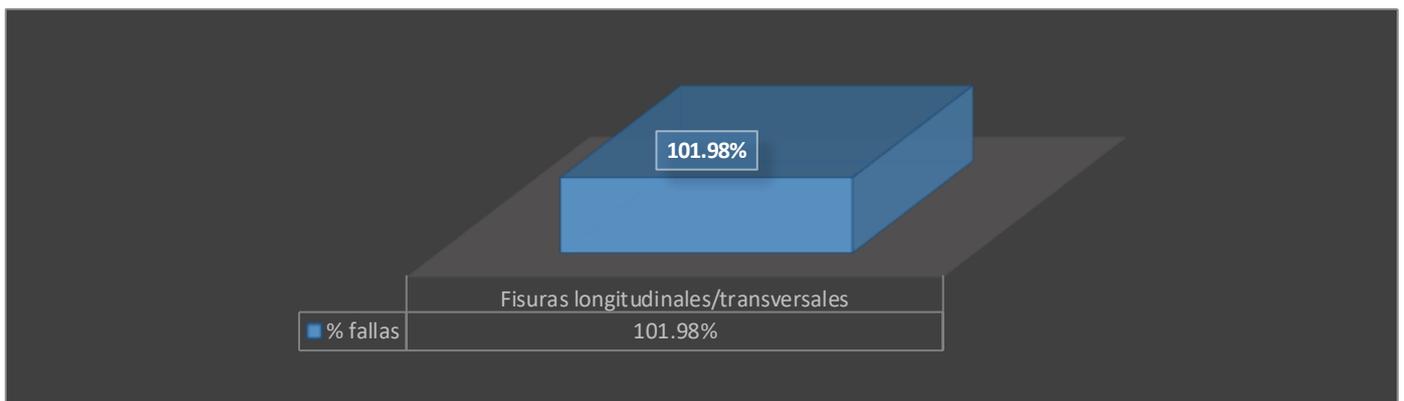


Figura 48: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 7.

Con base en la Figura 48 se comprueba que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 100%.

En el Tramo 8 de análisis, se encontró solo fisuras tanto longitudinales como transversales, falla que se muestra a continuación en la Figura 49 de acuerdo a su nivel de exposición:

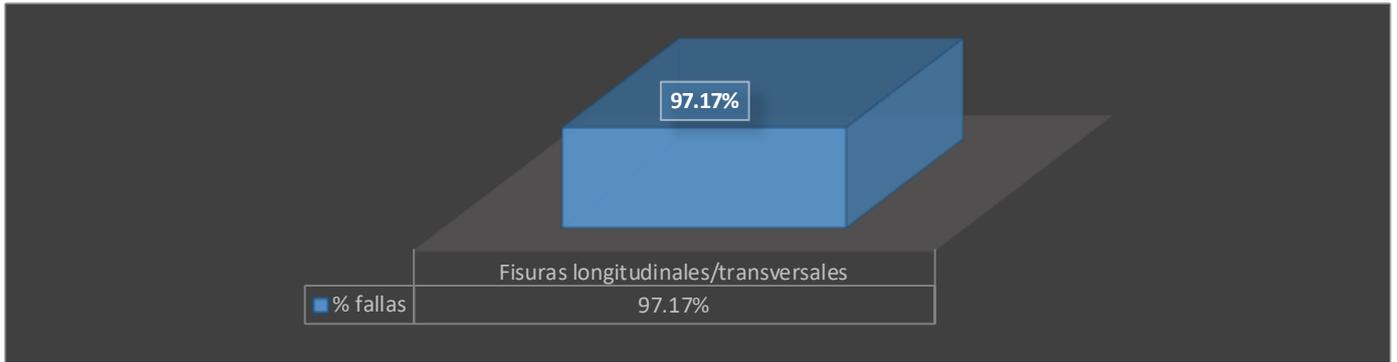


Figura 49: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 8.

Se observa que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un porcentaje de existencia del 97.17%.

En el Tramo 9 de análisis, se encontraron fisuras longitudinales, transversales, baches, agregado pulido, piel de cocodrilo, fallas que de acuerdo a su nivel de exposición se muestran a continuación en la Figura 50:

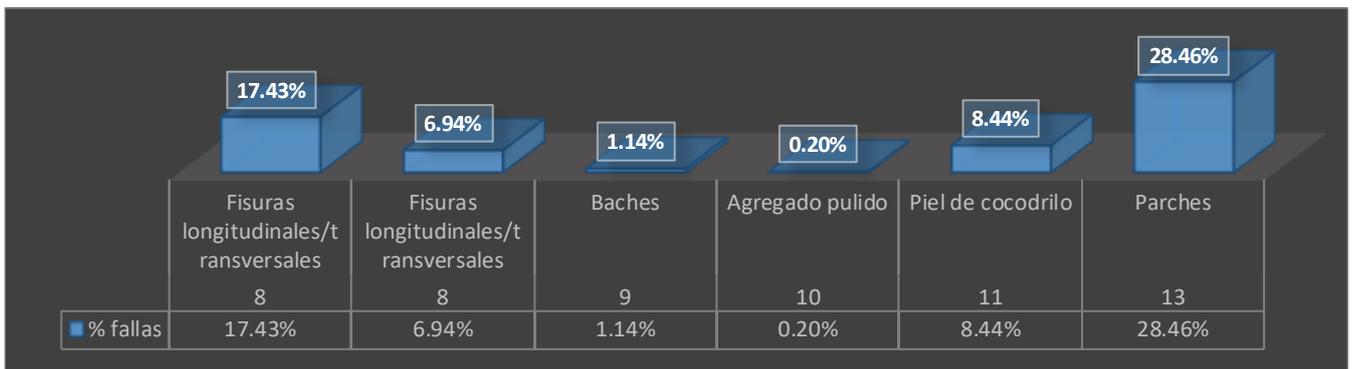


Figura 50: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 9.

De la Figura 50 se tiene que la falla de parches predomina con un 28.46%, la falla de fisuras longitudinales – transversales con un nivel medio con un porcentaje de existencia del 17.43%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 8.44%, la falla de fisuras longitudinales – transversales de nivel bajo con un 6.94%, falla de baches con un 1.14%, falla de agregado pulido con un 0.20%.

En el Tramo 10 se pudo encontrar fisuras longitudinales y transversales, agregado pulido, piel de cocodrilo y parches, que de acuerdo a su porcentaje de exposición se muestran a continuación en la Figura 51:

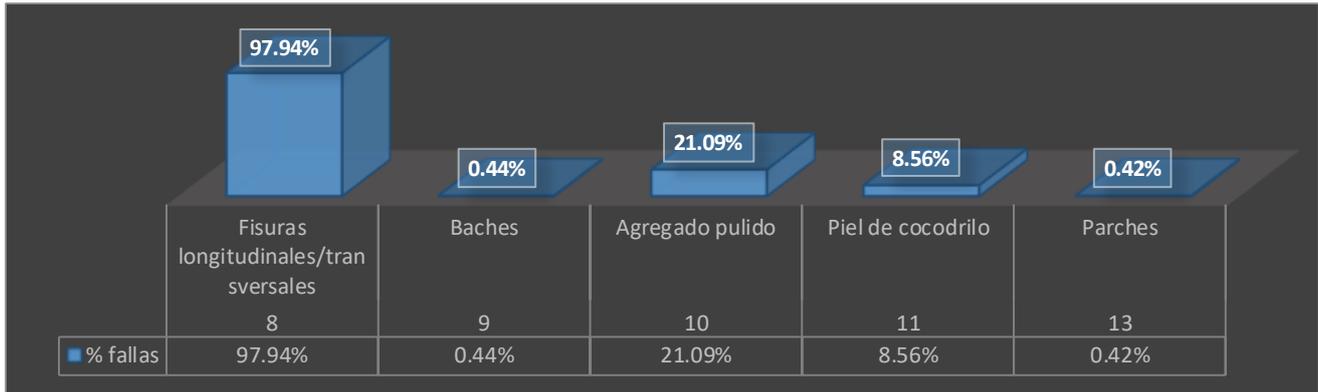


Figura 51: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 10.

Se comprueba que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un 97.94%, la falla de agregado pulido con un 21.09%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 8.56%, la falla de baches con un 0.44%, parches con un 0.42%.

En el Tramo 11 se observan fisuras longitudinales y transversales en la mayor parte del tramo analizado, la siguiente falla, aunque de nivel de severidad muy bajo es el agregado pulido, además se observó piel de cocodrilo con un nivel de severidad bajo, la falla que tenía un nivel de severidad medio era las fisuras en bloque que se encontraron, estas fallas se muestran a continuación en la Figura 52 de acuerdo a su porcentaje de exposición:

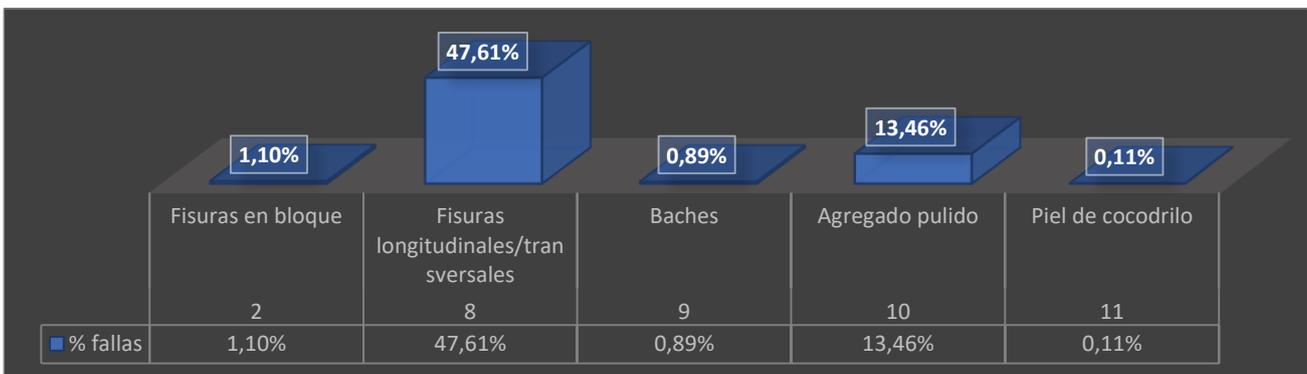


Figura 52: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 11.

Con base en la Figura 52 se determina que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un 47.61%, la falla de agregado pulido con un 13.61%, seguidamente la falla de fisuras en bloque con un 1.1%, la falla de piel de cocodrilo con un 0.11%, baches con un 0.01%.

En el Tramo 12 se presentan fallas de fisuras longitudinales y transversales, y sobre todo aquí en este tramo se encontró la falla de fisura por desplazamiento (parabólicas), tal como se presenta porcentualmente a continuación en la Figura 53:

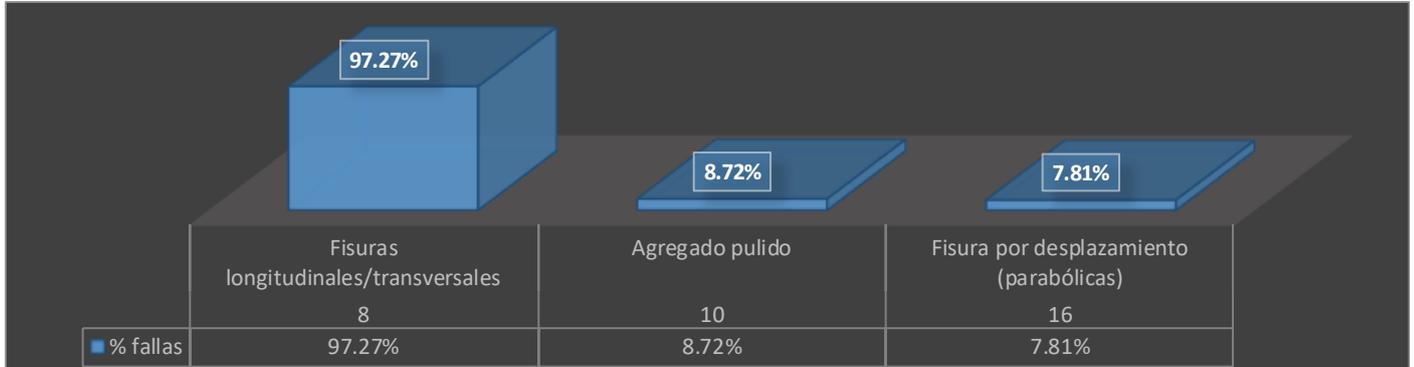


Figura 53: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 12.

Se aprecia que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un 97.27%, la falla de agregado pulido con un 8.721%, seguidamente la falla de fisuras por desplazamiento (parabólicas) con un 7.81%.

En el Tramo 13 de análisis, se observaron tanto fisuras longitudinales como transversales, además se encontró zonas con falla de agregado pulido y piel de cocodrilo, finalmente se encontró también una falla por fisuras parabólicas, tal como se muestran a continuación en la Figura 54 de acuerdo a su nivel de exposición:

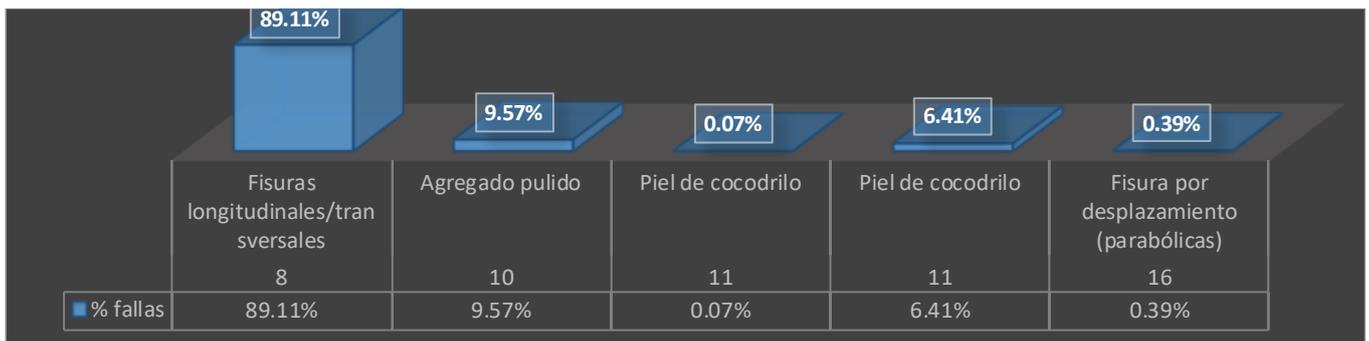


Figura 54: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 13.

Se tiene que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un 89.11%, la falla de agregado pulido con un 9.57%, seguidamente la falla piel de cocodrilo de nivel medio con un 6.41%, la falla de fisuras por desplazamiento (parabólicas) con un 0.39% y piel de cocodrilo de nivel bajo con un 0.07%.

En el Tramo 14 se encontró fisuras longitudinales y transversales, una pequeña depresión con bajo nivel de severidad, parches y agregado pulido, fallas que se muestran a continuación en la Figura 55 de acuerdo a su porcentaje de exposición:

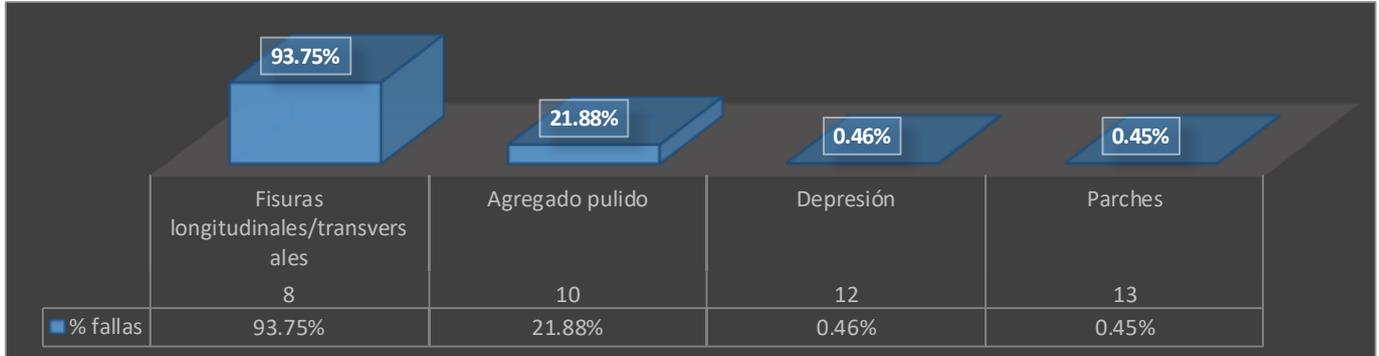


Figura 55: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo 14.

En la Figura 55 se observa que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con un 93.75%, la falla de agregado pulido con un 21.88%, seguidamente la falla de depresión con un 0.46% y la falla de parches con un 0.45%.

En el Tramo 15 de análisis se encontraron fisuras longitudinales, transversales, parches, se observó también ahuellamiento y piel de cocodrilo, además se constató que el agregado pulido se presenta, pero con un nivel de severidad bajo, fallas que se muestran a continuación en la Figura 56 de acuerdo a su porcentaje de exposición:



Figura 56: Porcentaje de fallas existentes en el tramo 15.

A partir de la Figura 56 se establece que la falla de agregado pulido predomina con un 17.37%, la falla de ahuellamiento con un 5.03%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 2.46%, la falla de fisuras longitudinales – transversales con un 1.94%, parches con un 0.87%.



3.3.3. Índice de condición del pavimento de cada muestra evaluada

A continuación, la Tabla 23 muestra un resumen de la evaluación de cada uno de los tramos, junto con su calificación y clasificación del índice de condición del pavimento de cada uno de ellos.

Tabla 23: Resumen de resultados del PCI de tramos analizados.

Tramo	Abscisa		PCI	Simbol.
	Inicial	Final		
Tramo 1	0+036	0+072	34	MALO
Tramo 2	0+500	0+536	35	MALO
Tramo 3	0+964	1+000	34	MALO
Tramo 4	1+429	1+464	45	REGULAR
Tramo 5	1+893	1+929	40	MALO
Tramo 6	2+357	2+393	53	REGULAR
Tramo 7	2+821	2+857	55	REGULAR
Tramo 8	3+285	3+321	55	REGULAR
Tramo 9	3+750	3+785	24	MUY MALO
Tramo 10	4+214	4+250	32	MALO
Tramo 11	4+678	4+714	39	MALO
Tramo 12	5+142	5+178	40	MALO
Tramo 13	5+607	5+642	34	MALO
Tramo 14	6+071	6+106	53	REGULAR
Tramo 15	6+535	6+571	47	REGULAR
PCI Promedio de Tramos analizados = PCI_R			41	REGULAR

Como se aprecia en la tabla anterior, el PCI promedio de los tramos analizados resulta ser de 41, valor que de acuerdo a la Tabla 13 se establece que la salud general de la vía se clasifica como REGULAR.

Luego de la primera iteración de acuerdo a la norma, con una desviación estándar de 10 y un nivel de confiabilidad del 95%, con base a los valores obtenidos del PCI de cada una de las muestras analizadas, aplicando la ecuación 28, se calcula la desviación estándar real, y con ésta se calcula cuántas secciones se deberían haber analizado, aplicando la ecuación 27, obteniendo lo siguiente:

$$S = 9.60$$

$$n = 14.84$$



Debido a que la desviación estándar considerada para la primera iteración fue de 10 y el número de muestras analizadas fue de 15 (mayor a 14.84) entonces se cumple con la norma.

3.3.4. Inspección de las unidades de muestreo adicionales y determinación del índice de condición del pavimento

Como se observa anteriormente, se cumple con la norma, sin embargo, las unidades de muestras adicionales que se evalúan, se presentan en la Tabla 24:

Tabla 24: Tramos adicionales que se evalúan.

Tramo	Abscisa		Área del tramo m ²
	Inicial	Final	
Tramo Ad. 1	0+162	0+197	219.61
Tramo Ad. 2	5+438	5+474	218.72
Tramo Ad. 3	3+950	3+985	198.18
Tramo Ad. 4	4+596	4+632	226.75
Tramo Ad. 5	4+833	4+869	252.64
Tramo Ad. 6	4+869	4+905	217.82
Tramo Ad. 7	5+042	5+077	220.50
Tramo Ad. 8	5+773	5+809	258.89
Tramo Ad. 9	6+025	6+061	233.89
Tramo Ad. 10	6+499	6+535	225.86

Las muestras adicionales han sido consideradas y seleccionadas debido a que presentan una afección alta, y en base al criterio ingenieril por el lado de la seguridad, se han analizado para obtener resultados más agresivos en cuanto a la rehabilitación se refiere. En el Anexo 7, se presentan los datos levantados en la inspección visual de campo, y la determinación del índice de condición del pavimento para cada tramo adicional.

En el Tramo adicional 1 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, parches, ahuellamiento, fisuras y peladura por intemperismo, mismas que de acuerdo a su nivel y porcentaje de exposición se muestran a continuación en la Figura 57:



Figura 57: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 1.

Se observa que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con más del 100%, la falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados con un 3.39%, seguidamente la falla de ahuellamiento con un 1.09%, la falla de parches con un 0.95%, piel de cocodrilo con un 0.16%.

En el Tramo adicional 2 de análisis se pudo constatar fallas de piel de cocodrilo, desplazamientos, peladuras por intemperismo y fisuras, mismas que de acuerdo a su porcentaje de exposición que se muestran a continuación en la Figura 58:

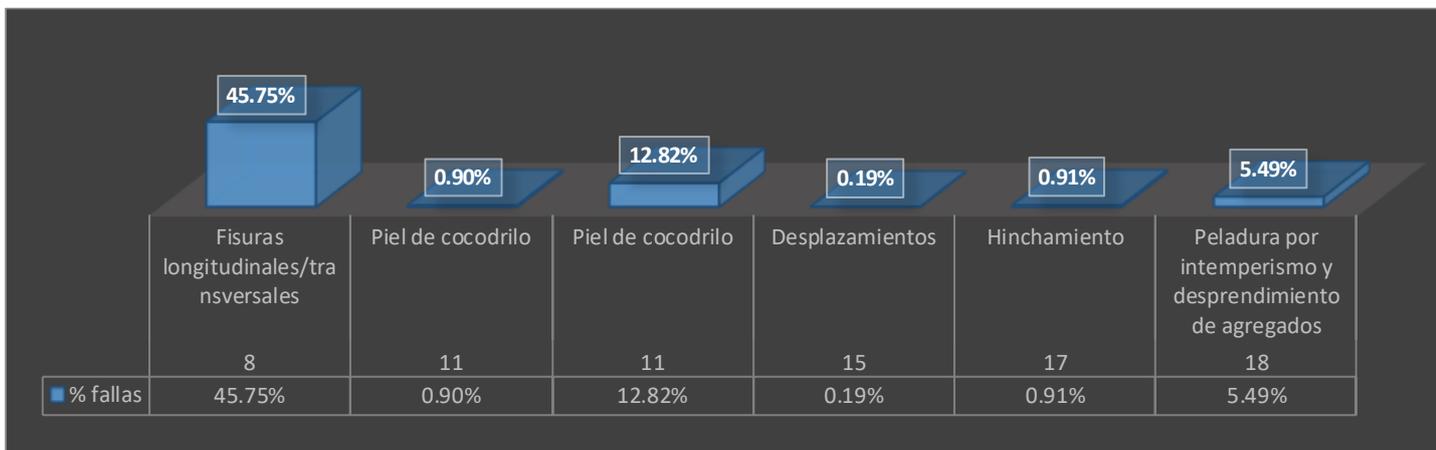


Figura 58: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 2.

Con base en la Figura 58 se determina que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 45.75%, la falla de piel de cocodrilo con un 12.82%, seguidamente la falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados con un 5.49%, la falla de hinchamiento con un 0.91%, piel de cocodrilo con un 0.90% y la falla de desplazamientos con un 0.19%.

En el Tramo adicional 3 de análisis se pudo observar fisuras, baches, parches, desplazamientos y hundimientos, a continuación, en la Figura 59 se muestran estas fallas de acuerdo a su porcentaje de exposición:

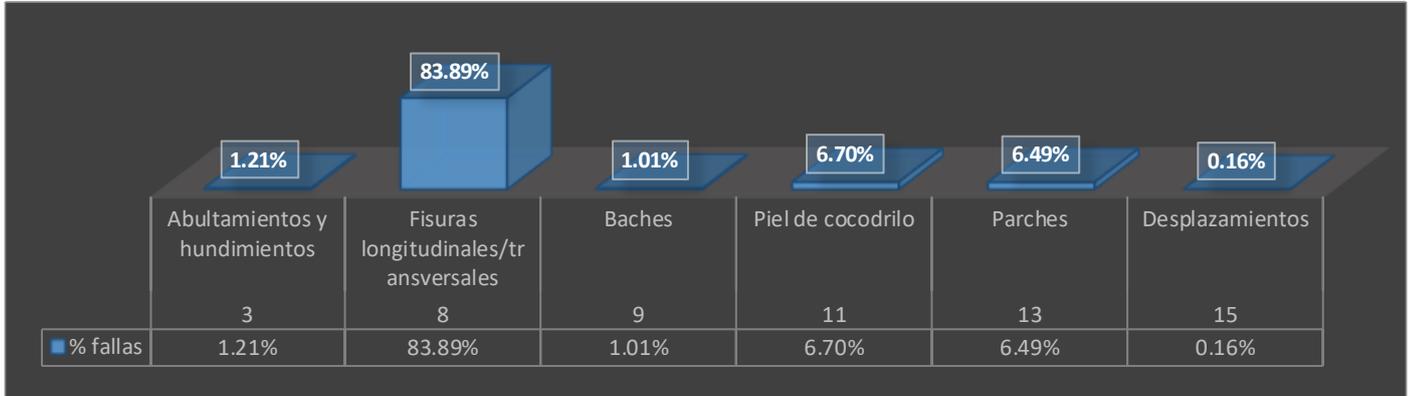


Figura 59: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 3.

Se tiene que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 83.89%, la falla de piel de cocodrilo con un 6.70%, seguidamente la falla de parches con un 6.49%, la falla de abultamientos y hundimientos con un 1.21%, baches con un 1.01% y la falla de desplazamientos con un 0.16%.

En el Tramo adicional 4 se presentan hundimientos, fisuras, piel de cocodrilo, fallas que de acuerdo a su nivel de exhibición se muestran a continuación en la Figura 60:

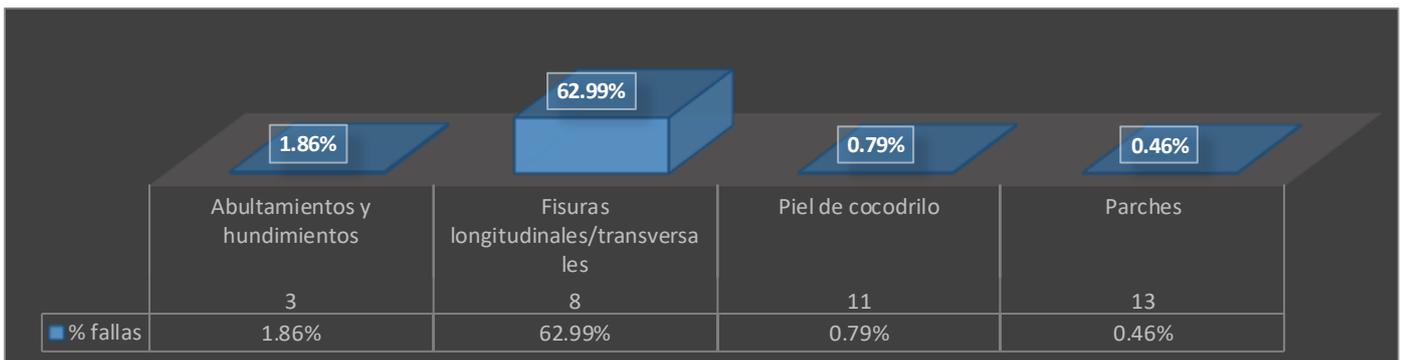


Figura 60: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 4.

De la Figura 60 se aprecia que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 62.99%, la falla de abultamientos y hundimientos con un 1.86%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 0.79% y parches con un 0.46%.

En el Tramo adicional 5 se observó fisuras, piel de cocodrilo y hundimientos, fallas que se muestran a continuación en la Figura 61 de acuerdo a su porcentaje de exhibición:

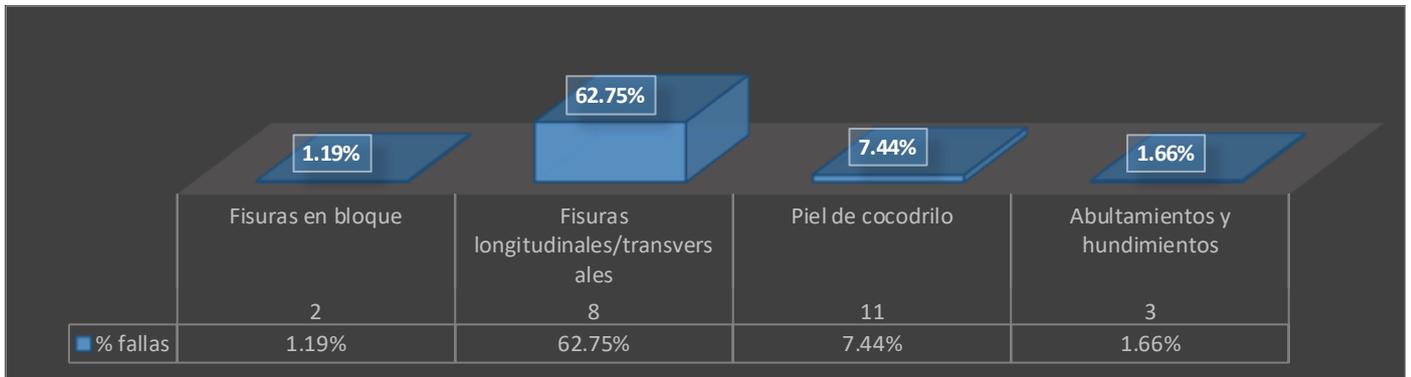


Figura 61: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 5.

A partir de la Figura 61 se establece que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 62.75%, la falla de piel de cocodrilo con un 7.44%, abultamientos y hundimientos con un 1.66% y fisuras en bloque con un 1.19%.

En el Tramo adicional 6 de análisis, se encontró piel de cocodrilo, hundimientos, parches y fisuras, fallas que de acuerdo a su nivel de exposición se muestran a continuación en la Figura 62:



Figura 62: Porcentaje de fallas existentes en el tramo adicional 6.

En la Figura 62 se comprueba que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 80.69%, la falla de fisura por desplazamiento (parabólicas) con un 6.24%, abultamientos y hundimientos con un 6.11%, seguidamente la falla de piel de cocodrilo con un 5.19% y parches con un 1.38%.

En el Tramo adicional 7 se apreció en su mayoría fisuras longitudinales, transversales, seguido también de piel de cocodrilo y peladura por intemperismo, fallas que se muestran a continuación en la Figura 63 de acuerdo a su nivel de exposición:

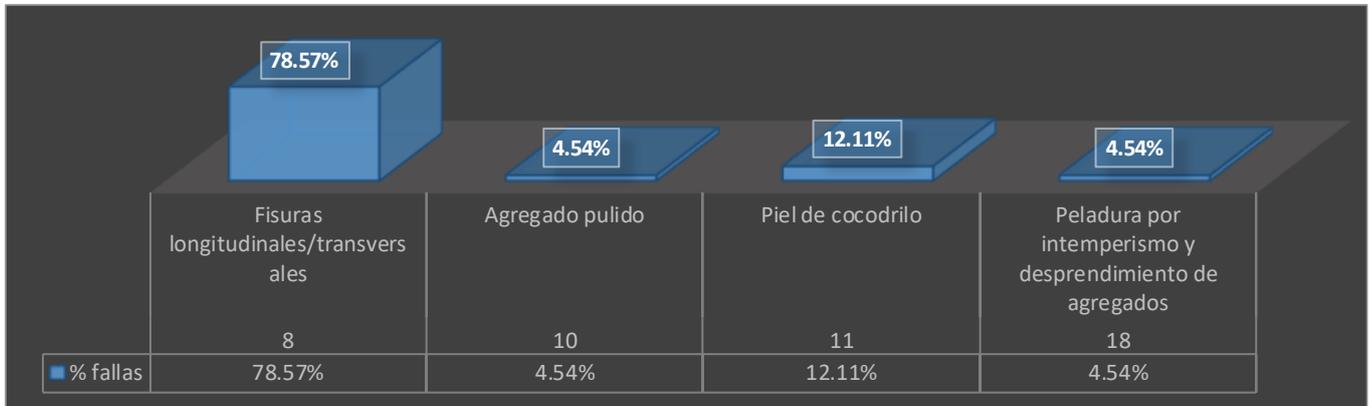


Figura 63: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 7.

Se determina que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 78.57%, la falla de piel de cocodrilo con un 12.11%, seguidamente la falla de agregado pulido y peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, ambas con un 4.54%.

En el Tramo adicional 8 se observó piel de cocodrilo, desplazamientos, fisuras en bloque y fisuras longitudinales y transversales, fallas que de acuerdo a su nivel de exposición se muestran a continuación en la Figura 64:

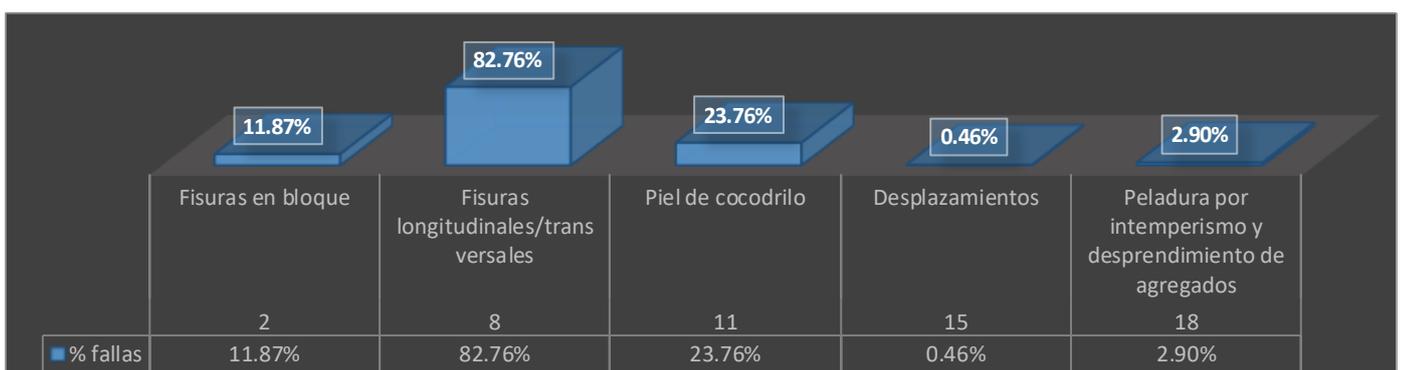


Figura 64: Porcentaje de fallas existentes en el tramo adicional 8.

Se aprecia que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 82.76%, la falla de piel de cocodrilo con un 23.76%, seguidamente la falla de fisuras en bloque con un 11.87%, la falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados con un 2.90% y la falla de desplazamientos con un 0.46%.

En el Tramo adicional 9 se pudo constatar la existencia de fisuras longitudinales, transversales, piel de cocodrilo, peladura por intemperismo además de desplazamientos, estas fallas de acuerdo a su nivel de exposición se muestran a continuación en la Figura 65:



Figura 65: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 9.

De la Figura 65 se establece que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 81.09%, la falla de piel de cocodrilo con un 8.68%, seguidamente la falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados con un 3.37% y desplazamientos con un 0.21%.

En el Tramo adicional 10 se presentaron varias fallas como piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, parches y fisuras en bloque; mismas que de acuerdo a su exposición en el pavimento, se muestran a continuación en la Figura 66:

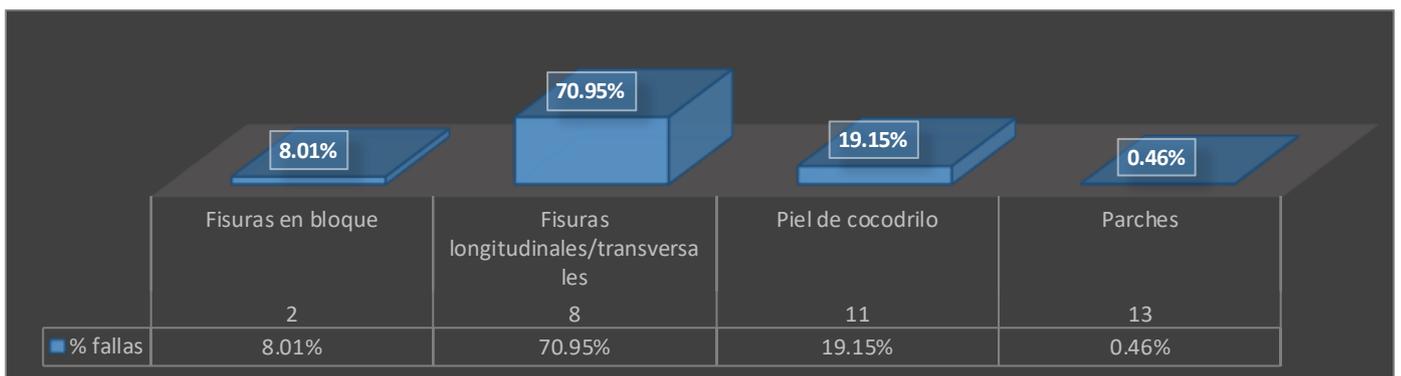


Figura 66: Porcentaje de fallas existentes en el Tramo adicional 10.

Se tiene que la falla de fisuras longitudinales – transversales predomina con el 70.95%, la falla de piel de cocodrilo con un 19.15%, seguidamente la falla de fisuras en bloque con un 8.01% y parches con un 0.46%.



3.3.5. Índice de condición del pavimento de cada muestra adicional evaluada

En la Tabla 25, de manera similar que, para los tramos analizados, se presenta la calificación y clasificación del PCI de cada uno de los tramos adicionales evaluados:

Tabla 25: Resumen de resultados del PCI de tramos adicionales analizados.

Tramo	Abscisa		PCI	Simbol.	
	Inicial	Final			
Tramo Ad. 1	0+162	0+197	47	REGULAR	
Tramo Ad. 2	5+438	5+474	24	MUY MALO	
Tramo Ad. 3	3+950	3+985	11	MUY MALO	
Tramo Ad. 4	4+596	4+632	36	MALO	
Tramo Ad. 5	4+833	4+869	25	MUY MALO	
Tramo Ad. 6	4+869	4+905	6	FALLADO	
Tramo Ad. 7	5+042	5+077	34	MALO	
Tramo Ad. 8	5+773	5+809	25	MUY MALO	
Tramo Ad. 9	6+025	6+061	28	MALO	
Tramo Ad. 10	6+499	6+535	30	MALO	
PCI Promedio de Tramos Adicionales analizados =			26	MALO	
PCI _A					

Como se observa en la tabla anterior, el PCI promedio de los tramos adicionales analizados resulta ser de 26, valor que representa la salud particular de los tramos más afectados de la vía, calificado como MALO.

A continuación, en la Figura 67 se presenta la vía en estudio y su clasificación de acuerdo al PCI en cada uno de los tramos evaluados, incluyendo los tramos adicionales.

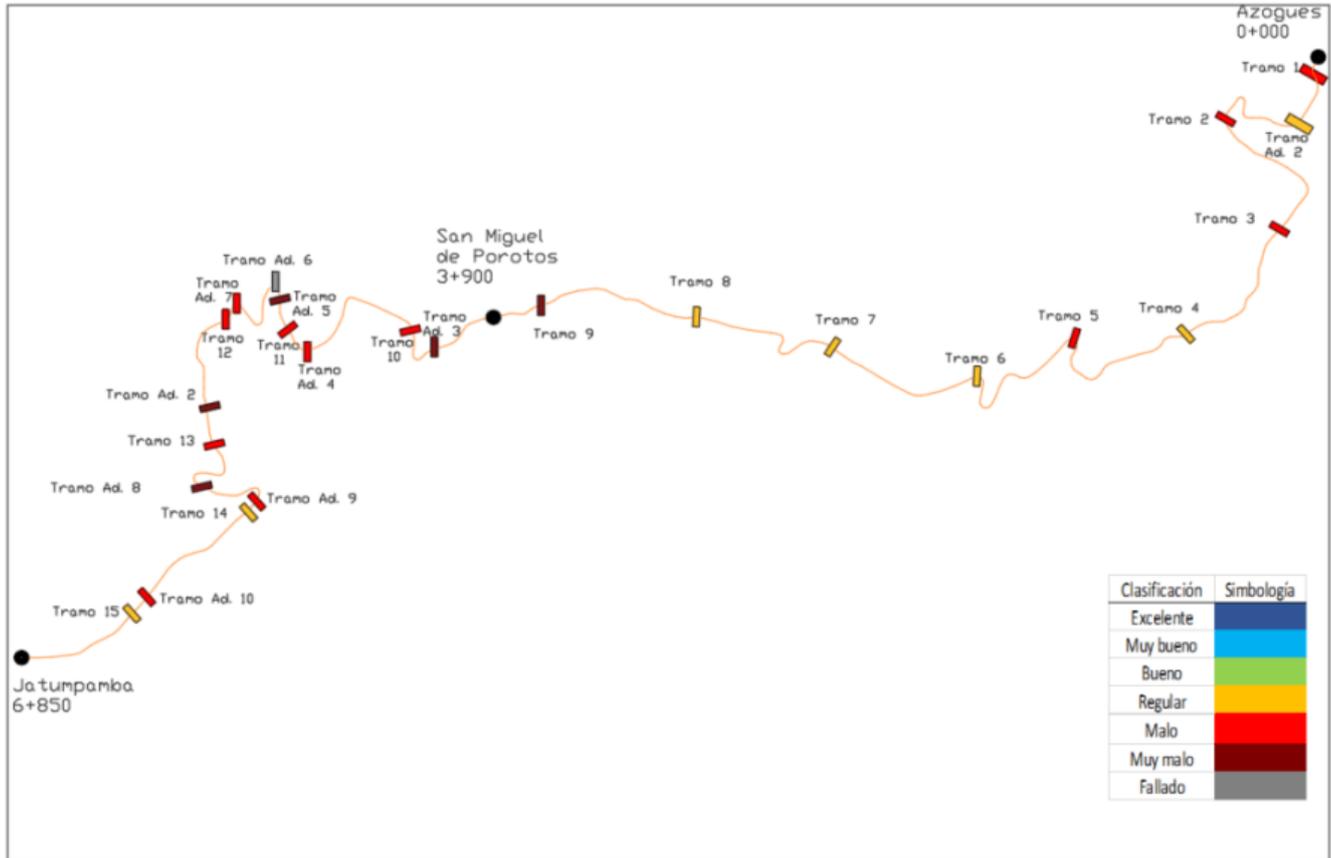


Figura 67: Vía en estudio junto con tramos evaluados.

En la Figura 67 se muestran los tramos evaluados, incluyendo los adicionales, además se presentan cada uno con los colores simbólicos que representan la clasificación del PCI de los tramos estudiados en la vía.

3.4. Tráfico vehicular actual

Para conocer la demanda actual del tráfico presente en la vía, se realiza un conteo vehicular, mediante una cámara filmadora, misma que graba de lunes a lunes, las 24 horas de cada día, luego se procesan los datos de las grabaciones, teniendo como resultado el tráfico que circula por la vía en el periodo de una semana completa

La cámara filmadora fue colocada en la abscisa 0+400, debido a la facilidad de colocación y para que se enfoque correctamente a los carros de subida y bajada, se colocó en este sitio ya que es un punto de una curva geométrica horizontal muy cerrada y por esto los vehículos tanto de subida como de bajada reducen la velocidad en este punto, razón por la que el conteo es un poco más rápido, luego se procesan los datos para realizar el análisis



de tráfico. El procesamiento del conteo volumétrico se realiza de acuerdo al formato adjunto en el Anexo 8.

El conteo volumétrico se ha realizado desde el día sábado 05 hasta el viernes 11 de diciembre del 2020, con la finalidad de conocer la demanda de tráfico durante todos estos días y las 24 horas de cada día. El conteo es clasificado por tipo de vehículos, de acuerdo a la bibliografía revisada. En el Anexo 9, se adjuntan los resultados del conteo vehicular realizado y las tablas con los resúmenes de cada día del conteo.

A continuación, en la Tabla 26, se presentan los resultados del cálculo del TPD observado en la vía, objeto del presente trabajo de titulación.

Tabla 26: Cálculo del TPD en la vía de estudio

Sentido de Tráfico	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba										Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues											
	Livianos		Pesados								TOTAL	Livianos		Pesados								TOTAL
	Bicicletas y Motos	Autos y Busetas	Buses	Camiones	Camiones	Volquetes	Volquetes	Camiones	Camiones	Bicicletas y Motos		Autos y Busetas	Buses	Camiones	Camiones	Volquetes	Volquetes	Camiones	Camiones			
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2	2S2	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2	2S2				
sábado, 5 de diciembre de 2020	5	34	1	1	1	1	0	0	0	43	5	33	1	1	1	1	0	0	0	42		
domingo, 6 de diciembre de 2020	4	27	1	1	1	0	0	0	0	34	5	27	1	1	1	0	0	0	0	35		
lunes, 7 de diciembre de 2020	4	27	1	1	1	1	1	0	0	36	4	26	1	1	1	1	0	0	0	35		
martes, 8 de diciembre de 2020	4	29	1	2	1	2	1	1	0	41	4	28	1	2	1	2	1	0	0	39		
miércoles, 9 de diciembre de 2020	4	28	1	2	1	2	1	1	0	40	3	27	1	2	1	2	1	0	0	37		
jueves, 10 de diciembre de 2020	4	29	1	1	1	2	1	1	0	40	4	28	1	1	1	2	1	1	0	39		
viernes, 11 de diciembre de 2020	4	29	1	1	1	3	1	0	1	41	4	28	1	1	1	3	1	0	1	40		
Flujo máximo	5	34	1	2	1	3	1	1	1	49	5	33	1	2	1	3	1	1	1	48		
TPD (Observado)	120	816	24	48	24	72	24	24	24	1176	120	792	24	48	24	72	24	24	24	1152		
TPD (Observado 2 sentidos)	240	1608	48	96	48	120	48	48	48	2304												

En base a lo obtenido en las tablas del Anexo 9, se aprecia que la vía en estudio presenta un tráfico liviano muy importante, valor que representa alrededor del 95% para un fin de semana y un 88% para un día entre semana. Para vehículos pesados, el mayor tráfico se presenta de lunes a viernes, el número de unidades de buses que circulan, mantiene su flujo durante todos los días de la semana.



3.4.1. Factores de proyección del TPDA

Para poder determinar el TPDA de la vía en estudio, partiendo del TPD observado, obtenido del conteo volumétrico, se deben determinar los siguientes factores:

- Factor horario (FH): como el conteo vehicular del presente trabajo se realizó las 24 horas de 7 días, el factor de ajuste es igual a la unidad (FH=1).
- Factor diario (FD): como se parte de un conteo vehicular semanal, no se requiere obtener este factor, siendo FD=1.
- Factor semanal (FS): sirve para unificar el tráfico en una semana promedio del mes, se obtiene considerando las semanas del mes en el que se efectuó el conteo vehicular (diciembre-2020), presentado a continuación en la Tabla 27:

Tabla 27: Factor semanal (Montejo Fonseca, 2006).

Mes	# días	# semanas	Factor semanal (FS)
Enero	31	4.43	1.107
Febrero	29	4.14	1.036
Marzo	31	4.43	1.107
Abril	30	4.29	1.071
Mayo	31	4.43	1.107
Junio	30	4.29	1.071
Julio	31	4.43	1.107
Agosto	31	4.43	1.107
Septiembre	30	4.29	1.071
Octubre	31	4.43	1.107
Noviembre	30	4.29	1.071
Diciembre	31	4.43	1.107
Total	366	52.29	

El factor semanal (FS) que se utiliza para el estudio es de 1.107.

- Factor mensual (FM): sirve para encontrar el tráfico promedio mensual de un año y se calcula dividiendo el promedio del consumo de combustibles del año más reciente para el consumo de combustibles del mes en el que se realizó el conteo, de acuerdo a los datos obtenidos desde la oficina de Petroecuador (Cuenca, Azuay) referentes a la provincia del Cañar y del año 2019, como se muestra en la Tabla 28:



Tabla 28: Factor mensual (PETROECUADOR, 2019).

Mes	Extra	Súper	Diésel	Tot.	Factor mensual (FM)
Ene.	1307867	100995	1598143	3007005	1.135
Febr.	1223160	99537	1587059	2909756	1.173
Mar.	1355819	113480	1609964	3079263	1.108
Abr.	1304260	120615	1711447	3136322	1.088
May.	1358495	103514	1762908	3224917	1.058
Jun.	1276203	98714	1872314	3247231	1.051
Jul.	1369946	100504	2290978	3761428	0.907
Ago.	1456115	120393	2511619	4088127	0.835
Sept.	1303654	103480	2236569	3643703	0.936
Oct.	1246968	88587	2169716	3505271	0.973
Nov.	1295945	100507	2170055	3566507	0.957
Dic.	1434551	108461	2231972	3774984	0.904
Promedio	1327749	104899	1979395	3412043	

El factor mensual (FM) que se utiliza para el estudio es de 0.904.

3.4.2. Determinación de parámetros de diseño

- Tránsito promedio diario anual (TPDA): de acuerdo a los resultados obtenidos, se calcula así:

$$TPDA = TPD * Fe \quad (32)$$

Donde:

TPDA = tráfico promedio diario anual.

TPD = tráfico promedio diario.

Fe = factor de expansión.

De acuerdo a la expresión anterior, Fe representa el factor de expansión, mismo que se obtiene realizando la multiplicación de los factores: FH, FD, FS, FM. El tráfico observado obtenido del conteo vehicular se establece como TPD.

A continuación, se muestra el cálculo en la Tabla 29:



Tabla 29: Cálculo del tránsito promedio diario anual.

Factores de tráfico		VEHÍCULO		TPD (OBS.)	TPDA		
FH	1.000	Bicicletas y Motos	-	240	240		
FD	1.000	Autos y Busetas	2D	1608	1609		
FS	1.107	Buses	B2	48	48		
FM	0.904	Camiones	2DA	96	96		
Fe	1.001	Camiones	2DB	48	48		
		Camiones	2S2	48	48		
		Camiones	3S2	48	48		
		Volquetas	V2DB	120	120		
		Volquetas	V3A	48	48		
		TPDA				2065	

- Período de diseño: en concordancia con lo recomendado por la AASHTO, se utiliza un período de diseño igual a 20 años.
- Proyección de tráfico: se calcula mediante el factor de proyección, valor que depende de la tasa de crecimiento anual del tráfico. Debido a que en la vía en estudio no posee datos históricos del tráfico, se utiliza la tasa de crecimiento poblacional correspondiente al cantón Azogues, para ello se obtiene la información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020) referente a las proyecciones poblaciones del cantón Azogues, desde el año 2010 hasta el año actual 2020. A continuación, la Tabla 30 muestra el cálculo del factor de proyección realizado con funciones de excel para una estimación exponencial:

Tabla 30: Cálculo de tasa de crecimiento.

Año	Población
2010	73407
2011	74698
2012	76003
2013	77310
2014	78615
2015	79917
2016	81212
2017	82497
2018	83770
2019	85030
2020	86276
a	1.016
r	1.63%

Se utiliza una tasa de crecimiento poblacional ya que no existen datos históricos



de la vía en estudio para poder obtener las tasas de crecimiento de livianos, buses y camiones reales; no se utiliza tampoco las proyecciones del MTOP porque las vías que tienen las proyecciones no son similares a la del presente estudio.

- Factor de distribución por dirección (F_D): debido a que la vía en estudio cuenta de dos carriles, uno en cada dirección, y en concordancia con lo sugerido por la siguiente tabla de la AASHTO, se procede con el cálculo del factor de distribución por carril ($F_D=50\%$), de acuerdo a la Tabla 3, presentada anteriormente.
- Factor de distribución por carril: de acuerdo a la geometría de la vía y lo sugerido por la AASHTO, se determina el factor de distribución por carril ($FL=100\%$), de acuerdo a la Tabla 4 presentada anteriormente.
- Factor camión (FC): se calcula a continuación, en la Tabla 31, para cada tipo de vehículo de acuerdo al conteo realizado, utilizando las ecuaciones (2), (3) y (4), además de las consideraciones explicadas en capítulos anteriores, con un valor de $SN= 4.5831$ y $P_t= 2.5$.

Luego, en la Tabla 32 se muestra el cálculo del tránsito de diseño.

Tabla 31: Factor camión.

Vehículo	Lx	L2x	Lx	L2x	Lx	L2x	Lx	L2x	G	βx	β18	Wx/W18	Fe1	G	βx	β18	Wx/W18	Fe2	G	βx	β18	Wx/W18	Fe3	G	βx	β18	Wx/W18	Fe4	FC	
Autos y Busetas	2D	2.310	1.000	2.662	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.401	0.545	3176.803	0.000	-0.201	0.401	0.545	1958.863	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Buses	B2	15.400	1.000	24.200	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.762	0.545	0.329	3.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.583
Camiones	2DA	6.600	1.000	15.400	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.408	0.545	60.466	0.017	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.560
Camiones	2DB	15.400	1.000	24.200	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.762	0.545	0.329	3.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.583
Camiones	2S2	15.400	1.000	24.200	1.000	44.000	2.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.762	0.545	0.329	3.039	-0.201	0.670	0.545	0.341	2.935	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.518
Camiones	3S2	15.400	1.000	44.000	2.000	44.000	2.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.670	0.545	0.341	2.935	-0.201	0.670	0.545	0.341	2.935	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.414
Volquetas	V2DB	15.400	1.000	24.200	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.762	0.545	0.329	3.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.583
Volquetas	V3A	15.400	1.000	44.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.201	0.490	0.545	1.840	0.543	-0.201	0.670	0.545	0.341	2.935	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.479

En la Tabla 31 se aprecia el cálculo del factor camión, con un valor de SN= 4.5831 y Pt= 2.5.

Tabla 32: Tráfico de diseño.

Vehículo	FC	# vehículos	F. Proyección	
			(20 años)	(10 años)
Autos y Busetas	2D	1609	23.616	10.855
Buses	B2	48	23.616	10.855
Camiones	2DA	96	23.616	10.855
Camiones	2DB	48	23.616	10.855
Camiones	2S2	48	23.616	10.855
Camiones	3S2	48	23.616	10.855
Volquetas	V2DB	120	23.616	10.855
Volquetas	V3A	48	23.616	10.855
Total		2065	6972526	3204783

En la Tabla 32 se presenta el cálculo del tráfico de diseño para 10 y 20 años, producto como resultado del análisis del tráfico actual que circula por la vía de estudio y de los resultados obtenidos del factor camión y del factor de proyección.



4. DISEÑO DE PAVIMENTOS

A continuación, se indica y desarrolla el procedimiento para el diseño del pavimento de la vía en estudio, cuya metodología se describió en capítulos anteriores, con la finalidad de obtener la estructura vial adecuada en base a los resultados del análisis del conteo vehicular y de la evaluación del PCI.

4.1. Parámetros de diseño

Se determinan a continuación, los diferentes parámetros que se requieren para el diseño:

- Tráfico: se utiliza el tráfico calculado en la Tabla 32.
- Nivel de confiabilidad: de acuerdo a la Tabla 5 sugerida por la AASHTO y en concordancia con la clasificación de la vía en estudio: vía urbana – principal (GADPRSM, 2015), se establece un nivel de confiabilidad del 90% para el estudio, obteniéndose entonces un valor Z_R de -1.282.
- Error de desviación estándar: de acuerdo a lo sugerido por la AASHTO se adopta un valor igual a 0.50, en concordancia con la Tabla 7.
- Pérdida de serviciabilidad: considerando un índice de serviciabilidad inicial (P_o) de 4.2 y un índice de serviciabilidad final (P_t) de 2.5, aplicando la ecuación (7), se obtiene entonces un $\Delta PSI = 1.7$.
- El módulo resiliente efectivo correspondiente a la subrasante: es obtenido en base al informe del ensayo realizado de CBR, utilizando la ecuación (8), con un valor de $CBR = 5.4\%$, y cuyos detalles se encuentran adjuntos en el Anexo 10. Los valores del CBR para la base y subbase se adoptan de lo sugerido y especificado en la NEVI (30% para subbase y 80% para base). El módulo resiliente para la base y subbase se obtienen a través de los ábacos de los coeficientes de capa, como se muestra posteriormente, en la Tabla 33 se presentan los módulos obtenidos:

Tabla 33: Módulo resiliente de las capas de la estructura del pavimento.

Capa	CBR	Módulo de resiliencia Mr (psi)
Subrasante	5.4%	8100
Base	80%	28000
Subbase	30%	14900

- Coeficiente de drenaje: de acuerdo a la Tabla 8 y Tabla 9, presentadas en capítulos anteriores y de acuerdo a las condiciones de drenaje del área de estudio (INAMHI, 2020) adjuntado en el Anexo 11, se establece una calidad de drenaje aceptable y un tiempo porcentual de exhibición del paquete estructural de la vía a niveles de humedad cercanos a la saturación mayores al 25%, por lo tanto, $m_2 = m_3 = 0.80$.
- Coeficientes estructurales de capa: utilizando los respectivos ábacos adjuntos en anexos y mostrados a continuación, se calculan los coeficientes de capa para la estructura del pavimento, así:

En la Figura 68 se obtiene el coeficiente de capa a_1 igual a 0.42, correspondiente a la capa de concreto asfáltico:

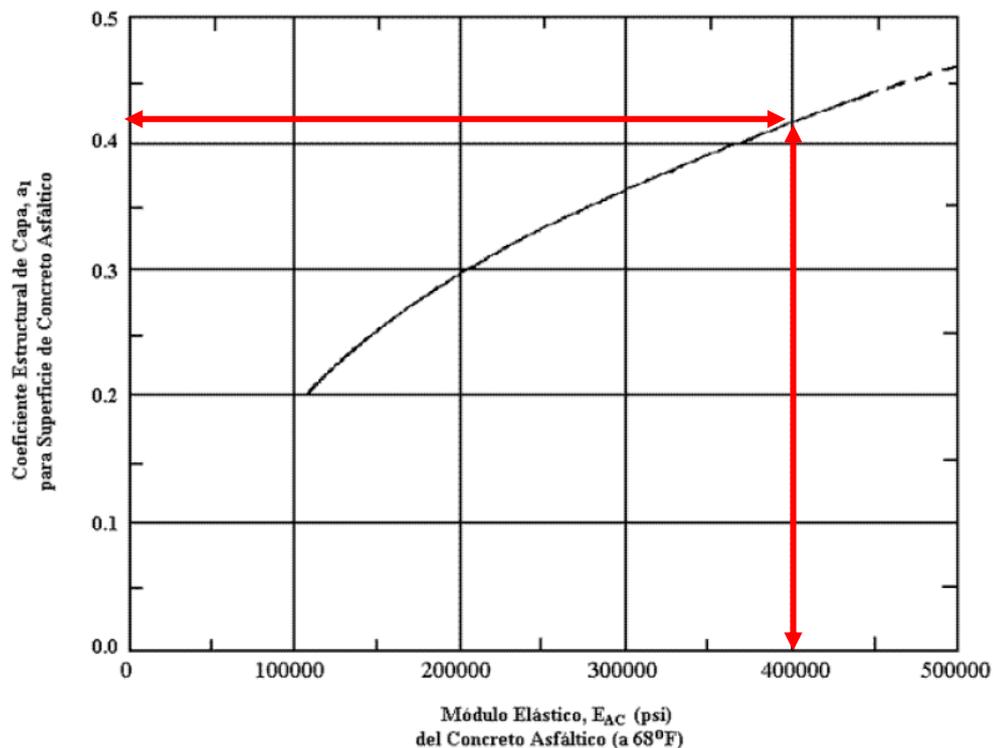
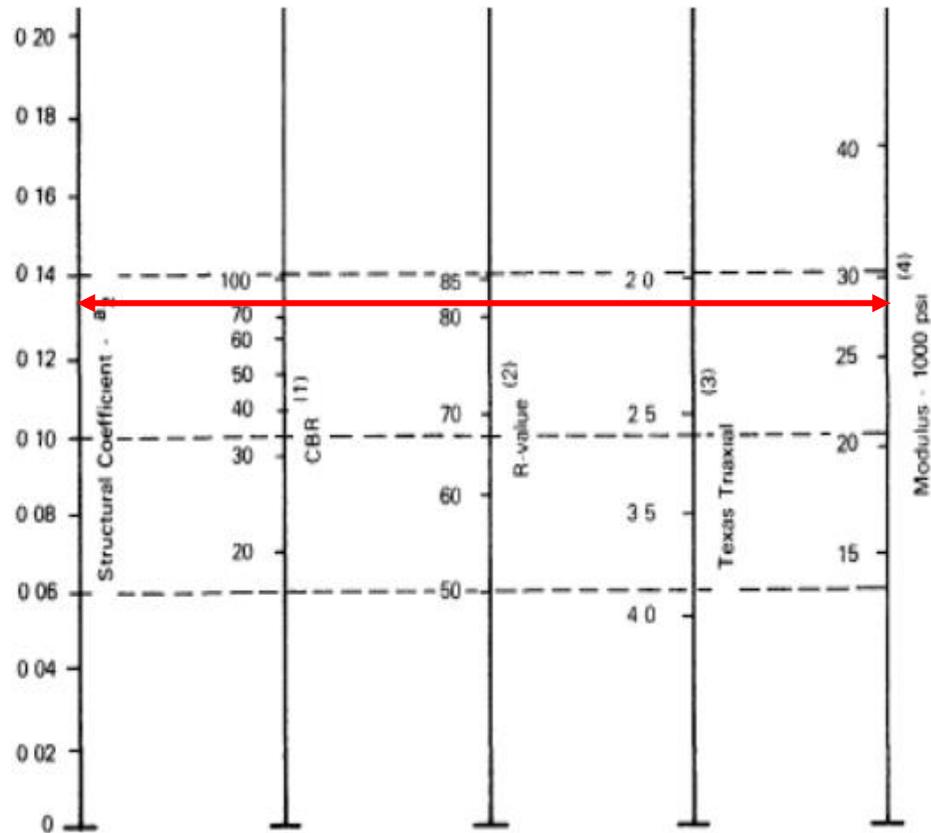


Figura 68: Coeficiente estructural de capa a_1 .

A continuación, en la Figura 69 se presenta el cálculo del coeficiente estructural a_2 igual a 0.135 y del módulo de la capa de base igual a 28000 psi:

Figura 69: Coeficiente estructural de capa a_2 .

En la Figura 70 se procede con la determinación del coeficiente estructural a_3 igual a 0.11 y el módulo de la capa de subbase igual a 14900 psi:

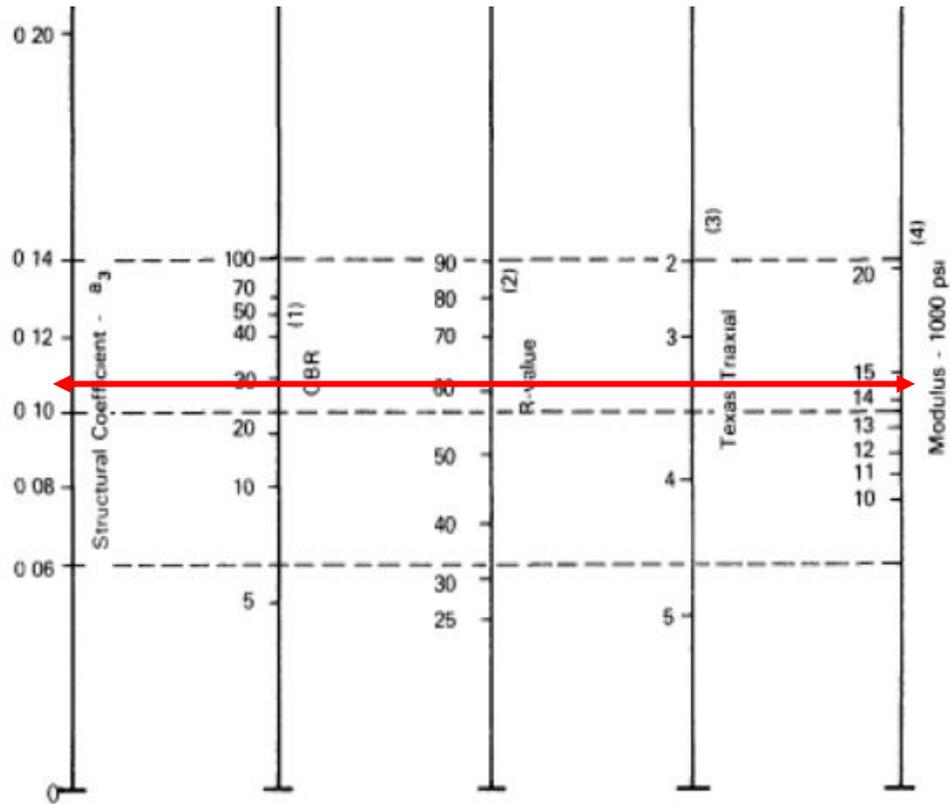


Figura 70: Coeficiente estructural a_3 .

En la Tabla 34 se muestra un resumen con los coeficientes estructurales de cada capa calculados.

Tabla 34: Coeficientes estructurales de capa para el pavimento de la vía en estudio.

Coeficiente estructural	
a_1	0.420 - C. Rodadura
a_2	0.135 - Base
a_3	0.110 - Subbase

- Número estructural y espesores de capa: con la ecuación (6), detallada en capítulos anteriores, mediante la función solver de excel, se procede a calcular el número estructural para cada capa del pavimento, como se muestra a continuación en la Tabla 36, partiendo de los datos presentados en la Tabla 35.



Tabla 35: Datos para obtención de número estructural y espesores de capa.

Datos	
Nivel confiabilidad para toda estructura:	90.00%
So:	0.45
Índice de servicio inicial Po:	4.2
Índice de servicio final Pt:	2.5
Zr:	-1.28
n (años):	20.00
W18 (N)=	6.97E+06

En la Tabla 36 se presenta el cálculo del número estructural para cada capa:

Tabla 36: Número estructural de cada capa.

Subrasante	Subbase	Base
SN3	SN2	SN1
4.5831	3.6772	2.8897

De acuerdo a las ecuaciones (12) a (16), explicadas en capítulos anteriores y teniendo en cuenta los espesores mínimos, se procede a determinar los espesores de capa, presentados en la Tabla 37:

Tabla 37: Cálculo de espesores de capa.

Capa	SN	D		D* (asum.)		SN* (recalc.)
		(in)	(cm)	(in)	(cm)	
Carpeta asfáltica (1)		6.88	17.5	6.89	17.5	
Base (2)	2.89	7.25	18.4	9.84	25.0	2.89
Subbase (3)	3.68	7.12	18.1	7.68	19.5	3.96
Subrasante	4.58					4.63

A continuación, en la Tabla 38 se presenta la estructura del pavimento obtenida:

Tabla 38: Estructura obtenida del pavimento.

Capa	Espesor
Rodadura	18.0 cm
Base	25.0 cm
Subbase	20.0 cm

4.2. Diseño por etapas y rehabilitaciones

Para la vía en estudio, se considera un periodo de diseño total incluyendo dos rehabilitaciones, las cuales consisten en la colocación de capas que refuercen el pavimento flexible, la primera de inmediato y la segunda a los 10 años. Para calcular el



espesor de refuerzo de la capa que se colocará, se realiza por medio de criterios de la vida remanente y métodos no destructivos.

A continuación, se muestran los datos para la obtención del número estructural de la capa de subrasante, luego se procede a determinar el tráfico de diseño para cada etapa de las rehabilitaciones planteadas, en la Tabla 39 se observan los datos para el cálculo del número estructural explicado.

Tabla 39: Datos para cálculo de SN_3 (subrasante).

Datos	
Nivel confiabilidad para toda estructura:	90.00%
So:	0.5
Índice de servicio inicial P_o :	4.2
Índice de servicio final P_t :	2.5
Índice de servicio final P_t , a la falla:	1.5
Zr:	-1.28
n (años):	10.00
W18 (N)=	3.20E+06
SN_3 (Subrasante)	4.16

Con el valor del número estructural obtenido, se calculan los nuevos factores camiones para cada tipo de vehículo que forma parte del TPDA, luego se calcula el tráfico de diseño para cada etapa (10 y 20 años).

Luego se procede a calcular el número de ejes simples equivalentes (ESAL) hasta la fecha de la rehabilitación (N_p) y el número de ejes simples equivalentes (ESAL) que permitirán que falle la estructura vial ($N_{1.5}$), recalando que N_p para 20 años se obtiene restando el tráfico de diseño para 20 y 10 años. En la Tabla 40 se observa el cálculo de lo explicado, además se presenta el número estructural recalculado correspondiente a cada rehabilitación:



Tabla 40: Tráfico de diseño para cada etapa, SN recalculado.

Tráfico de diseño		Valor
W_{18}	10 años	3.20E+06
W_{18}	20 años	6.97E+06
Rehabilitación 10 años		
Número estructural	SN	4.16
Número ESALS actual	N_p	3.20E+06
Número ESALS a la falla	$N_{1.5}$	6.77E+06
Rehabilitación 20 años		
Número estructural	SN	4.27
Número ESALS actual	N_p	3.77E+06
Número ESALS a la falla	$N_{1.5}$	8.18E+06

A partir de la ecuación (23), y de acuerdo al espesor de la estructura de la vía en estudio, tomada de acuerdo a la calicata realizada, en la Tabla 41 se presenta el cálculo del número estructural efectivo, correspondiente al pavimento flexible existente:

Tabla 41: Cálculo del número estructural efectivo del pavimento existente

Descripción		Espesor	
		(in)	(cm)
Pavimento actual espesor (capas sobre subrasante)	h	10.7	27.08
Número estructural efectivo del pavimento actual	SN_{eff}	3.535	

A continuación, en la Tabla 42, se presenta el cálculo del porcentaje de vida remanente del pavimento existente, el número estructural efectivo que se necesita para el refuerzo que se colocará en el pavimento, el factor de condición, y, se finaliza con la obtención del espesor que requiere la capa de refuerzo, de acuerdo a cada período de rehabilitación.

Tabla 42: Espesor de capa de refuerzo

AÑO	SN	NP	NP1.5	RL (%)	CF	SN _{eff}	SNOL	Espesor				Comprob.
								Pulg.	cm	Asum. (cm)	Asum. (in)	
Actual						3.535						
10 años	4.164	3.20E+06	6.77E+06	52.65%	0.900	3.746	0.629	1.50	3.80	4	2.00	OK
20 años	4.269	3.77E+06	8.18E+06	53.93%	0.903	3.856	0.524	1.25	3.17	4	2.00	OK

De lo anterior, se observa que se requiere colocar dos capas de refuerzo, a los 10 años con un espesor de 2.00 pulgadas y luego de 20 años una capa de 2.00 pulgadas; espesores que serán los suficientes para poder resistir las cargas repetitivas del tráfico futuro en la vía.



5. CONSERVACIÓN VIAL

En este capítulo se realiza una descripción de las actividades encaminadas al mantenimiento y rehabilitación de la vía en estudio, presentando las alternativas de rehabilitación para posteriormente (en el siguiente capítulo) proceder con el análisis de costos de las alternativas de rehabilitación.

El trabajo realizado de la evaluación de la vía que conduce desde Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba, se lo desarrolla para obtener los parámetros que permitan identificar las fallas existentes, y con esto, proponer alternativas para su mantenimiento y rehabilitación.

En los últimos años, se ha dado un mantenimiento deficiente de la vía, es decir, se ha intervenido únicamente en lugares específicos, esto debido a la gran limitación económica que tienen las entidades públicas encargadas de la conservación de la vía.

La finalidad de este capítulo es proponer diferentes alternativas para la rehabilitación de la vía, permitiendo en un futuro replicar el proceso descrito en este trabajo, para obtener y administrar un sistema de gestión de pavimentos que permita mantener la red vial (vías de similares características) en buenas condiciones.

La condición general de la estructura del pavimento a lo largo de la vía es Regular y tramos muy particulares que tienen una condición Mala, con zonas en donde existe un gran deterioro. La estructura de la vía presenta fallas como baches, ahuellamiento, piel de cocodrilo, fisuras, entre las más notorias.

En base a los resultados obtenidos de la evaluación vial, a continuación, se describen diferentes actividades de mantenimiento y rehabilitación vial, que deberían ser tomadas en cuenta para mejorar y mantener un buen estado de la vía en estudio.

5.1. Actividades de mantenimiento vial

A continuación, se presentan actividades correspondientes a los diferentes tipos de mantenimiento para ser tomados en cuenta y de ser posibles aplicarlos en la vía de estudio, en base a referencias bibliográficas como: (Jugo B., 1993; MOP, 2002; NEVI-12-MTOP, 2013b; Secretaria de comunicaciones y transportes de México, 2014; Universidad Javeriana, 2002).



5.1.1. Mantenimiento Preventivo

Entre las actividades que se deben aplicar con respecto al mantenimiento preventivo se tienen:

5.1.1.1. Limpieza de escombros y vegetación

Esta actividad consiste en realizar la limpieza de objetos que produzcan la obstrucción vehicular y/o peatonal, mismos que pueden estar presentes a lo largo de la vía. Además, esta actividad contempla realizar el corte de la vegetación que se encuentre próxima a la vía (Jugo B., 1993).

La limpieza de escombros es fundamental, sobre todo para precautelar la integridad y funcionalidad de las obras de drenaje que posee la vía, ya que, al arrastrar diferentes objetos hacia el sistema de drenaje, pueden ocasionar fallos en su función y ocasionar problemas en la estructura del pavimento.

Se debe realizar la tala o corte de vegetación próxima a las diferentes señales de tránsito que posee la vía, ya que, al tener una obstrucción visual de éstas, se pueden provocar diferentes accidentes de tránsito.

5.1.1.2. Limpieza de obras de drenaje

Esta actividad contempla la remoción de sedimentos que se encuentran depositados en el sistema de drenaje, con la finalidad de permitir la evacuación correcta del agua (Jugo B., 1993; Secretaria de comunicaciones y transportes de México, 2014).

Las diferentes obras de drenaje que deben ser objeto de esta actividad son entre otras, cunetas de coronación, alcantarillas y las cunetas laterales de la vía.

Previo a la ejecución de esta actividad se deben establecer los sitios correctos hacia donde se desaloja el material producto de la limpieza de las obras de drenaje, previniendo afecciones ambientales o daños a cauces existentes.

En la Figura 71 (km 0+223), Figura 72 (km 0+440) y Figura 73 (km 6+820) se aprecian ejemplos de algunos sitios de la vía en estudio, que requieren la ejecución de las actividades mencionadas:



Figura 71: En la abscisa 0+223, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.

En la Figura 71 se puede constatar que ese sitio claramente requiere que se corte la vegetación excesiva que está presente en la vía.



Figura 72: En la abscisa 0+440, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.

En la Figura 72 se distingue claramente que en esa zona se debe realizar la limpieza de escombros que se ubican en las cunetas, lo que evitaría que el sistema de drenaje vial se vea afectado.



Figura 73: En la abscisa 6+820, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento preventivo.

En la Figura 73 se muestra también que ese sitio necesita una limpieza de escombros que se ubican en las cunetas, lo que evitaría que el sistema de drenaje vial se vea afectado.

5.1.2. Mantenimiento Periódico

A continuación, se presentan algunas actividades que deben ser tomadas en cuenta para aplicarlas en la vía, con la finalidad de que ofrezca las condiciones adecuadas para brindar el servicio a los usuarios.

5.1.2.1. Bacheo asfáltico superficial

Esta actividad básicamente consiste en reconstruir áreas localizadas que presenten agrietamientos, deformaciones, hundimientos y/o disgregación (Jugo B., 1993).

Previo a la ejecución de esta actividad se debe primero identificar las áreas donde se intervendrá, luego se realizará la señalización del sitio. Luego, se procede con el corte del pavimento, excediendo la superficie a reparar en unos 20 centímetros.

Se realiza el corte del pavimento a través de una sierra mecánica, luego se podrán utilizar barretas manuales para retirar el pavimento deteriorado, el corte será hasta que se alcance la capa asfáltica inferior y sea retirado el pavimento afectado.

Se debe realizar una limpieza cuidadosa del área cortada para eliminar partículas e impurezas que puedan evitar la adherencia de los materiales que se colocarán, suele limpiarse con aire a presión. Sobre el sitio de corte, se aplica un riego de liga y luego



sobre este, se coloca la mezcla asfáltica, generalmente de 2 a 4 centímetros. Luego de colocada la mezcla, se continúa con el proceso de compactación de la misma, que consiste en compactar la mezcla desde el exterior hacia su interior, obteniendo un nivel adecuado con la superficie próxima. Cabe recalcar que, en condiciones ambientales desfavorables, como la lluvia, no se colocará la mezcla asfáltica, además habrá que respetar el tiempo necesario luego de la aplicación del ligante para proceder con la colocación de la mezcla.

5.1.2.2. Bacheo asfáltico profundo

Esta actividad consiste en retirar y reemplazar la carpeta asfáltica, base o subrasante, con la finalidad de que la estructura del pavimento vuelva a tener su resistencia original. Los casos más comunes son en zonas donde existe una humedad alta, la falta de compactación o que los materiales empleados en la construcción hayan sido de mala calidad, entonces se deberá retirar el material hasta que se encuentre la base sólida y se proceda con la sustitución del material extraído (Jugo B., 1993).

Para la reposición del material retirado, se puede utilizar agregados pétreos de alta calidad como piedra picada, base granular o estabilizada, respetando siempre el valor del CBR mínimo aceptado por la normativa ecuatoriana vial; también se puede utilizar mezclas asfálticas en caliente, para lo cual deberá ser previamente colocada una capa de ligante asfáltico, con la finalidad de obtener una adecuada adherencia de la estructura existente con la nueva mezcla; otro material alternativo, es el proveniente del fresado de pavimentos.

Previo a la ejecución de esta actividad, se deberá identificar y sobre todo señalar el área que se va a intervenir. Luego se limitará el área a reparar, se realiza el corte de igual manera, que para la actividad de bacheo asfáltico superficial.

A través de un equipo mecánico (sierra) se realiza el corte hasta alcanzar el nivel requerido para retirar el material defectuoso, luego se procede a limpiar el área cortada para eliminar impurezas y partículas extrañas como el polvo. Si se retira la capa debajo de la base, ésta deberá ser reemplazada para proceder con la compactación adecuada en capas no mayores a 15 centímetros. El material de base deberá ser colocada y compactada análogamente, comprobando que su compactación alcance el 95% de la densidad máxima seca.



Luego de alcanzar el nivel adecuado, se realizará el riego de imprimación asfáltica, para posteriormente, colocar la mezcla asfáltica y proceder con la etapa de compactación de la misma. De igual manera, en casos de presentarse lluvia, no se realizará la colocación de alguna mezcla asfáltica.

5.1.2.3. Sello de grietas

Esta actividad consiste en realizar la limpieza de las grietas y luego proceder con su sellado, a través de productos asfálticos o materiales como la arena, los cuales tienen como objetivo prevenir el ingreso de agua y demás materiales hacia la estructura del pavimento, pudiendo ocasionarle daños considerables (Jugo B., 1993).

Los productos asfálticos utilizados para el sello de grietas deben poseer la característica de tener un asentamiento rápido, sin embargo, en ocasiones se suelen colocar productos asfálticos de alta viscosidad, mismos que brindan un sello únicamente superficial, ya que no ingresan en la grieta.

Otro material que suele usarse en el sello de las grietas es la arena natural o triturada, pero que pase el tamiz #4; la arena estará libre de partículas que puedan impedir que el asfalto se adhiera a la misma.

Previo a realizar el sello de las grietas, se debe primeramente identificar las grietas que se intervendrán, luego se procede con la limpieza de estas, con el equipo adecuado y no únicamente la grieta sino la superficie alrededor de ella.

Se continúa con el sellado de las grietas a través de recipientes que permitan verter el material sellante (previo calentamiento) sobre la grieta. Como siguiente paso se coloca arena para cubrir el asfalto vertido sobre la grieta y evitar que se produzca la pérdida del mismo. Finalmente, se procede a limpiar el área intervenida.

En la Figura 74 (km 0+365), Figura 75 (km 3+290) y Figura 76 (km 5+550) se presentan ejemplos de algunos tramos de la vía en estudio, que requieren la ejecución de las actividades mencionadas:



Figura 74: En la abscisa 0+365 se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.

En la Figura 74 se aprecia claramente que en ese sitio se debe realizar un sello de las grietas que se presentan.



Figura 75: En la abscisa 3+290, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.

En la Figura 75 se observa que esa zona requiere de un bacheo asfáltico superficial.



Figura 76: En la abscisa 5+550, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento periódico.

A partir de la Figura 76 se establece que ese sitio necesita un bacheo asfáltico profundo.

5.1.3. Mantenimiento Correctivo

Entre las actividades correspondientes al mantenimiento correctivo, se tienen las siguientes como más importantes, a ser consideradas para aplicarlas en la vía:

5.1.3.1. Tratamiento superficial localizado

Esta actividad consiste en aplicar un sello asfáltico o tratamiento superficial en sitios localizados, con área menor a 300 metros cuadrados; puede realizarse con componentes asfálticos recubierto con áridos o con una lechada asfáltica. Se recomienda esta actividad en pavimentos oxidados y/o envejecidos, que muestren finas grietas y/o pérdida de agregados (Jugo B., 1993).

Con esta actividad se corrigen además problemas de textura y se mejora la resistencia al deslizamiento, sin embargo, no se recomienda en vías de muy alto tráfico ni en pavimentos que tengan fallas estructurales severas (Jugo B., 1993).

Los materiales que se emplean para la ejecución de esta actividad son: emulsión asfáltica, misma que deberá ser una emulsión en frío, de rotura lenta; y, agregados pétreos, mismos que dependen del tipo de vía y lechada que se utilizará. En la Tabla 43 se presentan los tipos de lechadas asfálticas, y en la Tabla 44 se presenta las granulometrías de los áridos para las lechadas citadas, recomendadas por la AASHTO.



Tabla 43: Tipos de lechada asfáltica (AASHTO, 1993).

Lechada asf.	Tamaño	Uso
A - I	Fino	Sellar las grietas en vías de tráfico liviano.
B - I	Medio (común)	Sellar de manera general, lo que origina un aumento de la textura.
C - I	Grueso	Sellado que se usa en vías con alto tráfico.
D - I	Grueso	

Tabla 44: Granulometrías de áridos para lechadas asfálticas (AASHTO, 1993).

Tamiz milímetros	Porcentaje que pasa			
	Lech. Asf. A - I	Lech. Asf. B - I	Lech. Asf. C - I	Lech. Asf. D - I
12.5	-----	-----	-----	100
10	-----	100	100	85 - 98
5	100	85 - 95	70 - 90	62 - 80
2.5	85 - 95	62 - 80	45 - 70	41 - 61
1.25	65 - 80	45 - 65	28 - 50	28 - 46
0.63	40 - 60	30 - 50	18 - 34	18 - 34
0.315	25 - 42	18 - 35	12 - 25	11 - 23
0.16	15 - 30	10 - 24	7 - 17	6 - 15
0.08	10 - 20	5 - 15	5 - 11	4 - 9

La lechada asfáltica recomendada para la vía según el tráfico sería la lechada tipo B-I, mostrada en la Tabla 43 y con su granulometría correspondiente, presentada en la Tabla 44.

Previo a la ejecución de este tipo de actividad, suele ser necesario ejecutar actividades de mantenimiento preventivo y periódico. El paso siguiente consiste en identificar y limpiar el área a intervenir, de igual manera que para actividades anteriores, la limpieza debe ser tal que se elimine partículas e impurezas como el polvo. Luego se aplica el riego asfáltico, sobre el cual irá el material pétreo.

Antes de pasar a la etapa de compactación, se deberá, a través del rastrillo, eliminar ondulaciones, depresiones y bordes. La etapa de compactación deberá ser la adecuada con el equipo conformado por los rodillos liso y neumático. Para terminar la ejecución de esta actividad, se limpia el área intervenida.



5.1.3.2. Tratamiento superficial bituminoso

Esta actividad consiste en construir una o varias capas, en las que el material bituminoso tenga agregados embebidos, dicha capa se coloca sobre la capa de base o capa de rodadura imprimada (Jugo B., 1993).

Los materiales que se utilizan para esta actividad son: asfalto, mismo que deberá ser una mezcla asfáltica caliente que cumpla con las especificaciones de la AASHTO; y, los agregados pétreos, de igual manera, cumpliendo especificaciones solicitadas para el tipo de mezcla a utilizarse. A continuación, en la Tabla 45 se presentan las granulometrías de los agregados que se pueden utilizar (MOP, 2002).

Tabla 45: Granulometrías para tratamientos superficiales bituminosos (MOP, 2002).

Tamiz milímetros	Porcentaje que pasa					
	A -1	B-1	C-1	D-1	E-1	F-1
37.5	100	-----	-----	-----	-----	-----
25	90-100	100	-----	-----	-----	-----
18.75	20-55	90-100	100	-----	-----	-----
12.5	0-15	20-55	90-100	100	100	-----
10	0-5	0-15	40-75	90-100	90-100	100
5	-----	0-5	0-15	0-20	10-30	75-100
2,5	-----	-----	0-5	0-10	0-10	20-55
1,25	-----	-----	-----	0-5	0-5	0-10
0,63	-----	-----	-----	-----	-----	0-5
0,08	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2

En la Tabla 46 se presenta el peso de los agregados y el volumen del asfalto requerido y aproximado por metro cuadrado para cada tratamiento superficial bituminoso (MOP, 2002).

Tabla 46: Cantidades por metro cuadrado de acuerdo a tratamientos superficiales bituminosos (MOP, 2002).

Tipo de tratamiento	Peso de los agregados en kilogramos						Volumen del asfalto en litros
	A - I	B - I	C - I	D - I	E - I	F - I	
TSB-1 Capa única				14-16		1.4-2.0	
TSB-2A 1 ^{era} capa (1 C)				11-14			0.9-1.6
2 ^{da} capa (2 C)					8-11	0.7-1.1	
TSB-2B 1 C			14-16				1.4-2.0
2 C					8-11	0.7-1.1	
TSB-2C 1 C		22-27					1.8-2.3
2 C			11-14			0.9-1.6	



TSB-3				
1 C	15-18		0.9-1.6	
2 C		7-9		1.6-2.3
3 ^{ra} capa (3 C)		5-6	1.1-1.6	

En base a conversaciones mantenidas con técnicos de la prefectura del Cañar, el más empleado actualmente es el doble tratamiento superficial bituminoso, por lo que para la vía será adecuado utilizar un doble tratamiento superficial bituminoso, pero será necesario que se respeten las cantidades y granulometrías presentadas en la Tabla 45 y Tabla 46.

Previo a la ejecución de esta actividad, se deberá limpiar y señalizar el área a intervenir, luego se procederá con la imprimación; antes de que la imprimación se enfríe se deberán colocar los agregados sobre este ligante, procurando de que el agregado grueso se coloque en la parte baja y encima el agregado fino.

Luego del proceso anterior, se pasa a la etapa de compactación, desde el exterior hacia el interior, primero con el rodillo vibratorio, seguido del rodillo neumático. Se deberá por lo menos dejar pasar 12 horas desde que se terminó la última capa antes de permitir el paso del tráfico.

Finalmente, luego de abrir al tráfico, se limpiará el área intervenida y si existe exudación, se colocarán agregados de granulometría similar a la última capa colocada.

En la Figura 77 (km 3+800) y Figura 78 (km 1+000) se presentan ejemplos de algunos tramos de la vía en estudio, que requieren la ejecución de las actividades mencionadas.



Figura 77: En la abscisa 3+800, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento correctivo.



En la Figura 77 se observa claramente que en ese sector se debe colocar un tratamiento superficial bituminoso.



Figura 78: En la abscisa 1+000, se requiere ejecutar actividades de mantenimiento correctivo.

En la Figura 77 se aprecia claramente que este sitio se debe colocar un tratamiento superficial localizado.

5.2. Actividades de rehabilitación vial

De acuerdo a lo citado en capítulos anteriores, a continuación, se detallan algunas actividades que deben ser consideradas en la vía de estudio.

5.2.1. Capas asfálticas de refuerzo

Para la ejecución de esta actividad, el pavimento presenta fallas estructurales y requiere refuerzos para soportar cargas futuras; estas capas asfálticas de refuerzo, mejoran la condición funcional y estructural de la vía (Jugo B., 1993).

Para determinar el espesor de la capa de refuerzo se debe primeramente establecer la condición vial existente y sus fallas presentes, luego se debe determinar las propiedades de los materiales en el sitio, establecer el periodo de vida y las cargas que se esperan en la nueva estructura. Finalmente, se debe determinar el espesor del refuerzo empleando un método apropiado. La colocación de capas asfálticas de refuerzo tienen ventajas adicionales como las de minimizar los costos del mantenimiento menor (Jugo B., 1993).



El material empleado para esta actividad es una mezcla asfáltica caliente elaborada en planta. Previo a la ejecución de la colocación de una capa asfáltica de refuerzo se debe limpiar y señalizar el área a intervenir, luego sobre la carpeta existente se debe aplicar un ligante asfáltico en el sitio ya identificado.

Luego de que la mezcla asfáltica en caliente que llegue al sitio se realizará el tendido de la misma, a través de la Finisher (terminadora de asfalto) controlando que la temperatura de la mezcla mínimo sea de 110°C.

Finalmente, se procede a realizar la compactación mediante un rodillo liso y neumático, siempre efectuando el proceso correcto de la compactación, establecido en las normativas correspondientes.

5.2.2. Reconstrucción

Esta actividad radica en demoler, remover y sustituir el pavimento afectado total o parcialmente. La reconstrucción constituye el caso más enérgico de rehabilitación vial, y se aplica cuando el pavimento ya no tiene vida residual y sobre todo cuando éste tiene un nivel de deterioro muy alto (Sánchez Sabogal, 2005).

El proceso de reconstrucción permite mejorar la capacidad estructural del pavimento, adoptándolo a las necesidades futuras del tránsito. Se pueden utilizar materiales actuales como los geotextiles, además de materiales estabilizados durante esta etapa (Sánchez Sabogal, 2005).

En la Figura 79 (km 4+570), Figura 80 (km 4+745) y Figura 81 (km 4+775) se presentan ejemplos de algunos tramos de la vía en estudio, que requieren la ejecución de las actividades mencionadas:



Figura 79: En la abscisa 4+570, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.

En la Figura 79 se observa claramente que en ese sector se debe realizar una reconstrucción de la estructura vial, utilizando geotextil, materiales estabilizados y mejorando el sistema de drenaje con la construcción también de drenes que eviten la afección a la plataforma nueva.



Figura 80: En la abscisa 4+745, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.

En la Figura 80 se aprecia claramente que en ese sitio se debe reconstruir la plataforma vial, de igual manera que en la abscisa 4+570 mostrado en la Figura 79.



Figura 81: En la abscisa 4+775, se requiere ejecutar actividades de reconstrucción.

De igual manera, en la Figura 81 se puede notar claramente que ese sitio necesita una reconstrucción vial.

5.3. Alternativas de rehabilitación para la vía de estudio

Las principales fallas presentes en la vía son fisuras longitudinales - transversales, en bloque, piel de cocodrilo, baches, parches, abultamientos y hundimientos, agregado pulido, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.

De acuerdo a los niveles de severidad presentes para la falla piel de cocodrilo que se produce generalmente por el aumento de las cargas repetitivas del tráfico, como medida de reparación se puede ejecutar un parcheo parcial y/o profundo, colocar una sobre capa o reconstruir el pavimento. Para la falla de fisuras en bloque causada por la contracción del hormigón por los esfuerzos y deformación presentes que son originados por los agentes del medio, como medidas de reparación para el nivel de severidad medio – alto, se tiene desde sellar las grietas, realizar un reciclado superficial y colocar una sobre carpeta. Una medida de reparación para las fisuras longitudinales y transversales que generalmente no son asociadas a las cargas del tráfico, sino por la construcción defectuosa de la junta del carril, por la contracción superficial del hormigón asfáltico producido por los cambios de temperatura, por el endurecimiento del material bituminoso, se puede aplicar desde un sello de las grietas hasta un parcheo, para los niveles de severidad medio y alto.



Para la falla de los baches, que generalmente son ocasionados por la acción repetitiva del tráfico, mezclas pobres, la medida de reparación sugerida para una severidad media, es realizar un parcheo parcial o profundo. Los parches existentes han sido colocados para remediar el área afectada del pavimento, la medida de reparación sugerida para los parches con severidad media es que se debe reemplazar el mismo.

Abultamientos y hundimientos generados por el tipo de suelo de cimiento y sus características, como medida de reparación para los niveles de severidad medio y alto se tiene desde realizar un reciclado, parcheo profundo hasta colocar una sobre carpeta.

El agregado pulido cuando no existen partículas de agregado que proporcionen una buena resistencia al deslizamiento, una medida de reparación es realizar un fresado y colocar una sobre carpeta.

La falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados que suelen ser debido a un poco cantidad del ligante asfáltico, pobre calidad de la mezcla, compactación inadecuada, una medida de reparación es una sobre carpeta, reciclar o realizar una reconstrucción del pavimento, para los niveles de severidad medio y alto.

En concordancia con la AASHTO, sólo los pavimentos estructuralmente adecuados pueden ser intervenidos con rehabilitaciones sin colocar sobre capas de refuerzo, debido a que la vía de análisis no tiene una condición estructural adecuada, sí se requiere de una sobre capa de refuerzo, que solucione tanto la deficiencia estructural como la funcional, y que sea la adecuada para soportar el tráfico futuro durante el periodo de diseño.

En base a las fallas más presentes en los tramos de la vía analizados, se determina que la intervención más adecuada sería realizar una colocación de una sobre capa de refuerzo, la misma que ayudará a corregir la deficiencia funcional y estructural que tiene la vía; sin embargo, a continuación, se presentan tres alternativas para la rehabilitación de la vía, con la finalidad de posteriormente analizar los costos que representan cada una de ellas, y así, determinar la alternativa más conveniente.

5.3.1. Fresado - reciclado

El fresado es una alternativa de rehabilitación no convencional, que consiste en triturar y remover una o varias capas del pavimento existente, y posteriormente extender y



compactar este mismo material. Entre las diferentes ventajas que se tienen al utilizar el fresado de pavimentos se tiene (Fermín, 2014; Lezcano, 2014; Montejo Fonseca, 2006):

- Ambientales: el fresado es una técnica ambientalmente amigable, ya que, evita el proceso de explotación de nuevos materiales y posibles contaminaciones hacia el medio ambiente.
- Energéticos: se obtiene un ahorro de energía, si es que se compara con el proceso convencional de construcción.
- Operativos: se reduce el tiempo de interrupción al tráfico, ya que la maquinaria necesaria para esta actividad en poco tiempo realiza el proceso constructivo.
- Técnicos y económicos: se reduce el costo de adquisición de agregados y cemento asfáltico, además de economizar el transporte de desalojo del material.

El reciclado de pavimentos flexibles, constituye una técnica viable y sobre todo económica, cuyo fin es reutilizar los materiales de una carretera una vez que han cumplido su vida útil, permitiendo entonces realizar de manera económica la conservación vial (Lezcano, 2014).

Existen tres tipos de reciclaje (Montejo Fonseca, 2006):

- Reciclaje superficial: consiste en el volver a tratar la superficie con espesores menores que 2.5 cm.
- Reciclaje en el lugar (in-situ): denominado también reciclaje en frío, radica en la rehabilitación del pavimento a profundidades mayores que 2.5 cm, en algunos casos puede ser necesario cambiar el material de la capa de base.
- Reciclaje en planta: llamado también reciclaje en caliente, mismo que se basa en transportar el material fresado hasta una planta para formar una nueva mezcla asfáltica para ser colocada en el sitio destinado.

Para el presente estudio, se considera un reciclado en frío en el sitio realizando un fresado más estabilización con cemento y fresado más estabilización con emulsión; se considera estos dos tipos de estabilización ya que actualmente la prefectura del Azuay posee el tren de trabajo para realizar de manera óptima las actividades necesarias, por lo que se podría llevar a cabo algún convenio para la ejecución de los trabajos.



5.3.1.1. Fresado más estabilización con cemento

La estabilización con cemento es un proceso en el cual normalmente se producen cambios en las propiedades moleculares superficiales del agregado, en algunos casos obteniendo una mejor unión entre sí e incrementando su resistencia (Montejo Fonseca, 2006).

El reciclado utilizando cemento se puede aplicar de las siguientes maneras:

- Esparcir sobre la superficie del pavimento el cemento previo al paso de la maquinaria que se encargará de realizar el reciclado.
- Obtener una lechada realizando la mezcla del cemento con agua, para que luego sea colocada directamente en la cámara de mezclado.
- Utilizando una máquina recicladora acoplada para que distribuya cemento a granel.

Existen varios factores que afectan la mezcla con cemento, entre otros se tienen (Montejo Fonseca, 2006):

- La estructura química que posee el tipo de suelo.
- La cantidad de cemento que se utilice, con el fin de evitar la pérdida de peso de la mezcla compactada.
- El contenido de agua que se utilice en la mezcla, es decir, se debe trabajar con la humedad óptima para obtener una buena compactación.
- Las demoras entre la mezcla y compactación pueden disminuir la densidad y por ende su resistencia; generalmente se suele considerar como máximo 2 horas entre la mezcla y compactación.
- De experiencias obtenidas en laboratorios, cuanto más sea el tiempo de curado de la mezcla luego de compactarse, aumenta su resistencia a la compresión.

En general, se pueden utilizar todos los tipos de cemento, sin embargo, un cemento de calor de hidratación moderado (MH) posee mayores ventajas ya que el tiempo de fraguado es mayor que el de otros tipos de cemento portland, permitiendo un mayor tiempo de trabajabilidad. Para el Ecuador los tipos de cementos están especificados en la norma INEN 152:2010.

En la Figura 82 se aprecia el proceso general de operación (Sánchez Sagobal, 2016).

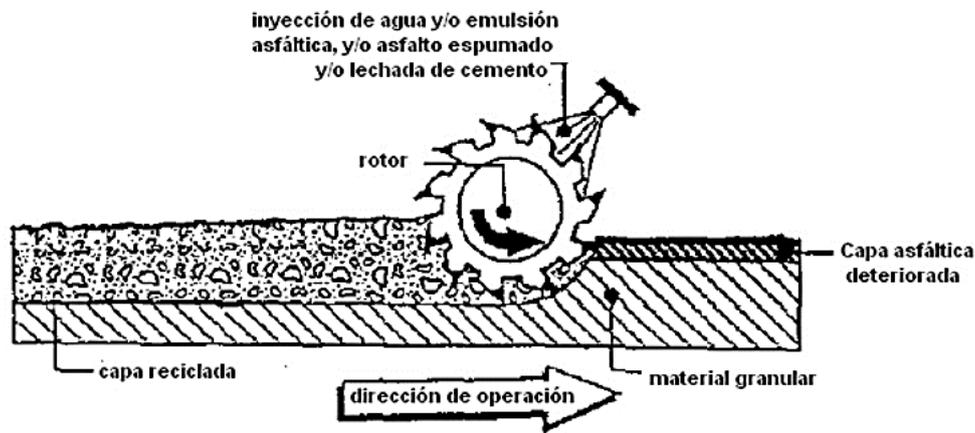


Figura 82: Fresado más estabilización con cemento (Sánchez Sagobal, 2016).

Entre las ventajas de este tipo de rehabilitación se tiene:

- Es de fácil aplicación, sea en polvo o lechada.
- Menos costoso que los productos bituminosos.
- Mejora la resistencia del material a la humedad.

La principal desventaja es que puede producirse agrietamiento por contracción, mismo que puede ser reducido utilizando en menor cantidad el cemento (lo menos posible) y trabajando con un contenido bajo de humedad (Sánchez Sagobal, 2016).

El equipo necesario consta básicamente de un distribuidor de cemento (lechada, polvo), recicladora, es decir, equipos de fresado y mezclado, luego equipos de compactación y nivelación, finalmente, se procede con el método convencional, imprimación, distribución - colocación de la nueva capa de rodadura y compactación de la nueva capa de rodadura (Soruco, 2017).



Figura 83: Fresado más estabilización con cemento (Wirtgen, s. f.).

5.3.1.2. Fresado más estabilización con emulsión

La estabilización de suelos con asfalto utiliza este material como ligante de diversas maneras y formas en la construcción de vías. Generalmente, el asfalto resulta trabajable de cuatro maneras (Wirtgen GmbH, 2004a):

- 1) Aumentar la temperatura, es decir utilizando calor.
- 2) Mezclarlo con solventes de petróleo (asfalto cortado).
- 3) Emulsificándolo con agua para obtener una emulsión asfáltica.
- 4) Crear asfalto espumado con baja viscosidad temporalmente.

Tabla 47: Comparación entre diferentes tipos de aplicaciones con asfalto (Ibarra Loza & Rosero Viñán, 2010; Wirtgen GmbH, 2004b)

Factor	Emulsión asfáltica	Asfalto espumado	Mezcla en caliente
Tipo de agregado en que se puede aplicar.	<ul style="list-style-type: none"> - Roca chancada. - Grava natural. - RAP, mezcla en frío. - RAP, estabilizado 	<ul style="list-style-type: none"> - Roca chancada. - Grava natural. - RAP, estabilizado. - Arenas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Roca chancada. - 0%-50% de RAP.
Temperatura mezclada del asfalto.	20°C-70°C	160°C-180°C (antes de espumar)	140°C-180°C



Temperatura del agregado durante la mezcla.	Ambiente (frío)	Ambiente (frío)	Sólo en caliente (140°C-200°C)
Contenido de humedad durante la mezcla.	90% de OMC (contenido óptimo de humedad) menos del 50% del contenido de emulsión.	Bajo el OMC, por ejemplo 65% a 95% del OMC.	Seca.
Recubrimiento de partículas de agregado.	Recubrimiento parcial de partículas gruesas y cohesión de mezcla con mortero asfalto/finos.	Recubrimiento en zonas puntuales de la mezcla, gracias a mortero asfalto/finos.	Recubrimiento de todas las partículas de agregado, verificándose mediante espesor de película.
Temperatura de colocación - compactación.	Ambiental.	Ambiental.	140°C – 160°C.
Velocidad para adquirir resistencia.	Lento.	Medio.	Rápida.
Asfalto modificado.	Sí.	No apropiado.	Sí.
Parámetros importantes del binder.	- Tipo de emulsión. - Asfalto residual. - Tiempo de quiebre. - Curado.	- Vida Media. - Razón de expansión.	- Penetración. - Punto de ablandamiento. - Viscosidad.

De la Tabla 47 se concluye que utilizar la emulsión asfáltica tiene ventajas sobre el uso de la mezcla en caliente, ya que no requiere de altas temperaturas para la mezcla del asfalto, mezcla del agregado y compactación.

Las emulsiones asfálticas originalmente se desarrollaron para ayudar a resolver ciertas dificultades constructivas al utilizar asfalto caliente, además se idearon también para eliminar la emisión de polvo al ambiente. En la crisis energética de los años 70's generó que se aumente el uso de las emulsiones en la estabilización de suelos (Asphalt Institute, s. f.).

En concordancia con el Instituto del Asfalto, se tienen tres tipos de emulsiones:

- 1) Emulsión aniónica: en este tipo de emulsión las partículas asfálticas tienen carga eléctrica negativa.
- 2) Emulsión catiónica: las partículas estarán cargadas positivamente.
- 3) Emulsión no iónica (neutras): se fabrica con emulsificadores no cargados, estas



emulsiones no son utilizadas en el reciclado en frío.

La diferencia del tipo de carga de las partículas mejora las propiedades de recubrimiento y adhesión de la emulsión cuando se utilizan agregados que tienen superficies de carga opuesta, como se observa en la Tabla 48. Las aniónicas y catiónicas se utilizan mayormente en la construcción y mantenimiento de vías.

Tabla 48: Tipos emulsión y su compatibilidad con agregados (Ibarra Loza & Rosero Viñán, 2010; Wirtgen GmbH, 2004b).

Tipo de emulsión	Tipo de agregado (roca)	Apariencia	
		Quiebre	Adhesión
Aniónica	Ácida	Lento	Mala
Aniónica	Alcalina	Medio	Buena
Catiónica	Ácida	Rápido	Excelente
Catiónica	Alcalina	Rápido	Buena

Cualquier tipo de emulsión presentado en la Tabla 48 pueden ser utilizada para el reciclado, pero se observa que la emulsión asfáltica de tipo catiónica tiene una mejor adhesión por lo que será siempre adecuada para el uso en el reciclado profundo; sin embargo, cuando se realiza este tipo de reciclado, se debe certificar que la emulsión quiebre rápidamente para que no se comprometa el proceso de mezcla y compactación.

Luego de mezclar la emulsión con el suelo, se continúa con un proceso de “quiebre”, que es la separación del asfalto de la fase de agua y la unión de las gotitas de asfalto con el agregado para producir una película continua de asfalto sobre la superficie de agregado; el tiempo entre el mezclado hasta la separación de los glóbulos de asfalto se llama “setting” o tiempo de quiebre.

Luego del quiebre, viene el proceso del curado, mismos que están afectados por (Ibarra Loza & Rosero Viñán, 2010; Otiniano Arribasplata & Paria Caballero, 2016):

- La tasa de absorción de agua del agregado.
- El contenido de humedad de la mezcla previo al mezclado, influye en el tiempo de quiebre.
- El contenido de humedad de la mezcla después de la compactación influye en el tiempo de curado.



- La granulometría del agregado y el contenido de vacíos de la mezcla.
- El tipo y calidad de la emulsión, los emulsificadores iónicos producen emulsiones más estables.
- Fuerzas mecánicas causadas por la compactación y el tráfico.
- Composición mineral del agregado.
- Temperatura del agregado y del aire, ya que el calor cataliza las reacciones químicas y causa que el agua se disipe y evapore más rápido.
- Tipo y porcentaje de activo de filler (por ejemplo, cal o cemento).

El cemento se utiliza normalmente en conjunto con la emulsión asfáltica, mejorando la resistencia a la humedad y ayudando a controlar el quiebre; investigaciones realizadas acerca de los efectos de combinar cemento con emulsión asfáltica han demostrado que hasta un 1.5% en masa de cemento puede ser añadido sin reducir significativamente las características de fatiga de la capa estabilizada.

El porcentaje del asfalto en una emulsión puede variar entre 30% y 70%, sin embargo, porcentajes de asfalto mayores al 60% no son recomendables para el reciclado ya que la emulsión se tornará viscosa, resultando dificultosa de bombear y cubrir el material pétreo (Asphalt Institute, s. f.).

Las emulsiones tienen a su vez una subclasificación, de acuerdo a la rapidez con que las gotas de asfalto recuperan su condición de cemento asfáltico: rotura rápida (RS), rotura media (MS), rotura lenta (SS) y rotura acelerada (QS). Además, las emulsiones son identificadas por números y letras que dependen de la viscosidad y dureza del asfalto, así: la letra “C” indicará que es catiónica, su ausencia indica que es aniónica; por ejemplo, una CRS-2 indicará que la emulsión es más viscosas que una CRS-1 (Montejo Fonseca, 2006).

A continuación, en la Figura 84 se muestra el proceso interno de fresado y estabilización con emulsión, de acuerdo a Wirtgen Group (Wirtgen GmbH, 2004a):

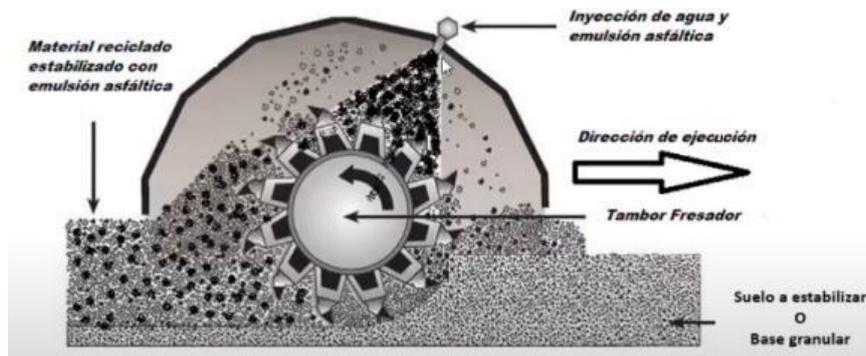


Figura 84: Fresado más estabilización con emulsión (Wirtgen GmbH, 2004a).

Algunas de las ventajas de la estabilización con emulsión son (Gomez Huanca & Flores Pauro, 2017):

- Permite obtener un material con mayor flexibilidad y resistencia a la deformación.
- Un tanque se acopla a la recicladora y se aplica a través de la barra rociadora, por lo que hay una mayor facilidad de aplicación.
- Debido a que las emulsiones asfálticas son conocidas, sus métodos de ensayos y especificaciones están disponibles, entonces existe una gran aceptación.

La principal desventaja es el costo, ya que las emulsiones no se producen en campo, aumentando el costo además por el transporte.

El equipo necesario consta generalmente de un tanque de emulsión conectado al distribuidor y a la recicladora, detrás viene un compactador rodillo pata de cabra, la motoniveladora para mezclar, homogenizar y nivelar, luego vendrá el rodillo vibratorio, como se muestra en la Figura 85 (Wirtgen GmbH, 2004a). Finalmente, se procede con la imprimación para posteriormente colocar la nueva capa de rodadura, a través del proceso convencional para la distribución, colocación y compactación.



Figura 85: Tren de trabajo para fresado más estabilización con emulsión (Wirtgen GmbH, 2004a).

5.3.2. Riego de liga

El riego de liga consiste en la aplicación de asfalto líquido, de baja viscosidad, sobre una capa existente de asfalto o concreto hidráulico, con la finalidad de hacerlo impermeable y fortalecer la adherencia de la capa superficial existente con la de refuerzo (MOP, 2002; Portal Ondac Construcción, 2020).

Las ventajas que ofrecen la aplicación del riego de liga son que permiten adherir tanto una carpeta asfáltica sobre un pavimento antiguo de hormigón o a su vez sobre un pavimento asfáltico existente.

Los materiales empleados en este proceso de rehabilitación vial suelen ser materiales bituminosos, como las emulsiones asfálticas o emulsiones asfálticas modificadas con polímeros (Instituto Nacional de Vías, 2013).

La maquinaria necesaria para realizar los trabajos de riego de liga son primero maquinaria que permita remover el pavimento dañado y luego equipo mecánico de limpieza, tanques distribuidores de asfalto, y eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas. Este método es considerado uno convencional.



El equipo de limpieza de la superficie donde se aplicará el riego de liga, estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsada o arrastradas, como equipo adicional de limpieza se utilizan compresores, escobas, y demás implementos que se acoplen para la ejecución de esta actividad.

El camión distribuidor de asfalto, deberá garantizar la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que se vea afectado por la carga, pendiente o dirección del vehículo, el conductor del camión, deberá mantener la velocidad constante y necesaria que permita esta distribución uniforme del producto asfáltico en sentido longitudinal; este camión deberá poseer una bomba de impulsión que sea accionada por motor para garantizar la uniformidad de la aplicación del riego de liga. Por ningún concepto, se permitirá el riego de aplicación del riego de liga con regaderas, recipientes perforados, cepillos o cualquier otro dispositivo manual por gravedad, ya que estos implementos no garantizan la aplicación homogénea del riego de liga sobre la superficie a rehabilitar (Instituto Nacional de Vías, 2013).

El proceso que se sigue suele ser, primero la limpieza de la superficie que se rehabilitará, misma que deberá quedar libre de polvo, barro seco, suciedad, cualquier partícula o material suelto, para ello se emplea el equipo descrito anteriormente, exceptuando en sitios donde no se pueda acceder con el equipo mecánico, se aceptará escobas manuales.

En casos donde por condiciones de la obra se deba efectuar el riego de liga por franjas, se deberá realizar una pequeña superposición del mismo a lo largo de la franja longitudinal. El riego de liga se aplicará solo cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa asfáltica.

El tránsito deberá ser restringido por completo en la superficie donde se haya colocado el riego de liga, al hacerlo en carriles, el riego de liga en el carril contrario se aplicará una vez que la anterior cuente con la capa superior de rodadura correspondiente.

En tiempos de lluvia no se colocará el riego de liga, además, la aplicación de este riego de liga debe estar adecuadamente coordinada con la colocación de la capa de rodadura que irá sobre la existente, de manera que el ligante asfáltico no haya perdido su efectividad como elemento de unión (Brante Lara, 2020; Instituto Nacional de Vías, 2013).



5.4. Análisis de costos de las alternativas de rehabilitación presentadas

En este apartado, se procede con el análisis de los costos que representa cada una de las alternativas planteadas al final del capítulo anterior, con el propósito de establecer qué alternativa es la óptima para tenerla en cuenta para mantener y/o rehabilitar la vía en estudio. Para este capítulo se procedió a buscar precios de procesos similares al estudio realizado en las provincias del Azuay y Cañar en la página oficial de compras públicas, así como también se consiguió los costos manejados por el GAD Municipal del Cantón Azogues y del GAD Provincial del Cañar.

5.4.1. Fresado más estabilización con cemento

La Prefectura del Cañar ha venido ejecutando varias obras viales mediante la modalidad de administración directa en cooperación con el GAD municipal del cantón Azogues, estabilizado el suelo en un espesor de 20 cm con un porcentaje de cemento del 6%, obteniendo buenos resultados, con base en estos resultados, se tomaron estos datos y los precios determinados por las entidades públicas mencionadas, obteniendo los costos para la vía en estudio.

Tabla 49: Costo aproximado de la alternativa 1 (Fuente: elaboración propia).

Alt. 1: Fresado más estabilización con cemento					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P. Total	
Limpieza de área a intervenir (manual)	m ²	44467.92	0.91	40465.81	
Estabilización con cemento	m ²	44467.92	5.38	239237.41	
Imprimación	m ²	29645.28	1.30	38538.86	
Mezcla asfáltica nueva (en planta) incl. Transporte, tendido y compactación	m ³	1778.72	125.87	223887.49	
Sum. Ins. Señal informativa (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	4.00	106.88	427.52	
Sum. Ins. Cinta Peligro Negro/Amarillo 7.5 cm	m	200.00	0.71	142.00	
Sum. Ins. Conos de seguridad para tráfico, h=0.70m, (10 usos)	u	40.00	1.85	74.00	
Señalización preventiva temporal "Hombres Trabajando" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	109.04	545.20	
Señalización preventiva temporal "Peligro" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	85.19	425.95	
Señalización preventiva temporal "Prohibido el paso" (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	5.00	85.04	425.20	
Letrinas Móviles	u	1.00	600.00	600.00	
Equipo para contingencia de derrames	u	1.00	3.00	3.00	
Equipo contra incendios	u	1.00	48.00	48.00	
Sum. Ins. Poste delineador de seguridad 1.20m (5 usos)	u	40.00	2.51	100.40	
Equipo de primeros auxilios	u	1.00	60.00	60.00	
Paso peatonal (5 usos)	m	10.00	30.04	300.40	
Equipo de protección personal (15 personas)	glb	1.00	1237.50	1237.50	
Cabina de desinfección	u	1.00	360.00	360.00	
				SUBTOTAL	546878.74
				IVA 12%	65625.45
				TOTAL	612504.19



Son: SEISCIENTOS DOCE MIL QUINIENTOS CUATRO CON 19/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, INCLUIDO EL IVA.

De la Tabla 49 se observa que el costo aproximado de intervención para la vía en estudio, considerando intervenir en toda su superficie, resulta ser de \$ 546.878,74 más el IVA, este valor resulta alto en comparación con la alternativa convencional (riego de liga), y se debe a que la estabilización con cemento hace que se encarezca el costo de intervención.

5.4.2. Fresado más estabilización con emulsión

El costo obtenido para la estabilización con emulsión, se basa en los precios utilizados por el Municipio de Azogues y la Prefectura del Cañar. En la Tabla 50, se presenta el costo aproximado para la vía, con esta alternativa.

Tabla 50: Costo aproximado de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia).

Alt. 2: Fresado más estabilización con emulsión					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P. Total	
Limpieza de área a intervenir (manual)	m ²	44467.92	0.91	40465.81	
Estabilización con emulsión	m ²	44467.92	5.40	240126.77	
Imprimación	m ²	29645.28	1.30	38538.86	
Mezcla asfáltica nueva (en planta) incl. Transporte, tendido y compactación	m ³	1778.72	125.87	223887.49	
Sum. Ins. Señal informativa (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	4.00	106.88	427.52	
Sum. Ins. Cinta Peligro Negro/Amarillo 7.5 cm	m	200.00	0.71	142.00	
Sum. Ins. Conos de seguridad para tráfico, h=0.70m, (10 usos)	u	40.00	1.85	74.00	
Señalización preventiva temporal "Hombres Trabajando" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	109.04	545.20	
Señalización preventiva temporal "Peligro" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	85.19	425.95	
Señalización preventiva temporal "Prohibido el paso" (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	5.00	85.04	425.20	
Letrinas Móviles	u	1.00	600.00	600.00	
Equipo para contingencia de derrames	u	1.00	3.00	3.00	
Equipo contra incendios	u	1.00	48.00	48.00	
Sum. Ins. Poste delineador de seguridad 1.20m (5 usos)	u	40.00	2.51	100.40	
Equipo de primeros auxilios	u	1.00	60.00	60.00	
Paso peatonal (5 usos)	m	10.00	30.04	300.40	
Equipo de protección personal (15 personas)	glb	1.00	1237.50	1237.50	
Cabina de desinfección	u	1.00	360.00	360.00	
				SUBTOTAL	547768.10
				IVA 12%	61553.91
				TOTAL	613500.27

Son: SEISCIENTOS TRECE MIL QUINIENTOS CON 27/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, INCLUIDO EL IVA.

De la Tabla 50 se aprecia que el costo aproximado de intervención para la vía en estudio, considerando intervenir en toda su superficie, resulta ser de \$ 547.768,10 más el IVA,



este valor resulta elevado, de igual manera que la alternativa 1, puesto que la estabilización con emulsión hace que se encarezca el costo de intervención.

5.4.3. Riego de liga

De igual manera, el análisis para el riego de liga (Tabla 51), se basa en los precios utilizados por el Municipio de Azogues y la Prefectura del Cañar.

Tabla 51: Costo aproximado de la alternativa 3 (Fuente: elaboración propia).

Alt. 3: Riego de liga					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P. Total	
limpieza de área a intervenir (mecánica)	m ²	44467.92	0.13	5780.83	
Imprimación	m ²	44467.92	1.30	57808.30	
Mezcla asfáltica nueva (en planta) incl. Transporte, tendido y compactación	m ³	1778.72	125.87	223887.49	
Sum. Ins. Señal informativa (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	4.00	106.88	427.52	
Sum. Ins. Cinta Peligro Negro/Amarillo 7.5 cm	m	200.00	0.71	142.00	
Sum. Ins. Conos de seguridad para tráfico, h=0.70m, (10 usos)	u	40.00	1.85	74.00	
Señalización preventiva temporal "Hombres Trabajando" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	109.04	545.20	
Señalización preventiva temporal "Peligro" (0.60 x 0.60 x 1.8 m)	u	5.00	85.19	425.95	
Señalización preventiva temporal "Prohibido el paso" (0.60 x 0.60 x 1.80 m)	u	5.00	85.04	425.20	
Letrinas Móviles	u	1.00	600.00	600.00	
Equipo para contingencia de derrames	u	1.00	3.00	3.00	
Equipo contraincendios	u	1.00	48.00	48.00	
Sum. Ins. Poste delimitador de seguridad 1.20m (5 usos)	u	40.00	2.51	100.40	
Equipo de primeros auxilios	u	1.00	60.00	60.00	
Paso peatonal (5 usos)	m	10.00	30.04	300.40	
Equipo de protección personal (15 personas)	glb	1.00	1237.50	1237.50	
Cabina de desinfección	u	1.00	360.00	360.00	
SUBTOTAL				292225.78	
IVA 12%				35067.09	
TOTAL				327292.88	

Son: TRESCIENTOS VEINTE Y SIETE MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS CON 88/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, INCLUIDO EL IVA.

De la Tabla 51 se determina que el costo aproximado de intervención para la vía en estudio, considerando intervenir en toda su superficie, resulta ser de \$ 292.225,78 más el IVA, este valor resulta menor que el obtenido para las alternativas 1 y 2, puesto que únicamente se coloca un riego de liga y de inmediato la capa de rodadura asfáltica, sin fresar o recuperar el pavimento existente; además, analizando la duración esperada de esta alternativa 3 sería de acuerdo al diseño 10 años, sin embargo al no corregirse los fallos presentes en la estructura actual podría provocar que se presenten fallas tempranas en el nuevo pavimento, mientras que para las alternativas 1 y 2 se corregiría el pavimento actual para que sirva como una base para el nuevo pavimento.



Finalmente, de acuerdo a los costos aproximados obtenidos, se tiene que si se realiza un reciclado con estabilización cemento resulta más costos que la alternativa convencional, sin embargo, debido a que en este estudio se propone la colocación de dos capas de refuerzo, a largo plazo al necesitarse colocar estas dos capas, técnica y económicamente resulta mejor la primera alternativa, ya que se recupera el pavimento afectado, mejorando las características del suelo previo a la colocación de la capa de refuerzo, además que es una alternativa amigable con el medio ambiente, es por esto que se propone el reciclado más la estabilización con cemento para la vía en estudio.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado, se presentan las conclusiones y recomendaciones, basadas en el trabajo investigativo llevado a cabo.

CONCLUSIONES

Con base al estudio realizado en la vía que conduce desde Azogues – San Miguel de Porotos – Jatumpamba, se establecen las siguientes conclusiones:

- Se realizó la evaluación vial identificando las fallas que presenta la vía estudiada y se logró proponer tres alternativas de rehabilitación en función de lo encontrado y de los costos.
- Se concluye que el PCI general de la vía de acuerdo a la norma es de 41, calificado como Regular, mientras que el PCI de los tramos adicionales analizados resultó ser de 26, calificado como Malo, sin embargo, de acuerdo a la norma más el criterio ingenieril se considera al pavimento como Malo.
- Se estableció los parámetros de valoración de la estructura del pavimento a través del conteo vehicular, caracterización geológica, inspección visual y ensayos del suelo.
- Se concluye que el suelo está compuesto en su mayor parte por arcillas altamente compresibles, con base en el valor del CBR obtenido (5.4%).
- Se establece que el suelo está conformado por arcillas debido a que, en el ensayo realizado, el límite líquido del suelo resultó ser 60, mientras que el límite plástico 22, dando como resultado un índice de plasticidad de 38.
- Se concluye que la corriente de tráfico es mayor de martes a sábado, esto con base al conteo vehicular realizado.
- Se establece que el tráfico liviano representa alrededor de un 95% durante un sábado y domingo, mientras que de lunes a viernes está alrededor de un 88%.
- Se determinó que el tráfico observado es de 2065 vehículos, mientras que el tráfico de diseño para 10 años es de 3'204.783 y para 20 años es de 6'972.526.
- Se realizó el diseño de rehabilitación del pavimento y se determinaron tres alternativas para su conservación.
- Se concluye que las fallas más comunes en la vía son fisuras, piel de cocodrilo,



baches, parches, hundimientos, peladura por intemperismo y agregado pulido.

- Se estableció que las alternativas de reciclado más estabilización con cemento, reciclado más estabilización con emulsión y riego de liga son las más adecuadas para la vía en estudio.
- Se concluye que el nivel de servicio de la vía es “B”, ya que los usuarios aún pueden escoger la velocidad de circulación.
- Se determina que el pavimento analizado ha sido afectado por los esfuerzos que repetidamente le transmite el tráfico, factores ambientales y cambios de temperatura.
- Del análisis técnico y económico de las alternativas propuestas, reciclado más estabilización con cemento, reciclado más estabilización con emulsión y riego de liga, se concluye que la alternativa seleccionada es la primera, con un valor aproximado de intervención de \$ 546.878,74 más el IVA, presupuesto que es mayor que la alternativa de riego de liga, pero, debido a que las propiedades del suelo no son las adecuadas por la alta presencia de arcillas, es por ello que con la alternativa planteada se mejorarán las características del suelo.

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio realizado, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Previo a la ejecución de actividades de rehabilitación como son la colocación de capas de refuerzo, deben corregirse temas como el drenaje vial, corte de vegetación excesiva, es decir, mantenimiento preventivo.
- Se debe llevar un registro de cada mantenimiento efectuado en la vía, esto permitirá conocer el desempeño de la misma, con la aplicación de cada uno de ellos, con la finalidad de que las futuras acciones encaminadas a la conservación vial sean óptimas, basándose en el historial de mantenimiento.
- La rehabilitación vial propuesta, que se basa en la colocación de capas de refuerzo realizando un reciclado y estabilización con cemento, si bien resulta costosa, a largo plazo resulta lo más adecuado técnica y económicamente, ya que se mejorarán considerablemente las características del suelo previo a la colocación de la capa de refuerzo correspondiente.



- Luego de realizar la colocación de la capa de refuerzo, se deberá llevar a cabo correctamente actividades de mantenimiento continuo y periódico, esto con el fin de evitar que la estructura se degrade rápidamente ya que esto aumentaría los costos de cada acción de conservación vial.
- Al no existir un historial del crecimiento vehicular en la vía de estudio, se utilizó la tasa de crecimiento poblacional como la tasa de crecimiento vehicular, por ello se recomienda realizar periódicamente conteos vehiculares para poder tener de una manera más precisa la tasa de crecimiento vehicular.

RECOMENDACIONES DE FUTURAS INVESTIGACIONES

A continuación, se presentan recomendaciones para futuras investigaciones, así como aspectos metodológicos que pueden ser mejorados:

- Se recomienda llevar a cabo un conteo vehicular constante, con la finalidad de establecer la tasa de crecimiento vehicular propia para la vía en estudio.
- Realizar más ensayos de CBR en la vía, para poder caracterizar de mejor manera la misma, incluso estableciendo una zonificación de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Sería un gran aporte realizar ensayos con el deflectómetro de impacto (FWD), equipo que posee el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para que se pueda obtener una correlación entre el método del PCI y el método de deflexiones, lo que permitirán también conocer de mejor manera en qué estado estructural se encuentran las capas del pavimento.
- Aplicar diferentes herramientas que existen en la actualidad, como, por ejemplo, para obtener el IRI (índice de regularidad internacional), y así obtener correlaciones entre el método aplicado (PCI) con el del software para ser más precisos en la determinación de las características de la vía.
- Realizar un estudio de análisis en el tiempo, con las matrices de predicción del desempeño de Markov, estableciendo las estrategias de conservación vial y sus tiempos de aplicación, así como se podría realizar una priorización y optimización del presupuesto asignado a la entidad gubernamental correspondiente.



BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). Guide for design of pavement structures. Washington, D.C.
- Adlinge, S. S. A. K., & Gupta. (2015). Pavement deterioration and its causes. IOSR Journal of mechanical & civil engineering, 9-15. Recuperado de www.iosrjournals.org
- Asphalt Institute, A. (s. f.). El asfalto en la preservación y el mantenimiento de pavimentos.
- ASTM. (2011). ASTM D 6433-11. ASTM, D6433(11), 49. <https://doi.org/10.1520/D6433-11.2>
- Brante Lara, G. (2020). Riegos asfálticos. Recuperado 18 de mayo de 2020, de [http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/RIEGO S ASFALTICOS %5BModo de compatibilidad%5D.pdf](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/RIEGO%20S%20ASFALTICOS%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf)
- Cal R., R. y M., & Cárdenas G., J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.
- Del Val Helus, M. A., & Orue E Chevarria, A. B. (1991). Manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico.
- Fermín, K. (2014). Tecnologías verdes para la ingeniería vial: usos inteligentes del material fresado. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos107/ingenieria-vial-usos-inteligentes-del-material-fresado/ingenieria-vial-usos-inteligentes-del-material-fresado.shtml>
- GADPRSM. (2015). Actualización del PDOT.
- Gomez Huanca, C. F., & Flores Pauro, R. H. (2017). Uso y aplicaciones de las emulsiones asfálticas. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua. Recuperado de https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/265/Christian_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Haas, R. (1995). Pavement management for airports, roads and parking lots. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 22(4), 845-846. <https://doi.org/10.1139/195-100>
- Ibarra Loza, P. L., & Rosero Viñán, O. W. (2010). Estudio comparativo de reciclado de pavimento con el uso de cemento y emulsiones asfálticas en la vía Riobamba - Zhud. Universidad Nacional de Chimborazo.
- INAMHI. (2020). Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.
- INEC. (2020). Instituto nacional de estadísticas y censos. 2020. Quito.
- Instituto Geográfico Militar, I. (1980). Azogues - hoja 73.
- Instituto Nacional de Vías, I. . (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras - niveles de tránsito, 1-8; Colombia.
- Jugo B., A. (1993). Manual de mantenimiento y rehabilitación Vial. Caracas.
Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14307061/manual-de-mantenimiento-y-rehabilitacion-vial-documento-sin-titulo>
- La Hora. (2018). El barro atrae visitantes a San Miguel de Porotos : variedades : la hora noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. Recuperado 26 de noviembre de 2019, de <https://lahora.com.ec/noticia/1102185868/el-barro-atrae-visitantes-a-san-miguel-de-porotos>
- Lezcano, M. (2014). Fresado de pavimento asfáltico. Recuperado de <https://prezi.com/hgj-bmjvdfny/fresado-de-pavimento-asfaltico/>
- Martínez, A. (2009). Infraestructura vial y pavimentos. Recuperado 25 de noviembre de 2019, de <http://pavimyvias77.blogspot.com/>
- Miller, J. S., Bellinger, W. Y., & Federal Highway Administration. (2014). Distress identification manual for the long-term pavement performance program.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). MTOP termina la construcción de 24.2 kilómetros de vías rurales que benefician a los habitantes del cantón Azogues. Recuperado 16 de noviembre de 2019, de <https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-termina-la-reconstruccion-de-24-2->



kilometros-de-vias-rurales-que-benefician-a-los-habitantes-del-canton-azogues/

- Mogrovejo, D. E. (2020). Tecnología de construcción y sistemas de gestión de carreteras evaluación funcional y estructural.
- Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá.
- MOP. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.
- MOP Paraguay. (2011). Programa de mejoramiento, gestión y mantenimiento de la red vial. Paraguay. Recuperado de https://www.mopc.gov.py/userfiles/files/MANTENIMIENTO_VIAL.pdf
- National Highway Institute, I. (2002). Sobrecarpetas en pavimentos existentes(AASHTO-93 y software DIPAV 2.0). Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/41700883/MANUAL-SOBRECARPETAS-AASHTOpdf/>
- NEVI-12-MTOP. (2012). Norma ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP. Vol. 2b. Recuperado 28 de marzo de 2020, de <https://es.slideshare.net/ramirobautistaaguirre/mtop-v-2-libro-b-norma-para-estudios-y-diseo-vial>
- NEVI-12-MTOP. (2013a). Norma ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP. Vol. 2. Normas para estudios y diseños viales (Vol. 2). Quito.
- NEVI-12-MTOP. (2013b). Norma ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP. Vol. 3. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito. Recuperado de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf
- Otiniano Arribasplata, M. A., & Paria Caballero, M. (2016). Análisis de las propiedades físico - mecánicas presentes en las mezclas asfálticas en frío utilizando emulsiones asfálticas catiónicas y agregados pétreos de la localidad - Nvo. Chimbote - 2015. Universidad Nacional del Santa.



PETROECUADOR. (2019). Consumos de combustible. Quito.

Portal Ondac Construcción. (2020). Riego de liga. Recuperado 18 de mayo de 2020, de <https://portal.ondac.com/601/w3-article-64794.html>

Rosario, A. A. Del, Directores, B., Catalá, J., Tatiana, A., & Segura, G. (2016). Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la república dominicana. Aplicación a la carretera El Seibo-Hato Mayor.

Sánchez Sabogal, F. (2005). Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Recuperado de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-19-seleccin-de-tratamientos-y-estrategias-de-rehabilitacin-fernando-snchez-sabogal>

Sánchez Sagobal, F. (2016). Módulo 19: selección de tratamientos y estrategias de rehabilitación. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-19-seleccin-de-tratamientos-y-estrategias-de-rehabilitacin-fernando-snchez-sabogal>

Schliessler, A., & Naciones Unidas. (1994). Caminos: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales. Chile.

Secretaría de comunicaciones y transportes de México. (2014). Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México. SCT, 1107. Recuperado de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Guias/guia-carreteras.pdf>

Serment-Guerrero, V. A. (2012). Pavimentos rígidos y flexibles, ventajas y desventajas. XIX Reunión nacional de ingeniería de vías terrestres, ("Movilidad, factor detonante para el progreso de México"), 1-17.

Soruco, R. (2017). Reciclado in situ con cemento - experiencia en Bolivia. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=BLIIdWYR5xQ>

Thenoux Z, G., & Gaete, R. (2012). Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseños de capas de refuerzo asfáltico. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/364-1107-1-PB.pdf>



Universidad Javeriana, P. (2002). Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria.

Universidad Mayor San Simón. (2004). Manual completo - diseño de pavimentos. Recuperado de <https://civilgeeks.com>

Vásquez V., L. R. (2002). Pavement condition index (PCI). Manizales. Recuperado de <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Wirtgen, G. (s. f.). Recicladoras y estabilizadoras de suelos | Wirtgen. Recuperado 9 de diciembre de 2020, de <https://www.wirtgen-group.com/ocs/es-bo/wirtgen/recicladoras-y-estabilizadoras-de-suelos-65-c/?cat=67>

Wirtgen GmbH, G. (2004a). Cold recycling wirtgen cold recycling manual. Recuperado de <https://www.wirtgen-group.com/ocs/es-bo/wirtgen/recicladoras-y-estabilizadoras-de-suelos-65-c/?cat=67>

Wirtgen GmbH, G. (2004b). Manual de Reciclado en Frío. Alemania.

ANEXOS

Anexo 1: Tipo, peso y dimensión vehicular

Anexo 2: Ábacos para encontrar los coeficientes estructurales

Anexo 3: Ábacos para determinar los “DV” en pavimentos de hormigón asfáltico.

Anexo 4: Ábaco para determinar los valores deducidos corregidos en pavimentos flexibles

Anexo 5: Formato para evaluación visual en campo

Anexo 6: Resultados de evaluación en campo (muestras analizadas)

Anexo 7: Resultados de evaluación en campo (muestras adicionales analizadas)

Anexo 8: Formato para conteo volumétrico

Anexo 9: Registros de procesamiento de conteo volumétrico diario

Anexo 10: Ensayo de CBR y calicata en la vía de estudio

Anexo 11: Información INAMHI de zona en estudio

Anexo 1: Tipo, peso y dimensión vehicular

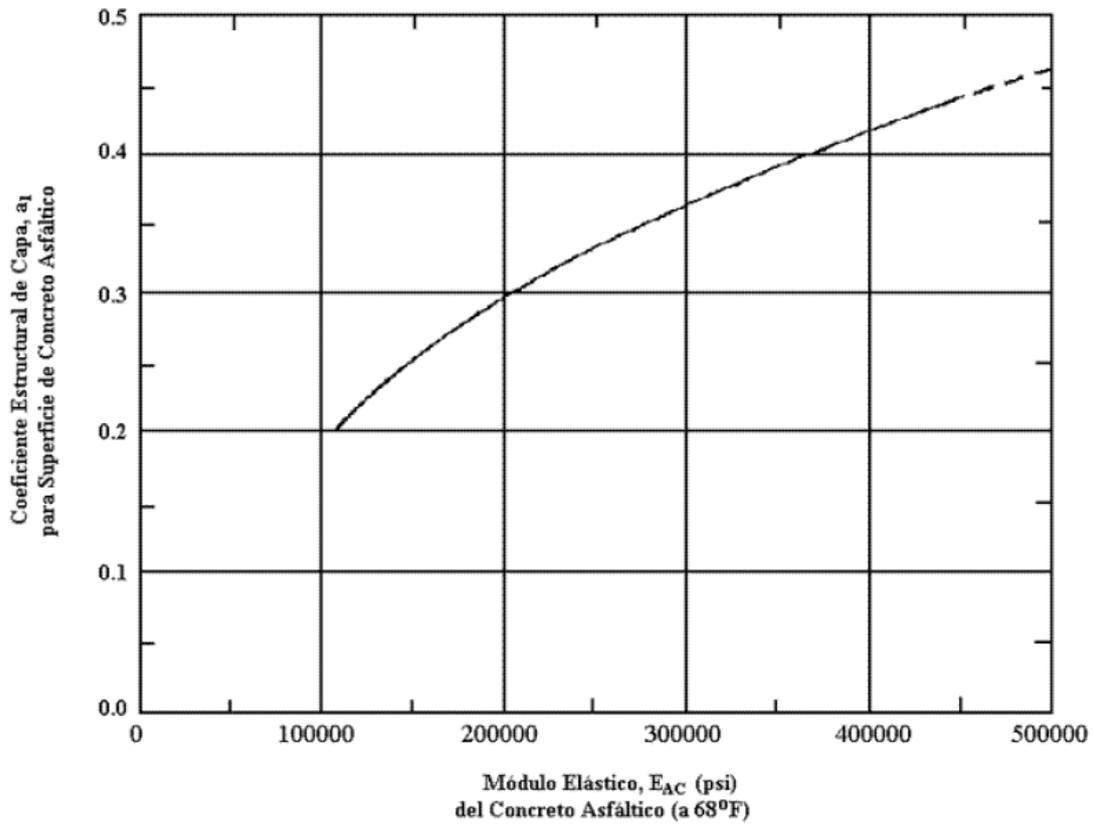
CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m etras)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30



Anexo 2: Ábacos para encontrar los coeficientes estructurales

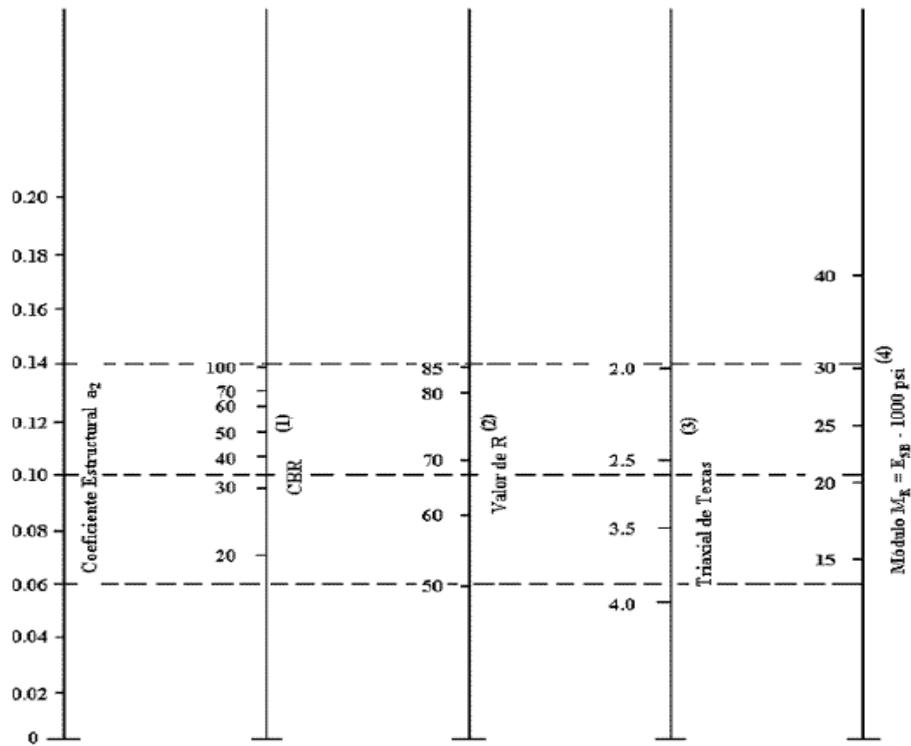
Ábaco para



valorar el coeficiente estructural de capas - hormigón asfáltico (a_1)

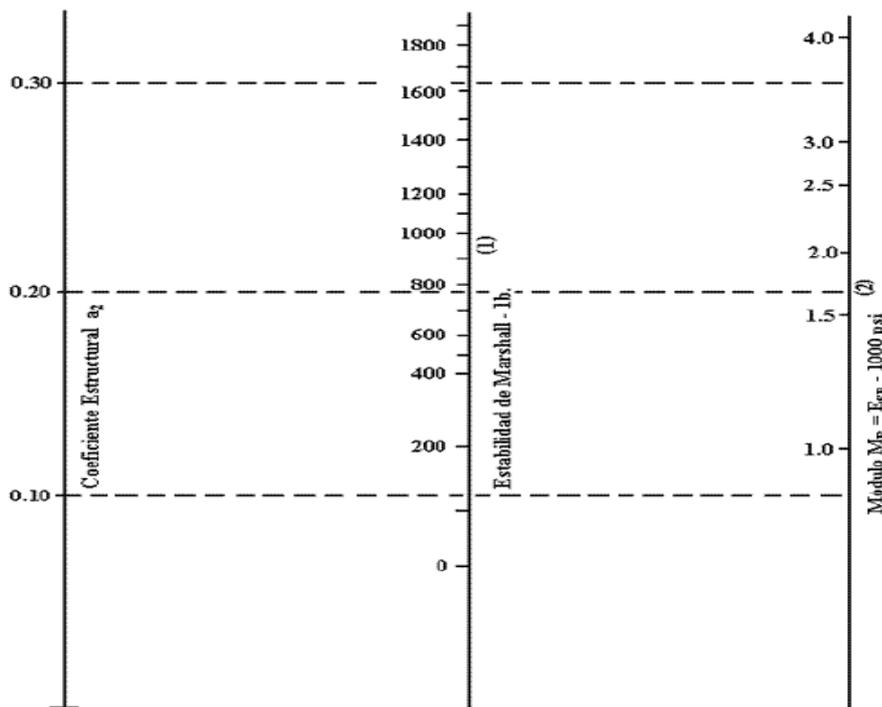


Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas - bases granulares (a2)



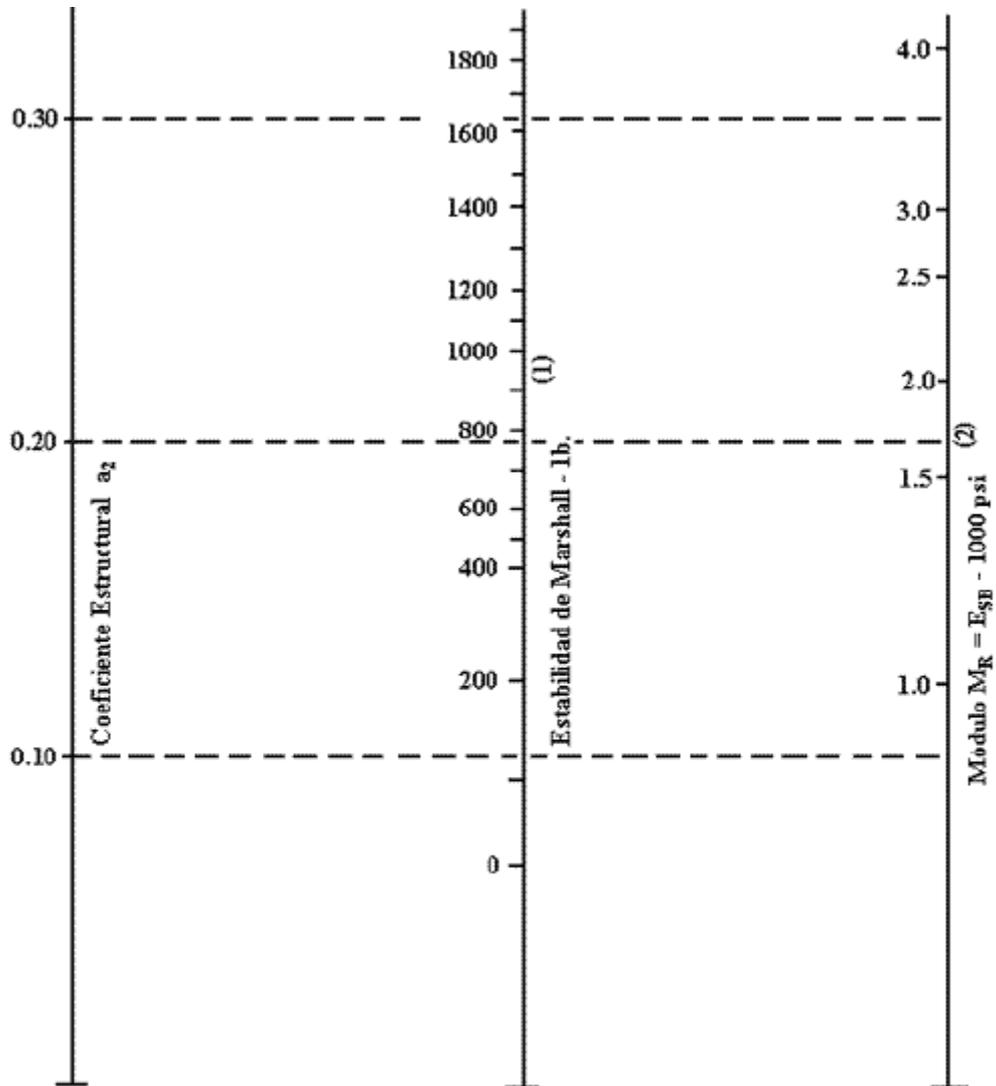
- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas - bases tratadas con cemento (a2)



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois.
- (2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

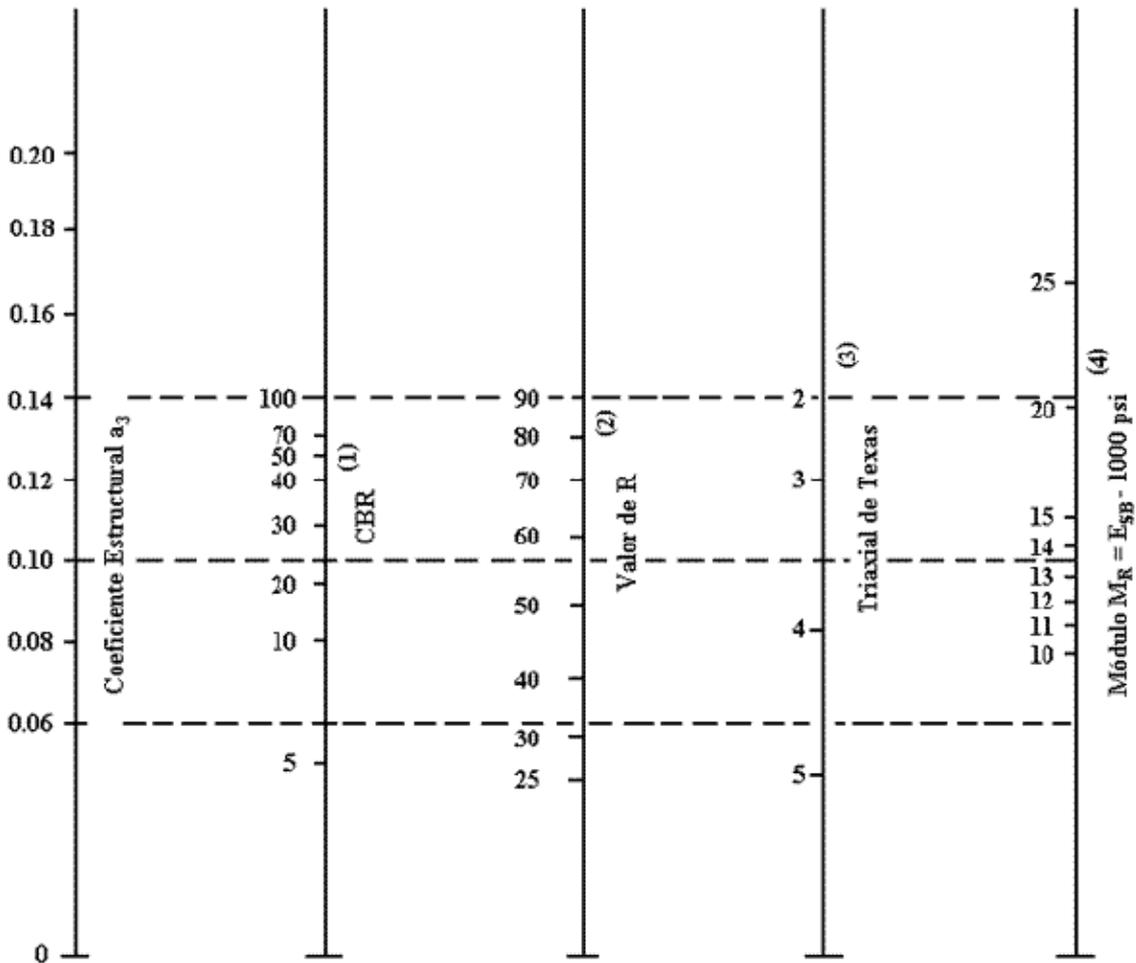
Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas - bases bituminosas (a2)



(1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois.

(2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas de subbases (a₃)

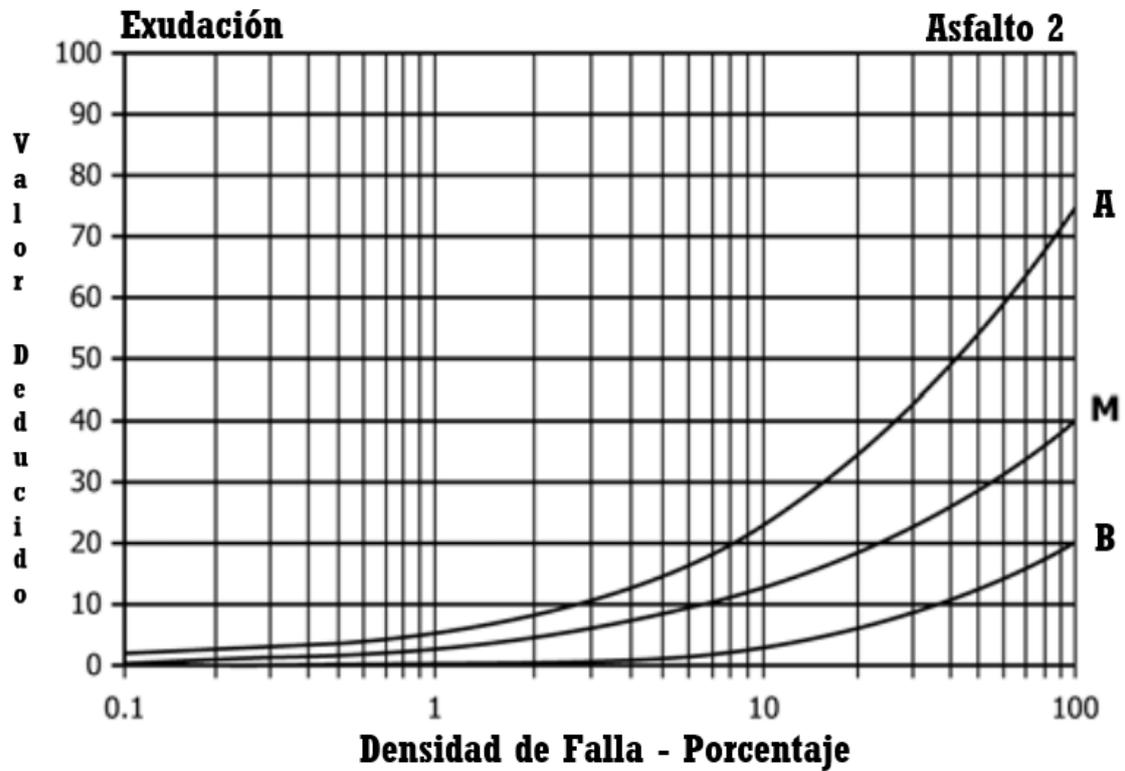


- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

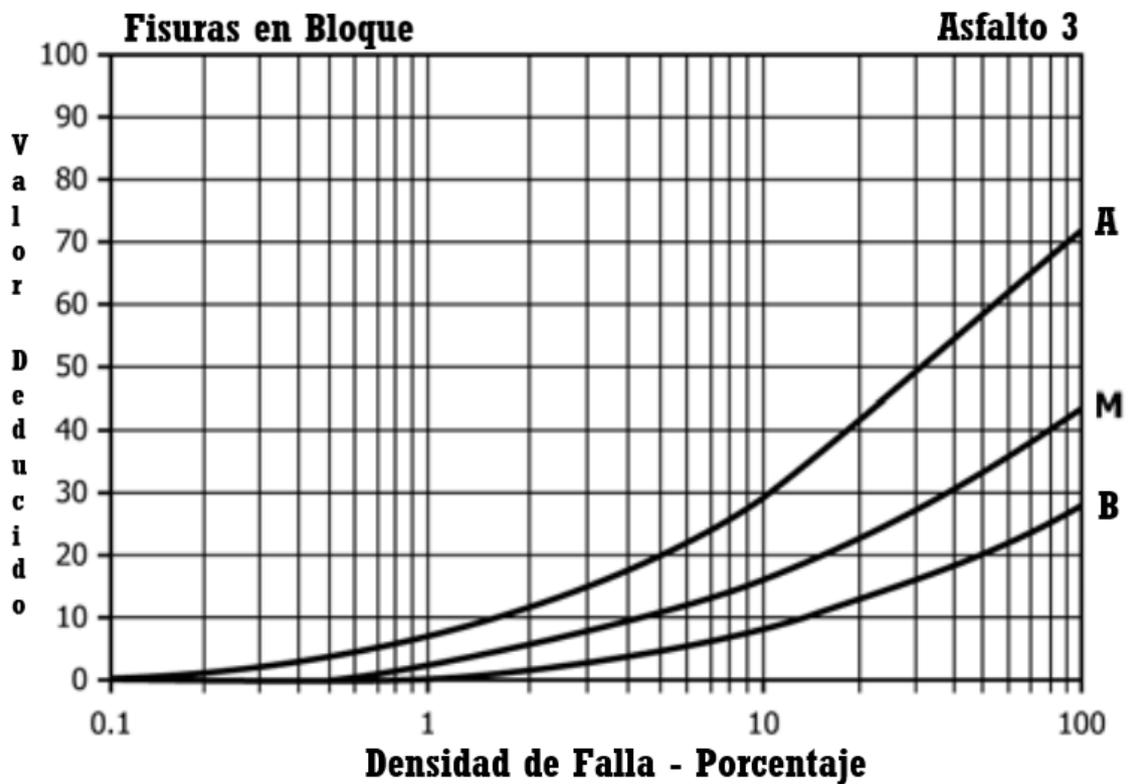


Anexo 3: Ábacos para determinar los “DV” en pavimentos de hormigón asfáltico.

Falla #1: exudación.

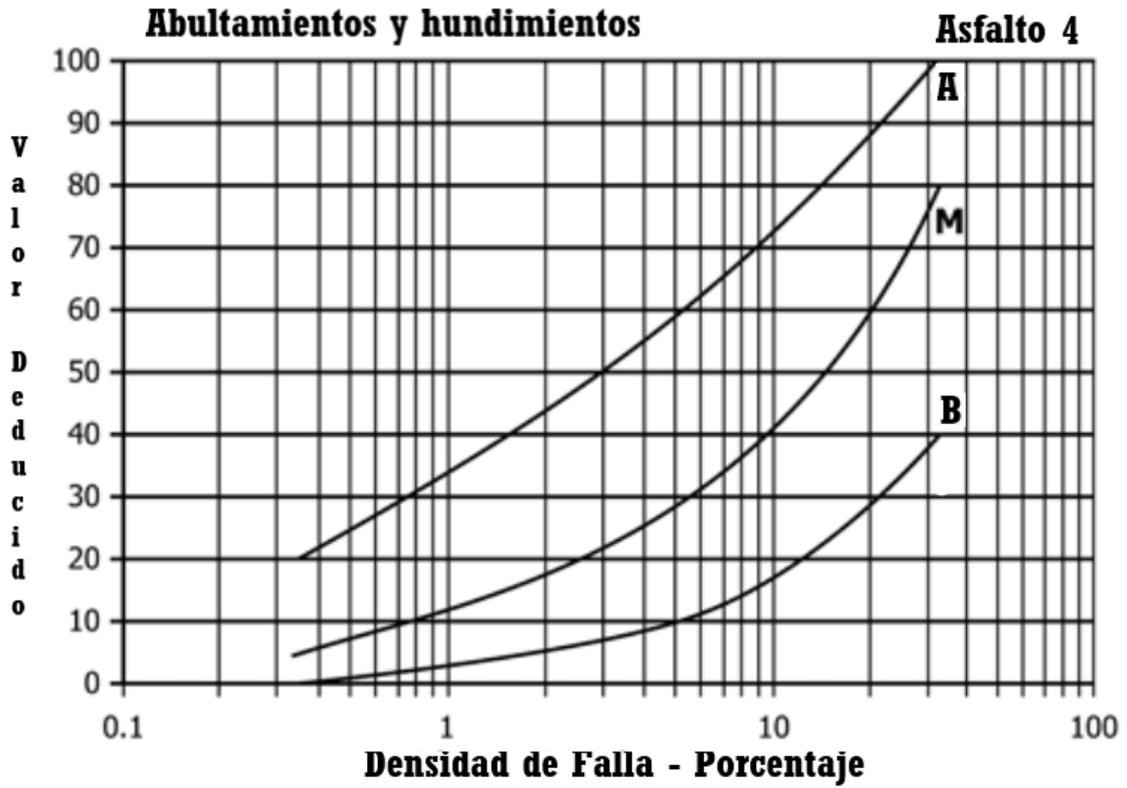


Falla #2: fisuras en bloque.

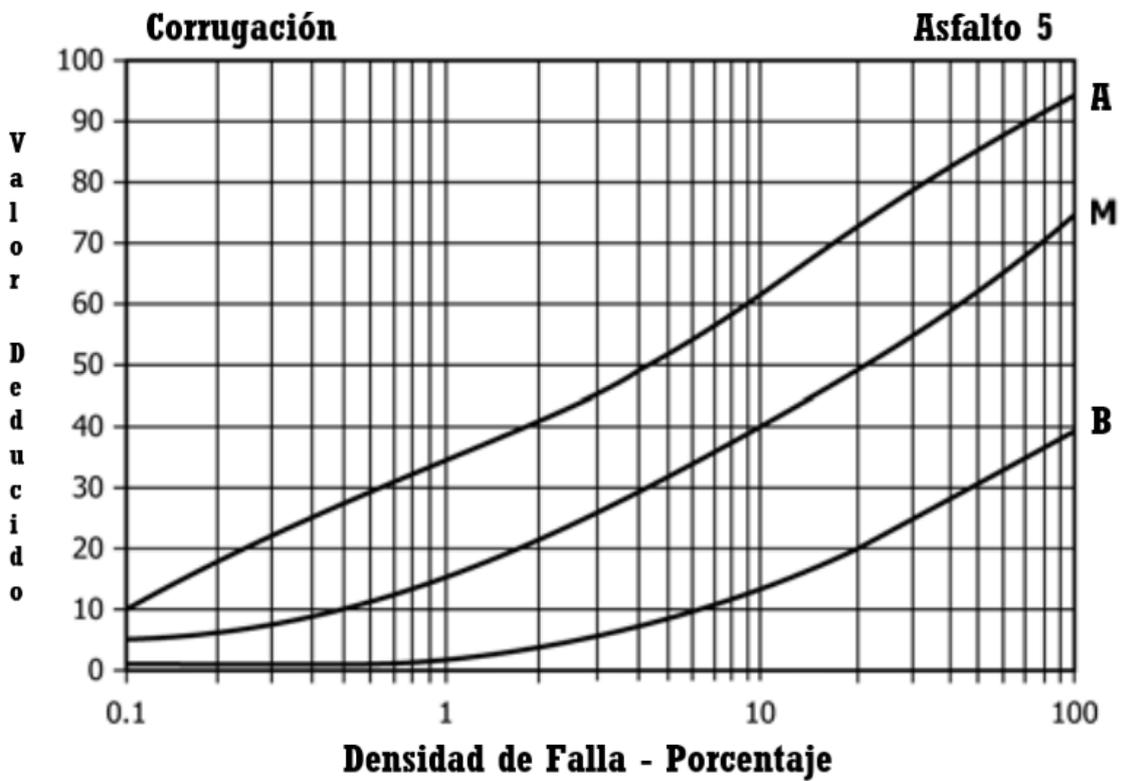




Falla #3: abultamientos y hundimientos.

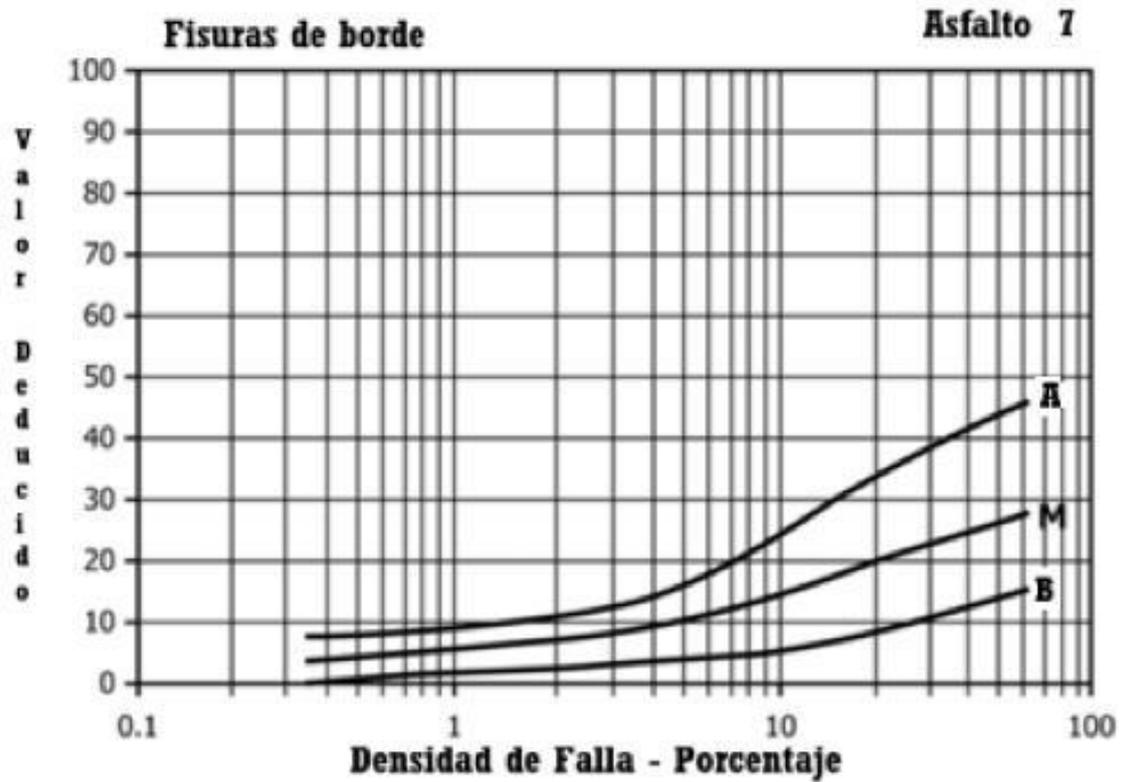


Falla #4: corrugación.

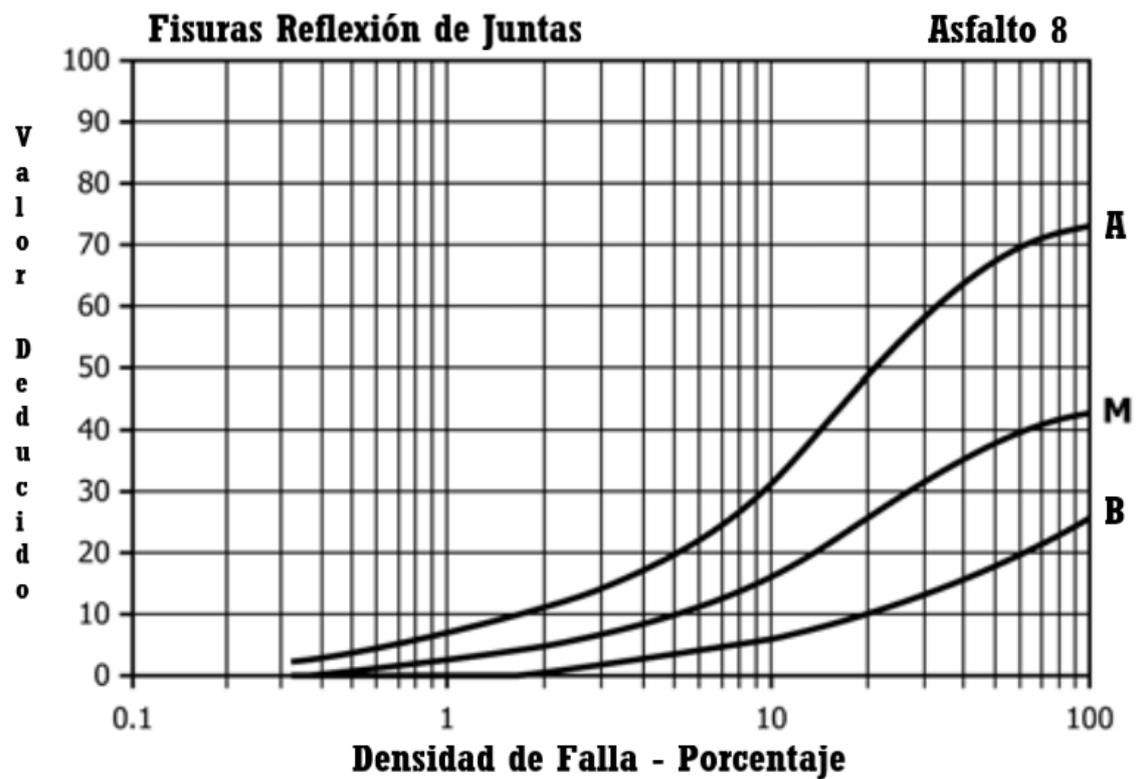




Falla #5: fisuras de borde.

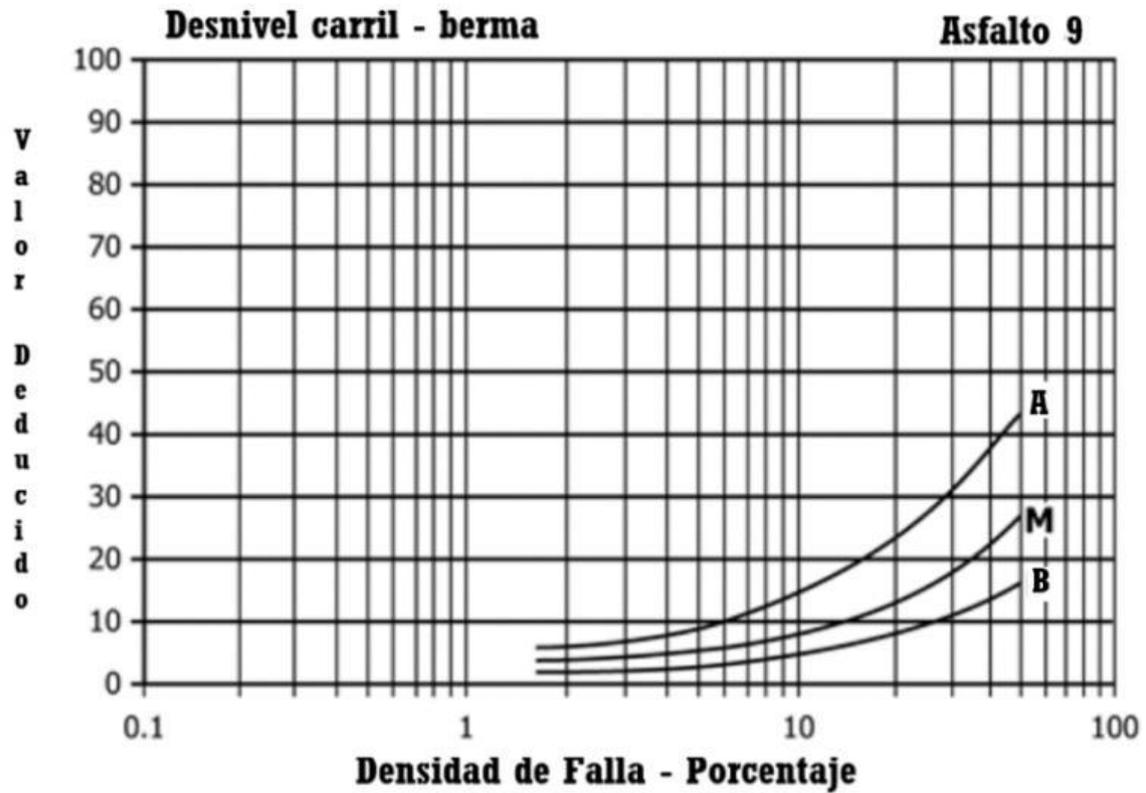


Falla #6: fisuras de reflexión de junta.

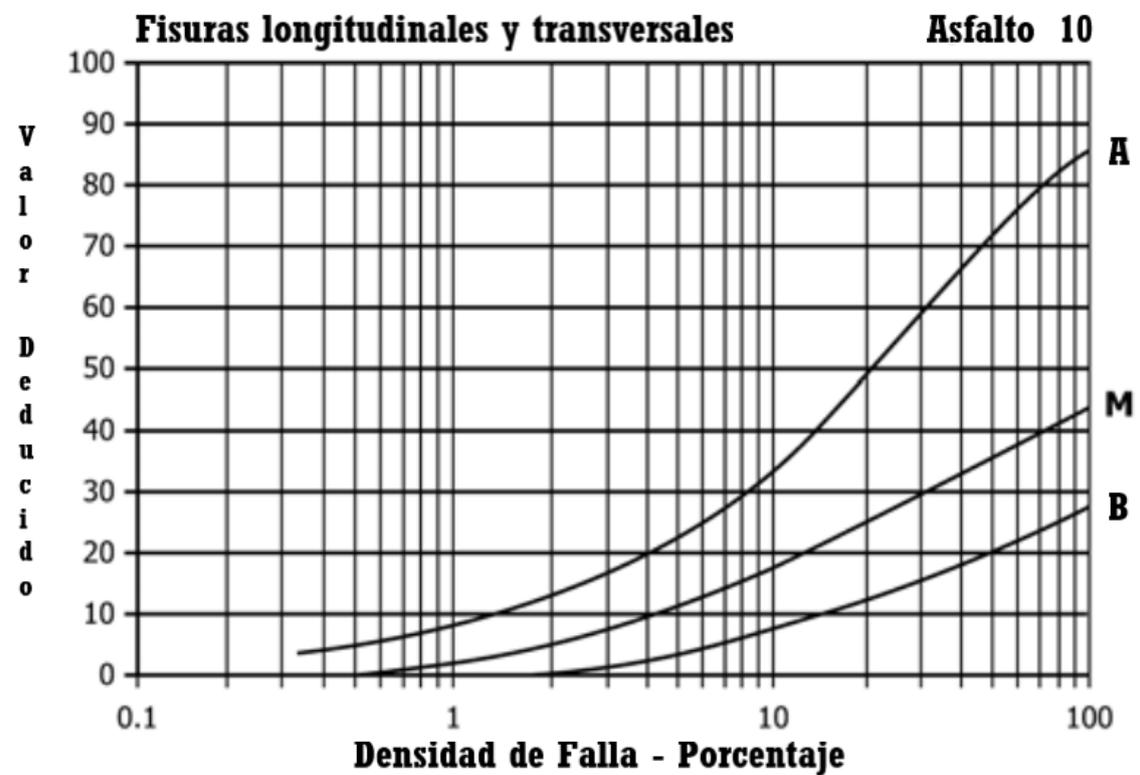




Falla #7: desnivel carril – berma.

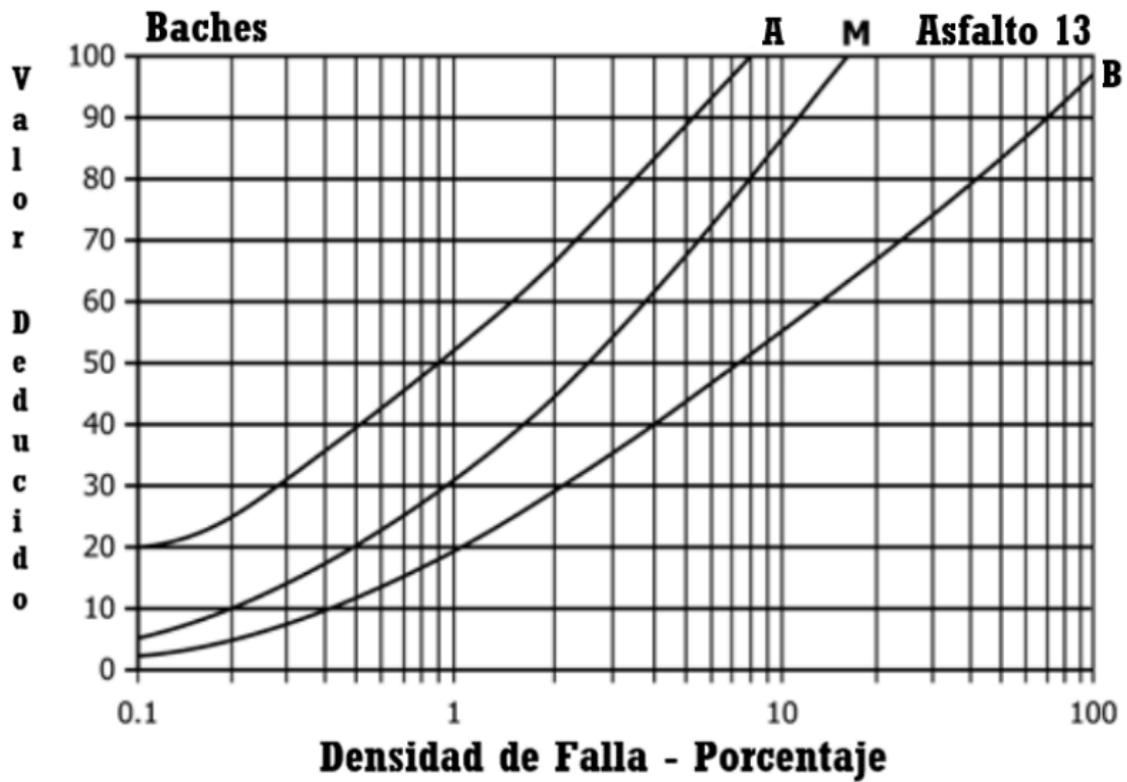


Falla #8: fisuras longitudinales y transversales.

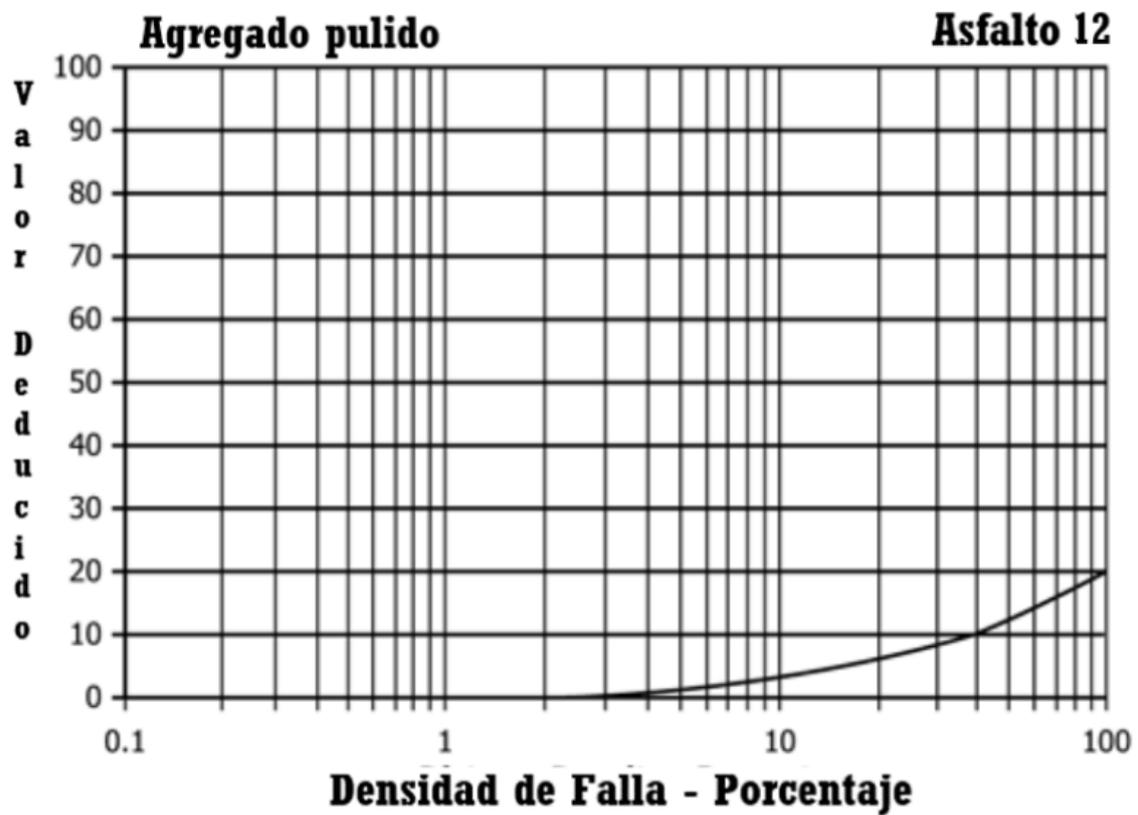




Falla #9: baches.

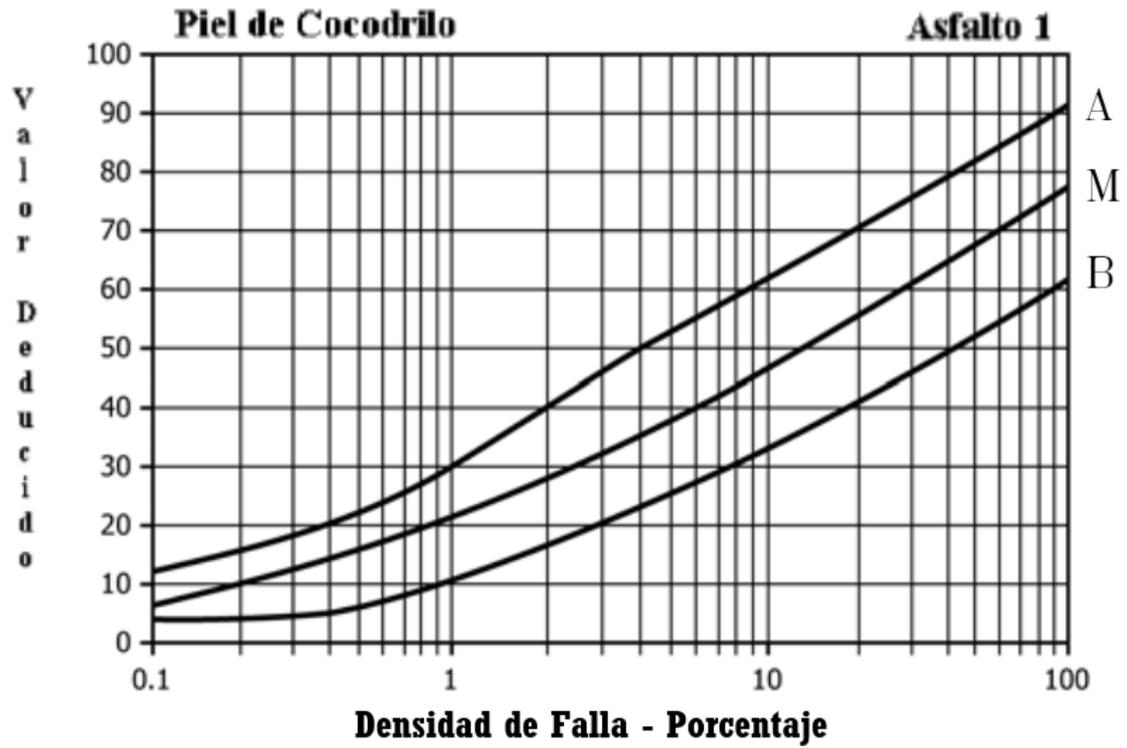


Falla #10: agregado pulido.

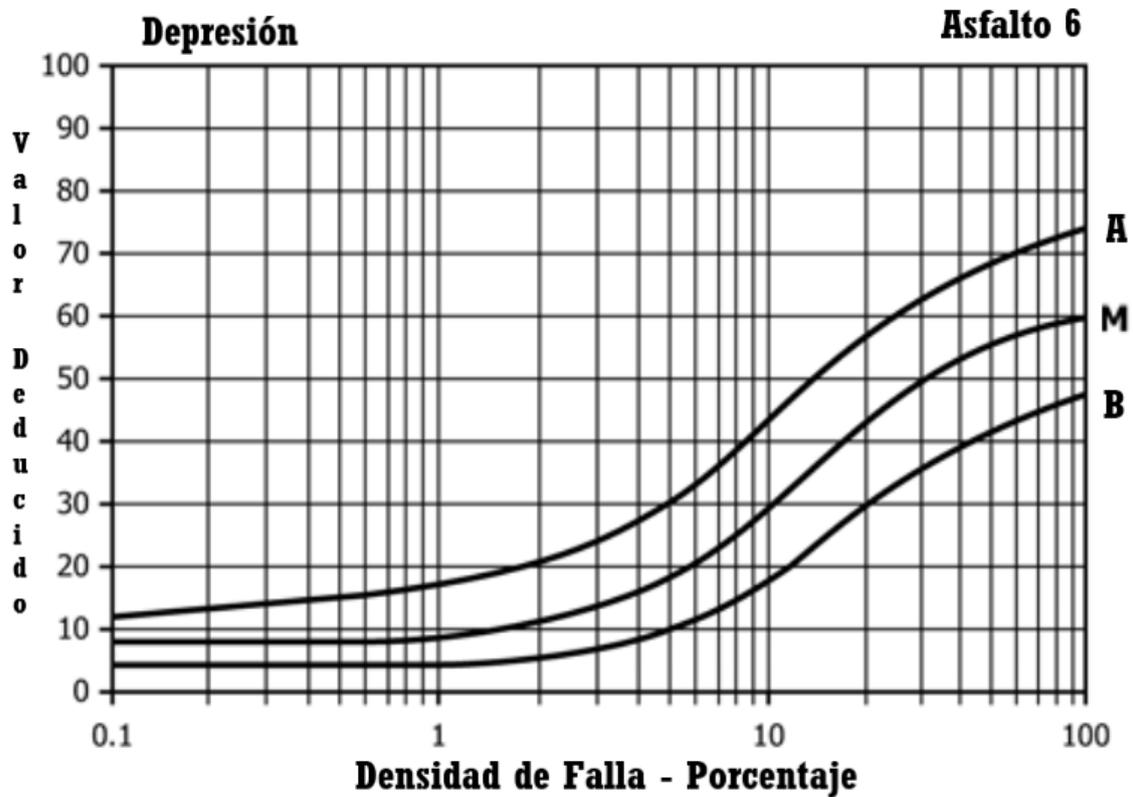




Falla #11: piel de cocodrilo.

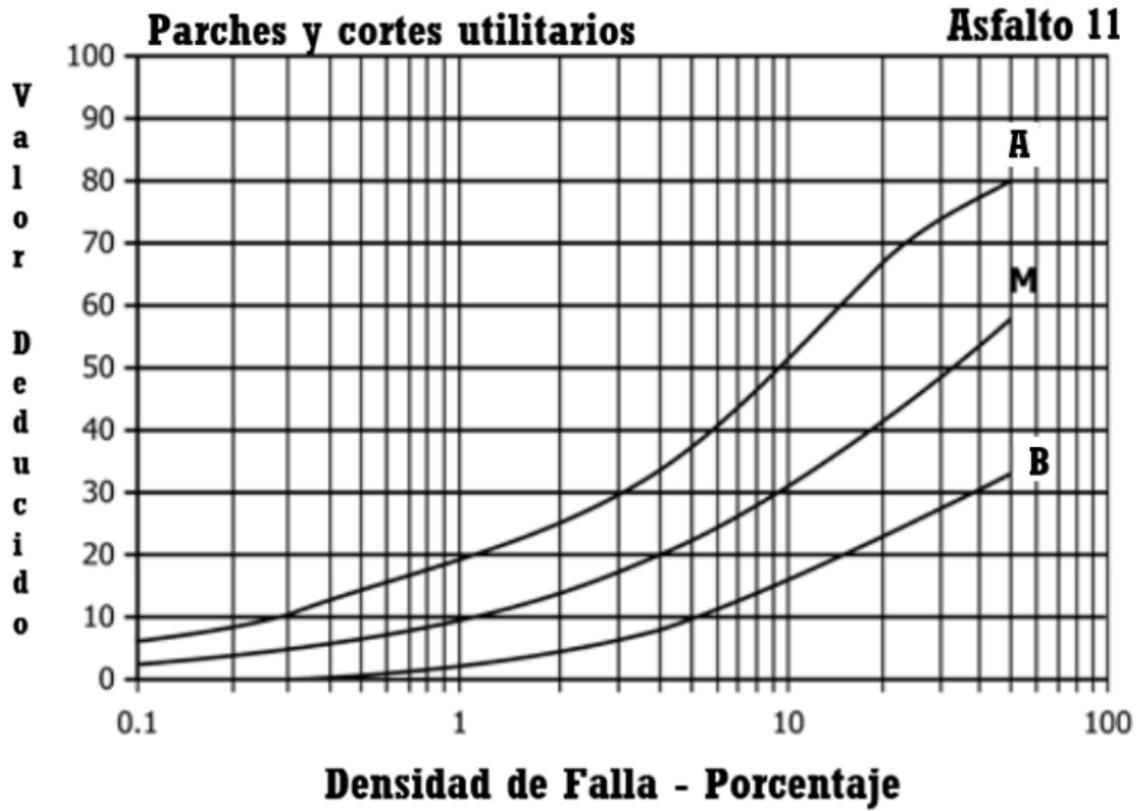


Falla #12: depresión.

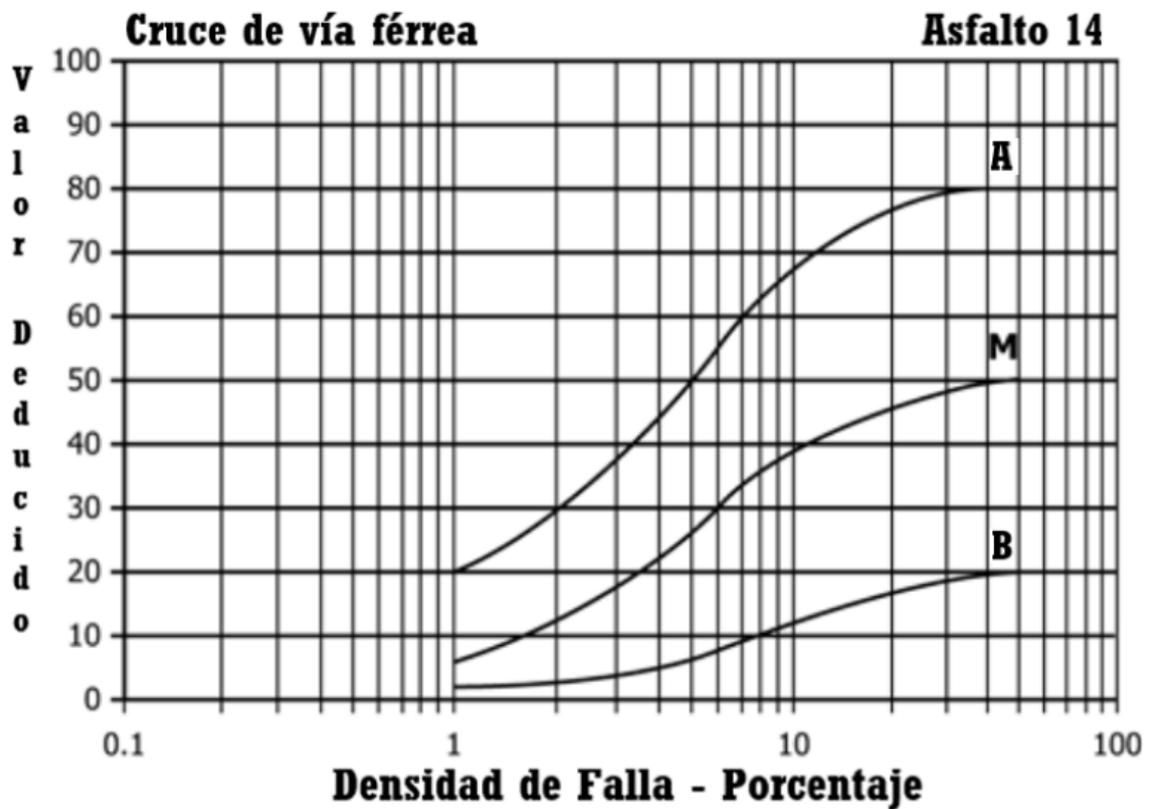




Falla #13: parches y parches de cortes utilitarios.

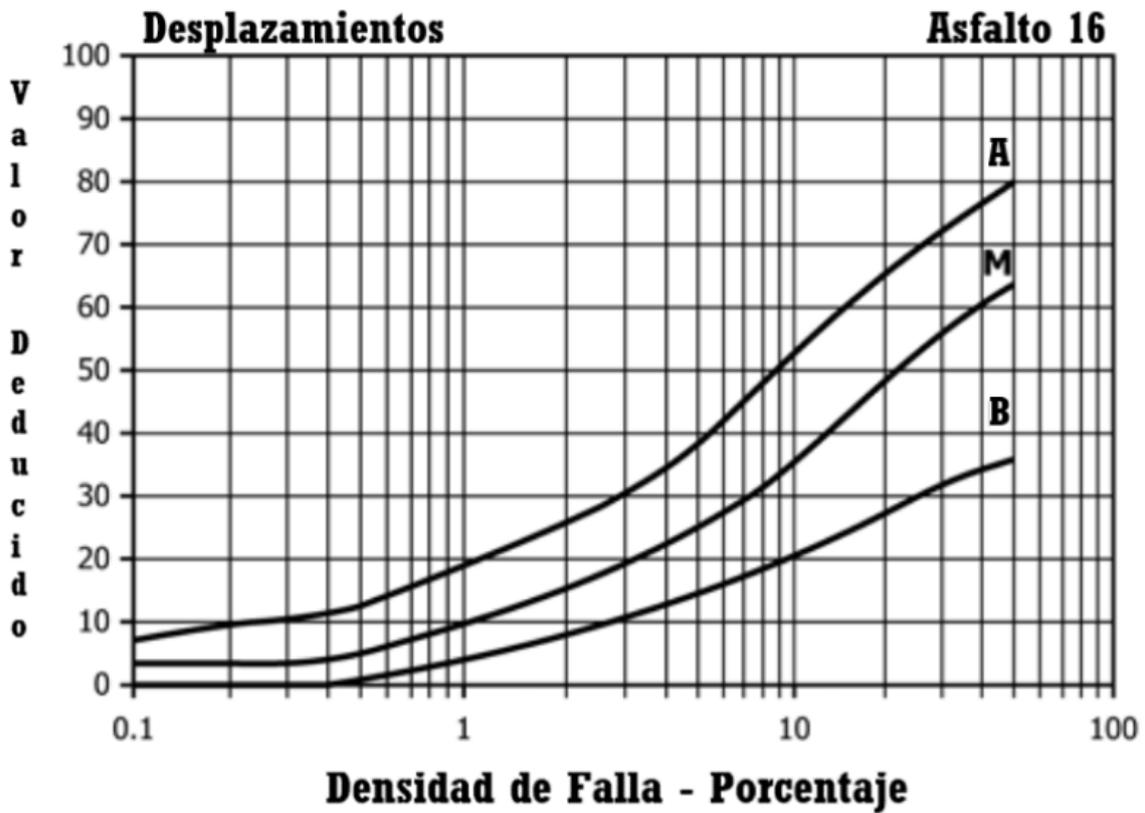


Falla #14: cruce de vía férrea.

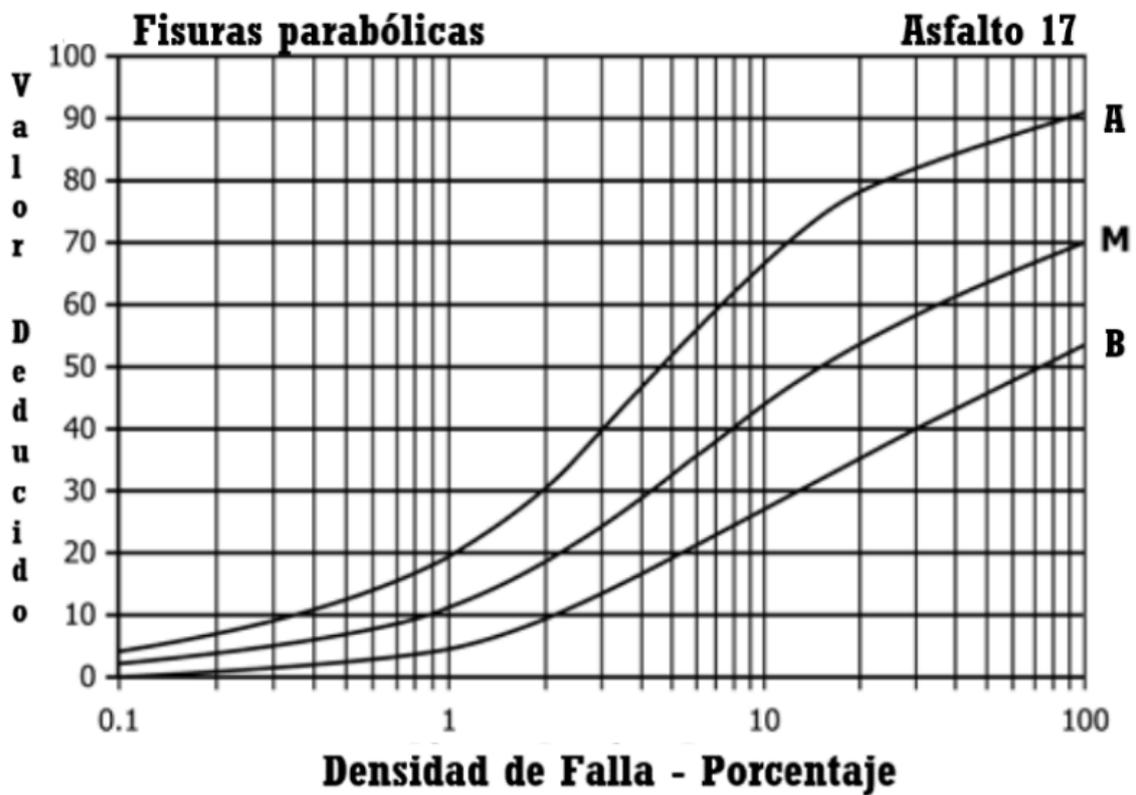




Falla #15: desplazamientos.

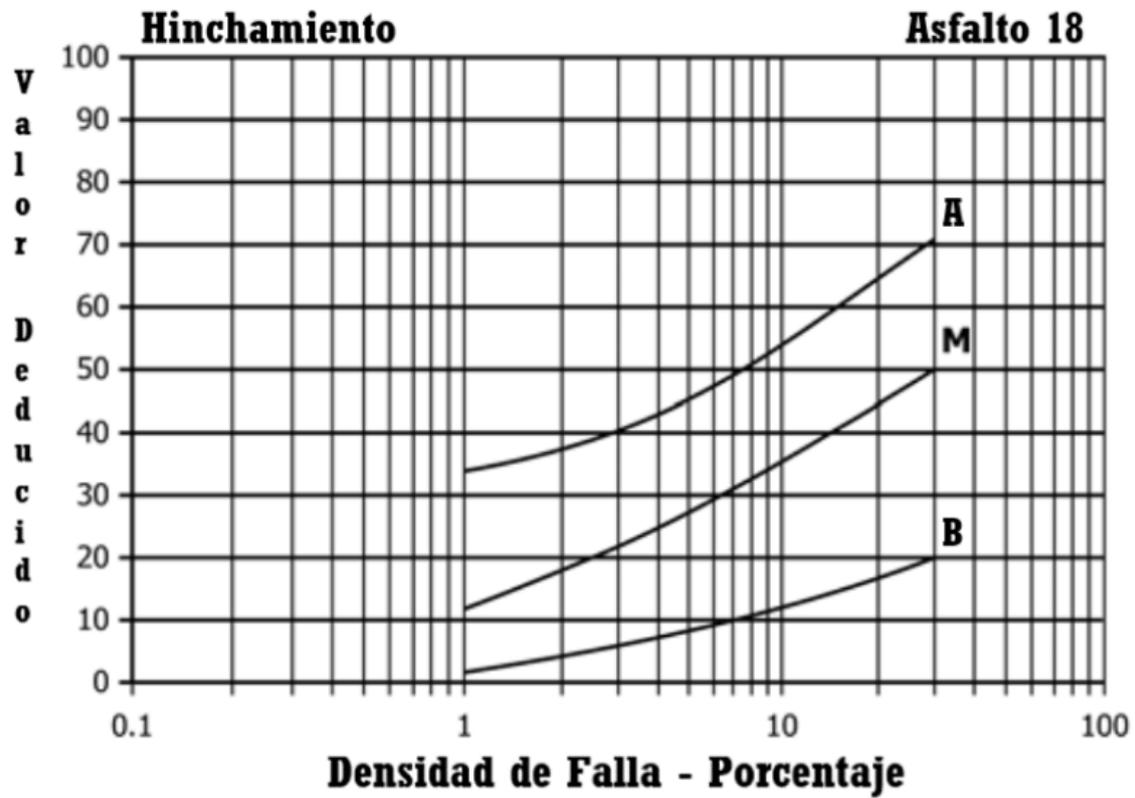


Falla #16: fisuras por desplazamientos (parabólicas)

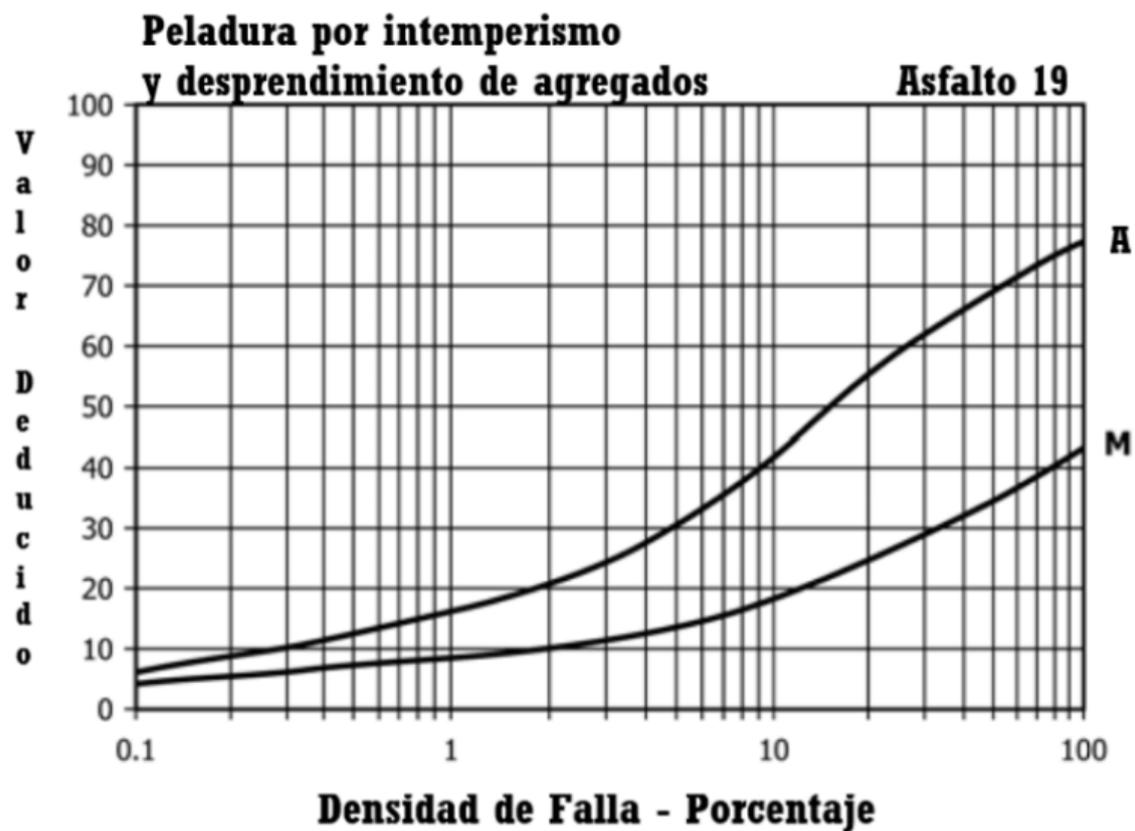




Falla #17: hinchamiento.

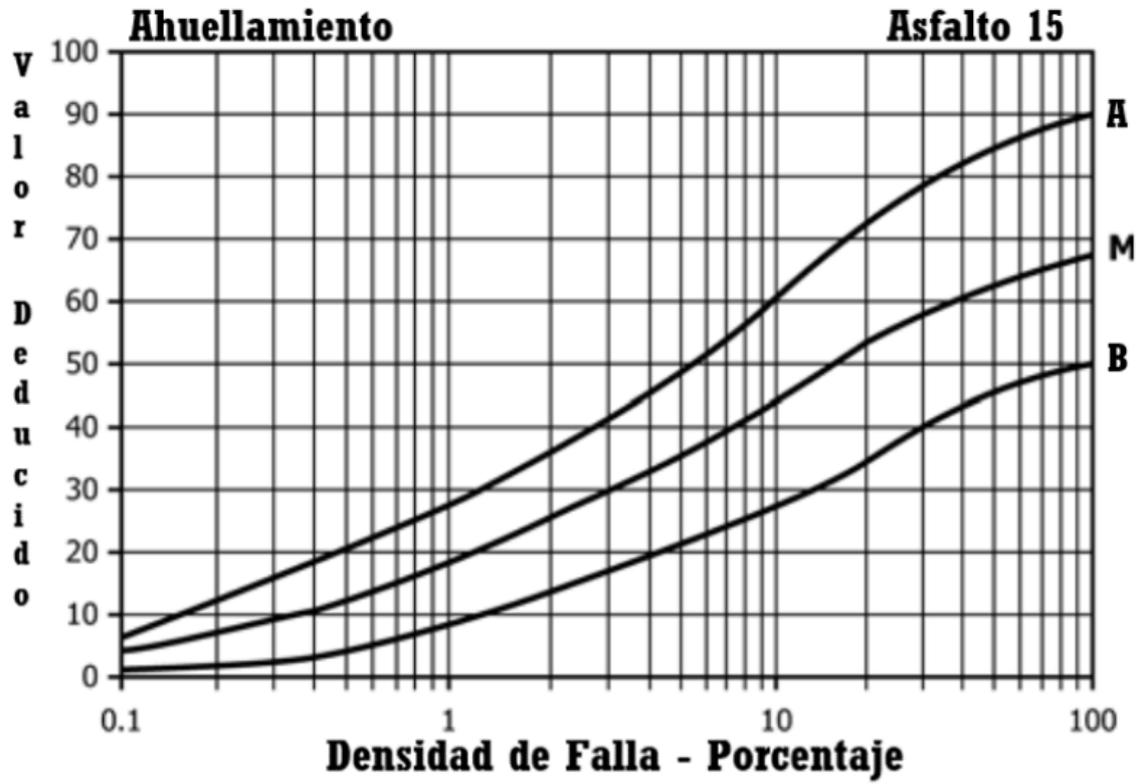


Falla #18: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.



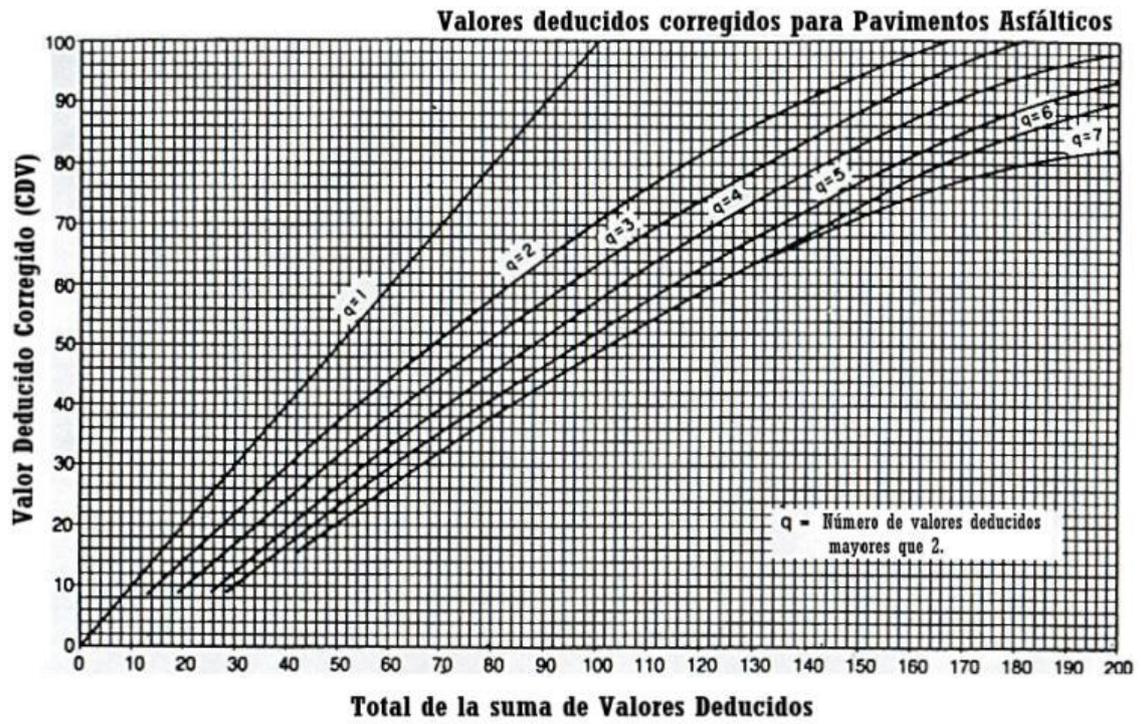


Falla #19: ahuellamiento.





Anexo 4: Ábaco para determinar los valores deducidos corregidos en pavimentos flexibles





Anexo 5: Formato para evaluación visual en campo

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		C. Rodadura:				Tramo:		
Fecha:		Abscisa inicial:		Abscisa final:		Área de tramo:	m2	
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	Tot.	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	g
CALCULO DEL PCI								
"DV"						CDT	Q	CDV
						HDV		
						PCI		
						CLASIFICACIÓN		



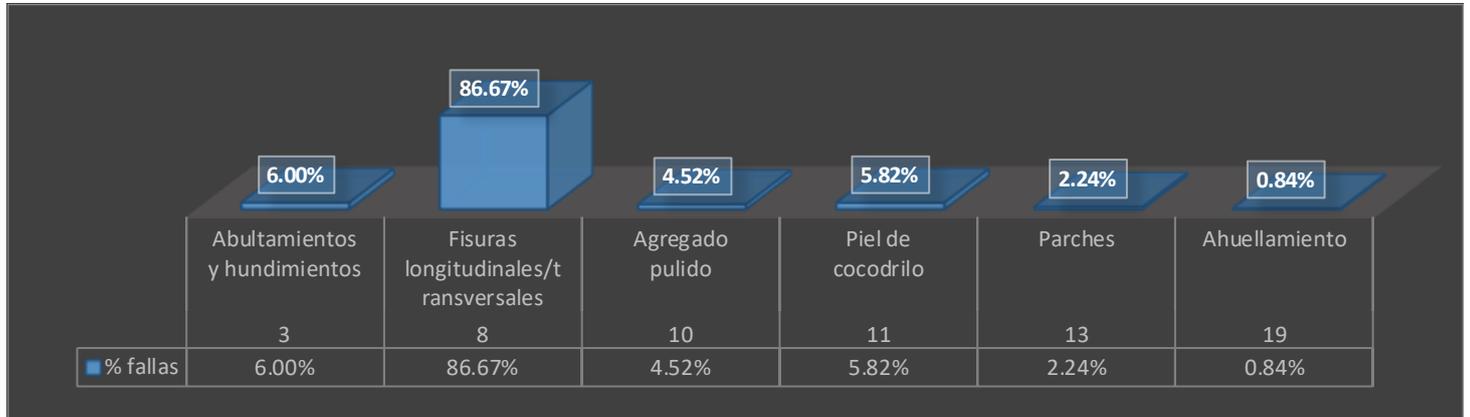
Anexo 6: Resultados de evaluación en campo (muestras analizadas)

Tramo 1:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1967		UNIVERSIDAD DE CUENCA									
		EVALUACIÓN DEL PCI									
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba									
Evaluado por:		Ing. Felipe Redrován		C. Rodadura:		Pavimento asfáltico		Tramo:		Tramo 1	
Fecha:		lunes, 15 de junio de 2020		Abscisa inicial:		0+036		Abscisa final:		0+072	
								Área de tramo (m ²):		250	
TIPOS DE FALLAS											
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados						
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados						
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados						
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados						
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados						
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados						
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados						
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento	metros cuadrados						
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados						
10	Agregado pulido	metros cuadrados									
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL				
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	2.00		2.00				
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	3.50	0.60		2.10				
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	214.25	0.01		214.25				
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	7.00	0.65		4.55				
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	9.00	0.75		6.75				
13	Parches	1 metros cuadrados	b	1.15	1.15		1.04				
13	Parches	1 metros cuadrados	b	1.50	0.70		1.05				
3	Abultamientos y hundimientos	metros	b	15.00	2.50		15.00				
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.01		1.00				
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.60	0.01		0.60				
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.80	0.01		0.80				
13	Parches	metros cuadrados	b	1.60	2.20		3.52				
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	1.00		2.00				
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.20	2.40		5.28				
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.20	2.40		5.28				
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES											
Falla		Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q			
3	Abultamientos y hundimientos	metros	b	15.00	6.00%	12	119	5			
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	216.65	86.67%	42					
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	11.30	4.52%	2					
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	14.56	5.82%	40					
13	Parches	metros cuadrados	b	5.61	2.24%	5					
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	2.10	0.84%	18					
							m	6.33			
CALCULO DEL PCI											
DV						CDT	Q	CDV			
42	40	18	12	5		117	5	62			
42	40	18	12	2		114	4	65			
42	40	18	2	2		104	3	66			
42	40	2	2	2		88	2	64			
42	2	2	2	2		50	1	50			



HDV	66
PCI	34
CLASIFICACIÓN	
MALO	



Fisuras / Agregado Pulido



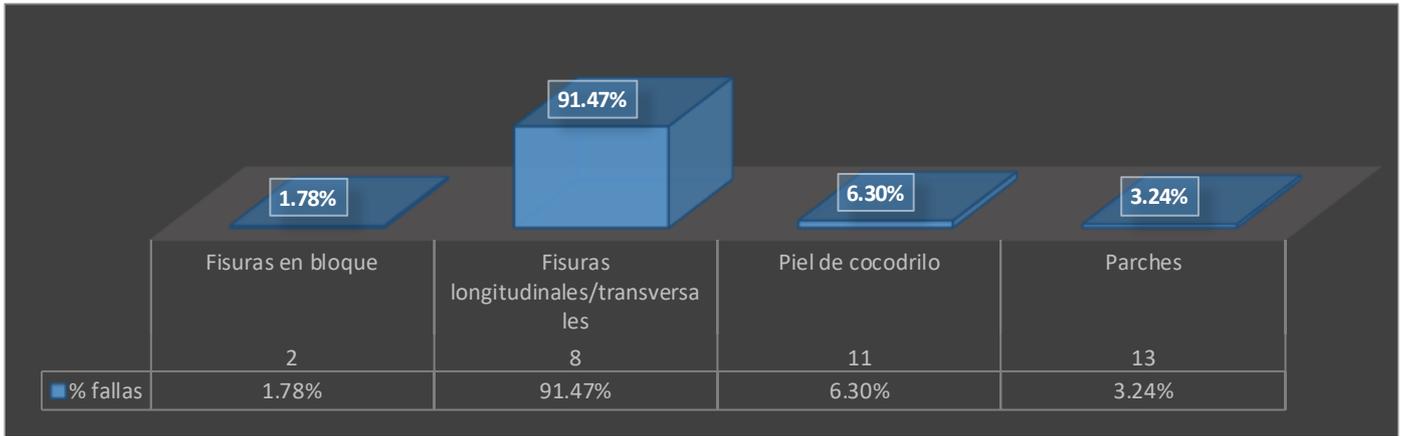
Piel de cocodrilo



Tramo 2:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Via:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						Tramo:	Tramo 2
Evaluado por:	Ing. Felipe I. Redrován F.	C. Rodadura:	Pavimento asfáltico		Abscisa inicial:	0+500	Abscisa final:	0+536
Fecha:	Lunes, 15 de junio de 2020						Área de tramo (m²):	221
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo			metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión			metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches			metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea			metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos			metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)			metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento			metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento			metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
	<i>Falla</i>	<i>Unid.</i>	<i>Sev.</i>	<i>Larg. (m)</i>	<i>Anch. (m)</i>	<i>Prof. (m)</i>	<i>TOTAL</i>	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.01		71.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	107.83	0.01		107.83	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.40	0.35		0.14	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.50	1.30		1.95	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.00	0.90		3.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.50	1.60		2.40	
13	Parches	metros cuadrados	b	1.30	2.50		3.25	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	1.30	2.50		3.25	
13	Parches	metros cuadrados	b	1.50	2.60		3.90	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	0.75	0.90		0.68	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.90	0.008		0.90	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.70	0.010		0.70	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.50	0.25		0.13	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.50	0.70		3.15	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.70	0.25		0.18	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.30	0.20		0.26	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.75	0.008		1.75	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.00	0.01		2.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	3.50	0.01		3.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.80	0.01		0.80	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.30	0.008		1.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.00	0.008		4.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	6.00	0.01		6.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	0.70		2.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.50	0.01		1.50	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
	<i>Falla</i>	<i>Unid.</i>	<i>Sev.</i>	<i>Tot.</i>	<i>Densid. %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	3.93	1.78%	5	106	4
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	201.70	91.47%	43		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	13.90	6.30%	40		
13	Parches	metros cuadrados	b	7.15	3.24%	18		
							m	6.23
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
43	40	18	5			106	4	61
43	40	18	2			103	3	65
43	40	2	2			87	2	63
43	2	2	2			49	1	49

HDV	65
PCI	35
CLASIFICACIÓN	
MALO	



Fisuras



Piel de cocodrilo



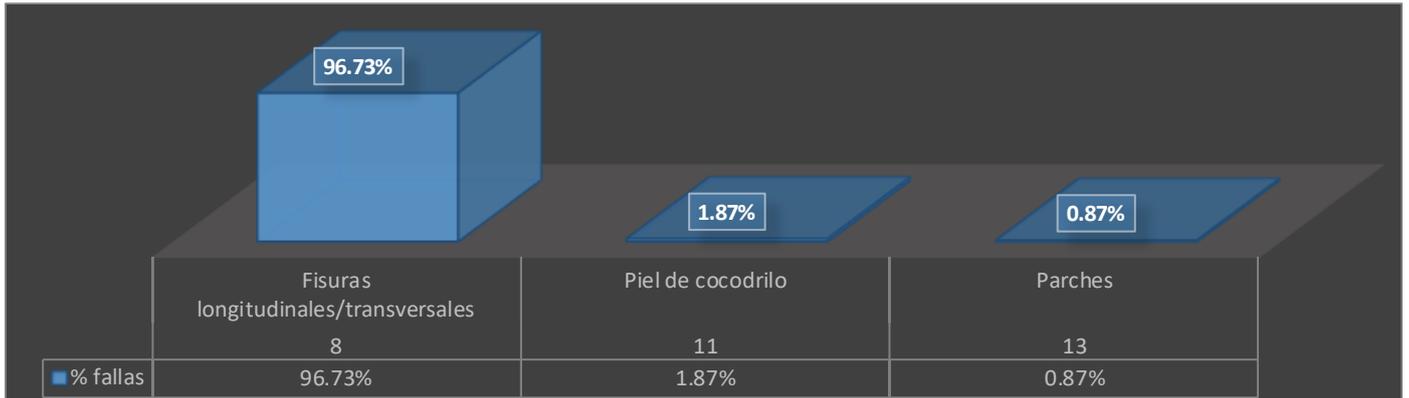
Fisuras por desplazamientos / Longitudinales



Tramo 4:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba					
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020		C. Rodadura:	Pavimento asfáltico		Tramo:	Tramo 4		
		Abscisa inicial:	1+429	Abscisa final:	1+464	Área de tramo (m²):	237	
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.05	0.01		2.05	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.20	0.01		1.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.50	0.01		2.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.01		1.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.80	0.01		0.80	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	3.00	0.01		3.00	
13	Parches	2 metros cuadrados	b	1.15	1.15		2.08	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.90	0.01		2.90	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.50	0.01		0.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.50	0.01		1.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.00	0.01		4.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	3.00	0.01		3.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.01		71.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	127.83	0.01		127.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.00	0.01		2.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.90	1.10		2.09	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.70	0.90		0.63	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.30	0.75		1.73	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.01		1.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.50	0.01		1.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.50	0.01		0.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.60	0.01		0.60	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.40	0.01		2.40	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	229.70	96.73%	45	76	3
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.45	1.87%	28		
13	Parches	metros cuadrados	b	2.08	0.87%	3		
							m	6.05
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
45	28	3				76	3	49
45	28	2				75	2	55
45	2	2				49	1	49

HDV	55
PCI	45
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	



Fisuras longitudinales



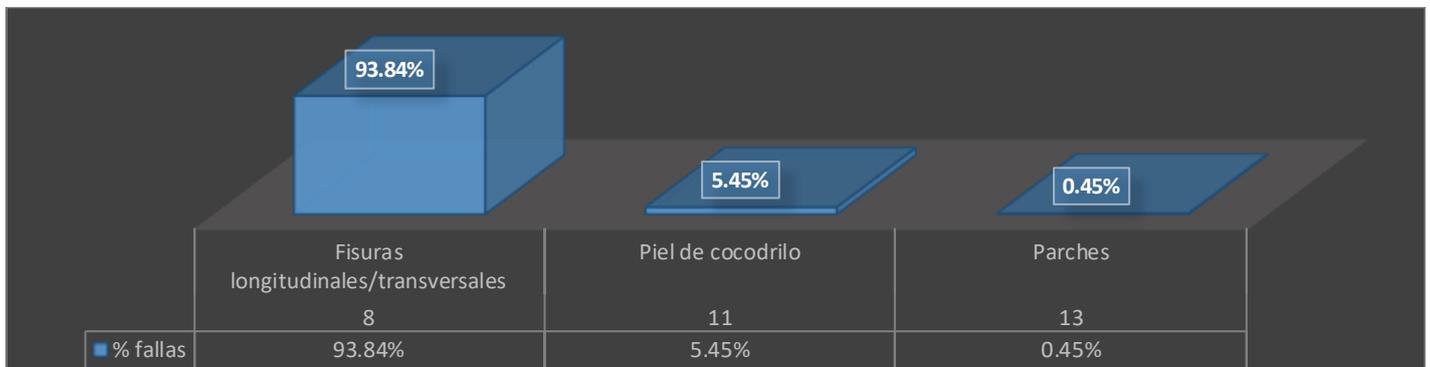
Piel de cocodrilo



Tramo 5:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	Tramo: Tramo 5				
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura: Pavimento asfáltico	Abscisa inicial: 1+893	Abscisa final: 1+929	Área de tramo (m ²):	229		
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	6.00	0.01		6.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.20	0.01		2.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	4.00	0.01		4.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	3.00	0.01		3.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	21.00	0.01		21.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	3.00	0.01		3.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	5.00	0.55		2.75	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	66.42	0.01		66.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	97.83	0.01		97.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	4.00	0.01		4.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	5.50	1.75		9.63	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.45	0.20		0.09	
13	Parches	metros cuadrados	1.15	1.15		1.04	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	5.00	0.01		5.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.00	0.01		2.00	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	214.45	93.84%	44	84	2
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	12.47	5.45%	39		
13	Parches	metros cuadrados	1.04	0.45%	1		
						m	6.14
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
44	39				83	2	60
44	2				46	1	46

HDV	60
PCI	40
CLASIFICACIÓN	
MALO	





Fisuras



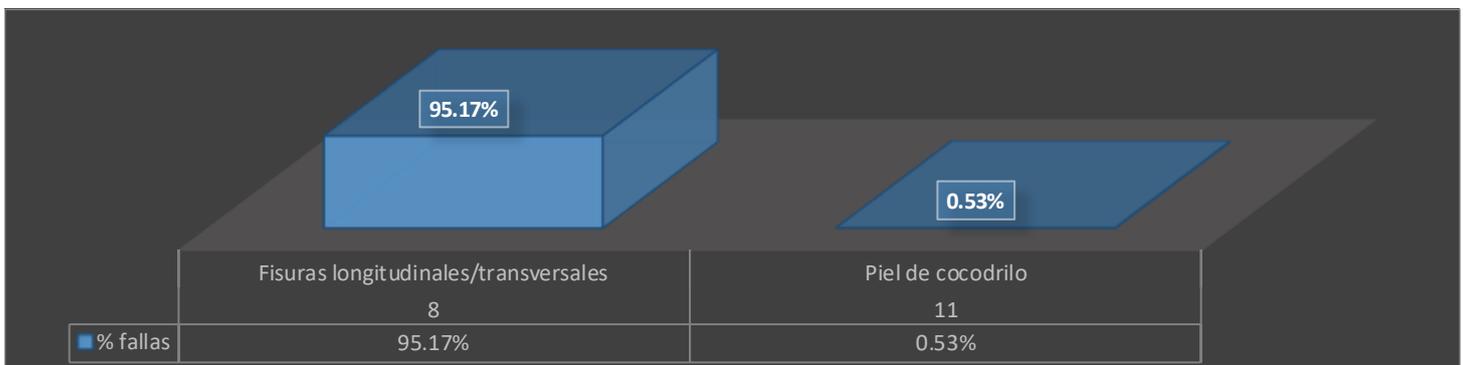
Piel de cocodrilo



Tramo 6:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluated by: Ing. Felipe I. Redrován F.		Via:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba			Tramo:	Tramo 6	
Fecha:	lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura:	Pavimento asfáltico	Abscisa inicial:	2+357	Abscisa final:	2+393	
				Área de tramo (m²):	137.83			
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados			
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados			
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados			
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados			
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados			
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados			
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados			
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados			
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados			
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	71.42	0.01		71.42		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	137.83	0.01		137.83		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	4.20	0.01		4.20		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.70	0.40		0.28		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.00	0.45		0.45		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.90	0.60		0.54		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.80	0.01		1.80		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	5.00	0.01		5.00		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.75	0.01		1.75		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	4.00	0.01		4.00		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	226.00	95.17%	45	62	2	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.27	0.53%	17			
						m	6.05	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
45	17					62	2	46
45	2					47	1	47

HDV	47
PCI	53
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	





Fisuras



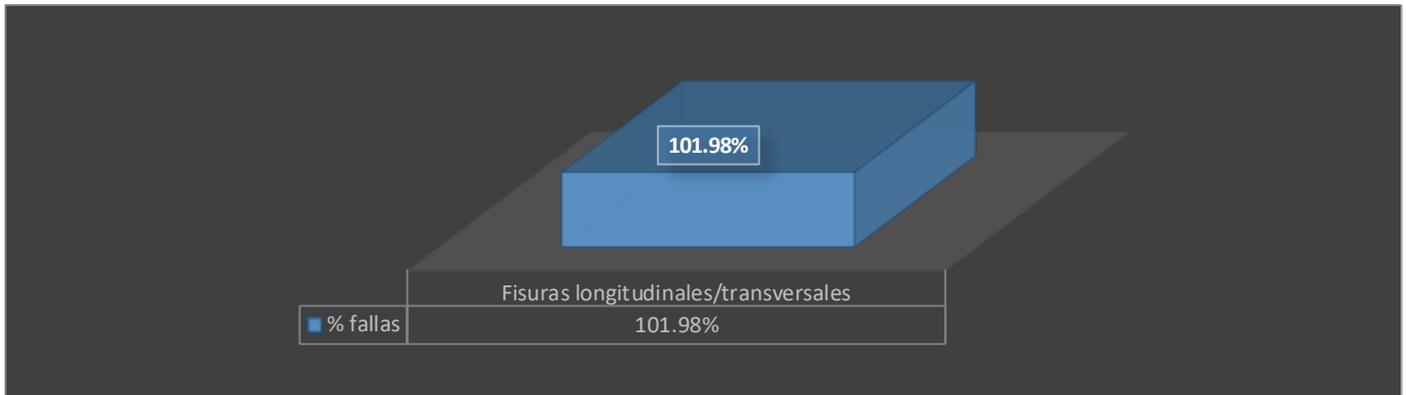
Piel de cocodrilo



Tramo 7:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Evaluated by: Ing. Felipe I. Redrován F.		Via:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba				
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020		C. Rodadura:	Pavimento asfáltico		Tramo:	Tramo 7	
		Abscisa inicial:	2+821	Abscisa final:	2+857	Área de tramo (m²):	223
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	71.42	0.01		71.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	142.83	0.01		142.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.20	0.01		0.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.30	0.01		0.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.10	0.01		1.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.50	0.01		1.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	3.30	0.01		3.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.00	0.01		1.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.50	0.01		0.50	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.90	0.01		1.90	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.85	0.01		0.85	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.70	0.01		2.70	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	227.60	101.98%	45	45	1
						m	6.05
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
45					45	1	45

HDV	45
PCI	55
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	





Fisuras



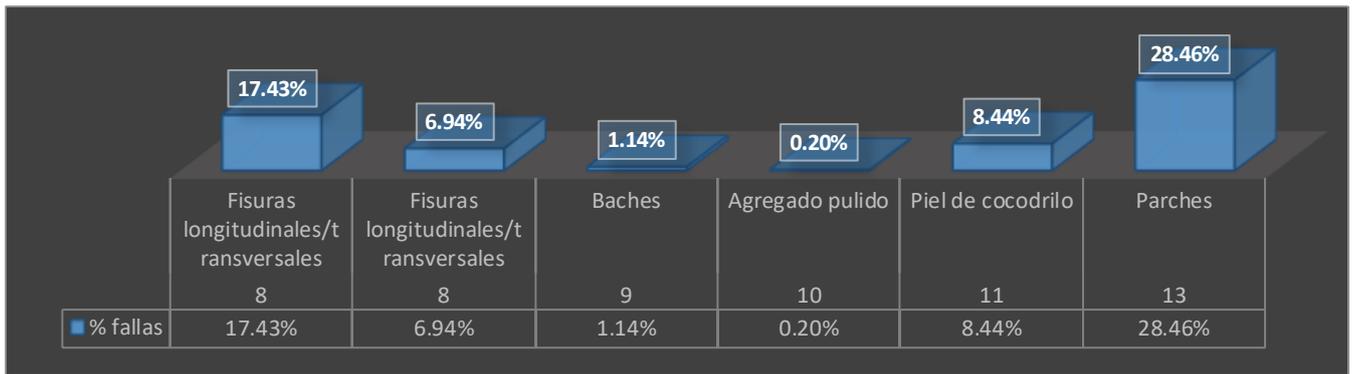
Fisuras



Tramo 9:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba					Tramo 9	
Evaluado por:	Ing. Felipe I. Redrován F.	C. Rodadura:	Pavimento asfáltico		Tramo:		Tramo 9	
Fecha:	lunes, 15 de junio de 2020	Abscisa inicial:	3+750	Abscisa final:	3+785	Área de tramo (m²):	232	
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo			metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión			metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches			metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea			metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos			metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)			metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento			metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento			metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.15	0.02		1.15	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.60	0.35		0.56	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.90	0.80		1.52	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.20	1.70		3.74	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.70	0.40		0.68	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.85	0.65		0.55	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.90	0.30		0.57	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.10	0.25		0.28	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.30	0.25		0.08	
13	Parches	metros cuadrados	b	15.00	3.00		45.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	35.71	0.015		35.71	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	0.60	0.30		0.18	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	0.70	0.40		0.28	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.10	0.015		1.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.015		1.00	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	0.40	0.45		0.18	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.50	0.01		1.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	1.45		1.16	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	b	15.00	0.01		15.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	5.80	1.20		6.96	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.85	1.00		0.85	
13	Parches	metros cuadrados	b	2.60	3.90		10.14	
13	Parches	metros cuadrados	b	5.60	1.95		10.92	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	b	1.10	0.005		1.10	
9	Baches	unidad	a	1.20	0.50	0.06	1.28	
9	Baches	unidad	a	0.80	0.80	0.06	1.36	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.60	0.80		0.48	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	0.90	1.30		1.17	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.85	0.60		0.51	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.75	2.20		1.65	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	40.46	17.43%	24	134	5
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	b	16.10	6.94%	5		
9	Baches	unidad	m	2.64	1.14%	32		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	0.46	0.20%	0		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	19.58	8.44%	45		
13	Parches	metros cuadrados	b	66.06	28.46%	28		
							m	6.05
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
45	32	28	24	5		134	5	70
45	32	28	24	2		131	4	74
45	32	28	2	2		109	3	76
45	32	2	2	2		83	2	58
45	2	2	2	2		53	1	53

HDV	76
PCI	24
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	



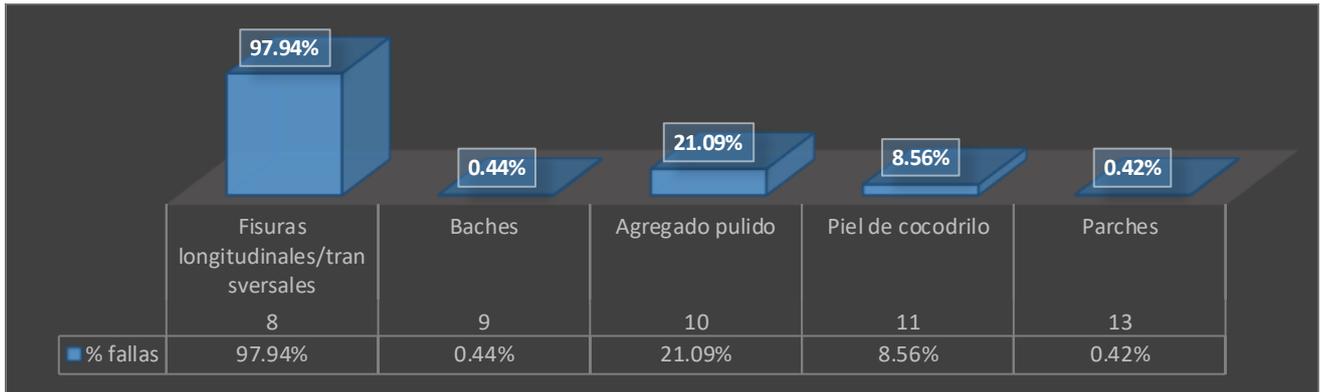
Parches / Piel de cocodrilo



Tramo 10:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba					
Evaluado por:		C. Rodadura:		Tramo:		Tramo 10	
Ing. Felipe I. Redrován F.		Pavimento asfáltico		4+250		Área de tramo (m ²): 228	
Fecha:		Abscisa inicial:		Abscisa final:			
Lunes, 15 de junio de 2020		4+214					
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	142.83	0.01		142.83	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.20	0.08		0.02	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.30	0.01		0.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.75	0.01		0.75	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.20	0.04		0.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	6.00	0.01		6.00	
13	Parches	metros cuadrados	1.10	1.10		0.95	
9	Baches	unidad	0.25	0.15	0.005	1.00	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	6.00	8.00		48.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	4.90	0.85		4.17	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.40	0.20		0.28	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	2.50	0.50		1.25	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.60	1.10		0.66	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.20	0.50		0.10	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.30	1.90		2.47	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.55	0.005		0.55	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.90	0.005		0.90	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.60	1.00		1.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.90	0.20		0.18	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.55	0.40		0.22	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	9.00	0.95		8.55	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	71.42	0.01		71.42	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	222.95	97.94%	43	117	5
9	Baches	unidad	1.00	0.44%	16		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	48.00	21.09%	7		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	19.49	8.56%	45		
13	Parches	metros cuadrados	0.95	0.42%	6		
						m	6.05
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
45	43	16	7	6	117	5	62
45	43	16	7	2	113	4	65
45	43	16	2	2	108	3	68
45	43	2	2	2	94	2	66
45	2	2	2	2	53	1	53

HDV	68
PCI	32
CLASIFICACIÓN	
MALO	



Fisuras



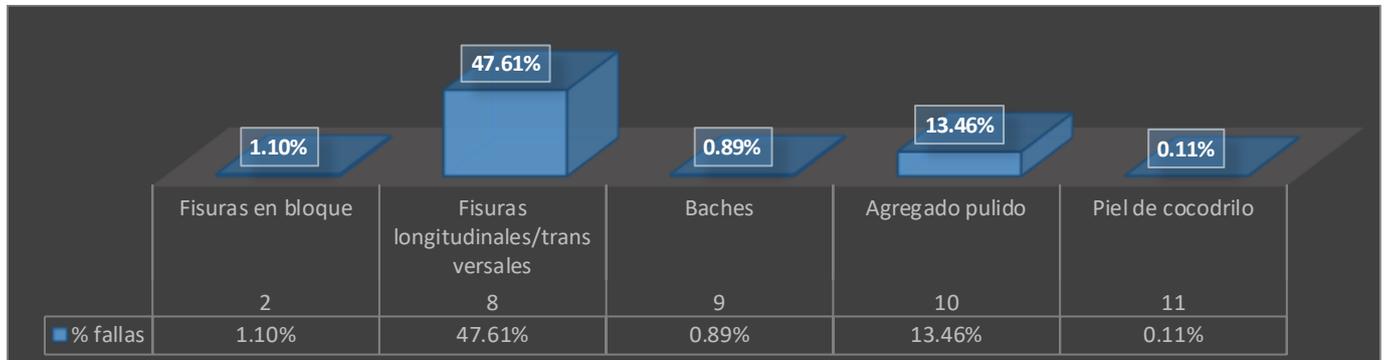
Agregado pulido



Tramo 11:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	Tramo: Tramo 11		Tramo 11			
Fecha: Lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura: Pavimento asfáltico	Abscisa inicial: 4+678	Abscisa final:	4+714	Área de tramo (m ²):	226		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados			
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados			
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados			
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados			
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados			
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados			
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados			
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados			
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados			
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	3.00	0.80	2.40		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	10.00	0.70	7.00		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.010	71.42		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	35.71	0.008	35.71		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	0.40	0.009	0.40		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	3.50	1.50	5.25		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	3.00	0.95	2.85		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	b	0.50	0.50	0.25		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	2.20	0.80	1.76		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	1.10	0.65	0.72		
9	Baches	1	unidad	0.12	0.15	0.02		
9	Baches	1	unidad	0.10	0.007	0.02		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	6.00	1.10	6.60		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	7.00	0.90	6.30		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	2.48	1.10%	4	67	5
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	107.53	47.61%	37		
9	Baches	unidad	b	2.00	0.89%	18		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	30.40	13.46%	4		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	b	0.25	0.11%	4		
						m	6.79	
CALCULO DEL PCI								
DV					CDT	Q	CDV	
37	18	4	4	4	67	5	33	
37	18	4	4	2	65	4	36	
37	18	4	2	2	63	3	41	
37	18	2	2	2	61	2	61	
37	2	2	2	2	45	1	45	

HDV	61
PCI	39
CLASIFICACIÓN	
MALO	





Agregado Pulido



Fisuras en bloque



Fisuras



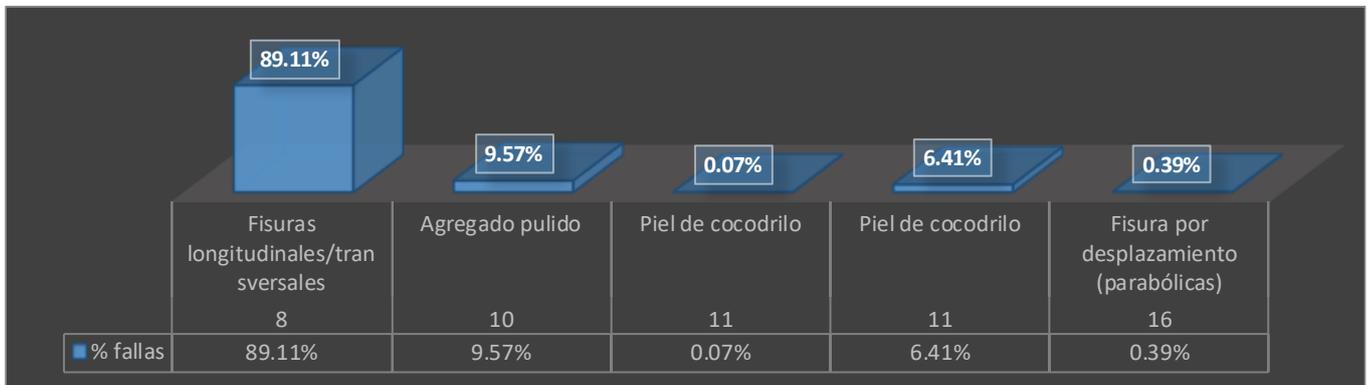
Fisura parabólica



Tramo 13:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						
C. Rodadura:		Pavimento asfáltico		Tramo:		Tramo 13		
Evaluado por:	Ing. Felipe I. Redrován F.	Abscisa inicial:	5+607	Abscisa final:	5+642	Área de tramo (m ²):	257	
Fecha:	Lunes, 15 de junio de 2020							
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo			metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión			metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches			metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea			metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos			metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)			metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento			metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento			metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.20	0.005		1.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.20	0.005		1.20	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.30	0.005		4.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	5.40	0.005		5.40	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.75	0.005		1.75	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	6.00	2.00		12.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	142.83	0.010		142.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.008		71.42	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	b	0.70	0.25		0.18	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	6.00	0.80		4.80	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.20	1.00		1.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.95	0.75		0.71	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.35	1.30		1.76	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.00	0.003		1.00	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	5.25	2.40		12.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	10.00	0.80		8.00	
16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados	m	1.80	0.55	0.02	0.99	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	229.10	89.11%	44	103	5
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	24.60	9.57%	4		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	b	0.18	0.07%	5		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	16.47	6.41%	43		
16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados	m	0.99	0.39%	7		
						m	6.14	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
44	43	7	5	4		103	5	54
44	43	7	5	2		101	4	58
44	43	7	2	2		98	3	62
44	43	2	2	2		93	2	66
44	2	2	2	2		52	1	52

HDV	66
PCI	34
CLASIFICACIÓN	
MALO	





Fisuras



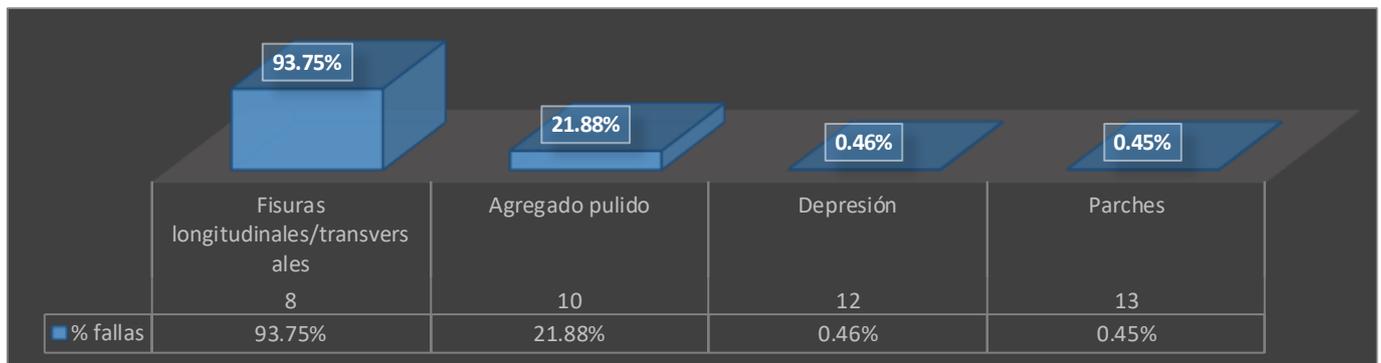
Piel de cocodrilo



Tramo 14:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI							
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Via:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba				Tramo:	Tramo 14	
Fecha:	lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura:	Pavimento asfáltico		Abscisa inicial:	6+071	Abscisa final:	6+106	
						Área de tramo (m²):	229		
TIPOS DE FALLAS									
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo			metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión			metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches			metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea			metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos			metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)			metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento			metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento			metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
	<i>Falla</i>	<i>Unid.</i>	<i>Sev.</i>	<i>Larg. (m)</i>	<i>Anch. (m)</i>	<i>Prof. (m)</i>	<i>TOTAL</i>		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	20.00	2.50		50.00		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	142.83	0.010		142.83		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.008		71.42		
12	Depresión	metros cuadrados	b	1.30	0.800		1.04		
13	Parches	1 metros cuadrados	b	1.15	1.15		1.04		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
	<i>Falla</i>	<i>Unid.</i>	<i>Sev.</i>	<i>Tot.</i>	<i>Densid. %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	214.25	93.75%	43	55	3	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	50.00	21.88%	7			
12	Depresión	metros cuadrados	b	1.04	0.46%	4			
13	Parches	metros cuadrados	b	1.04	0.45%	1			
								m	6.23
CALCULO DEL PCI									
DV						CDT	Q	CDV	
43	7	4				54	3	34	
43	7	2				52	2	39	
43	2	2				47	1	47	

HDV	47
PCI	53
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	





Agregado Pulido



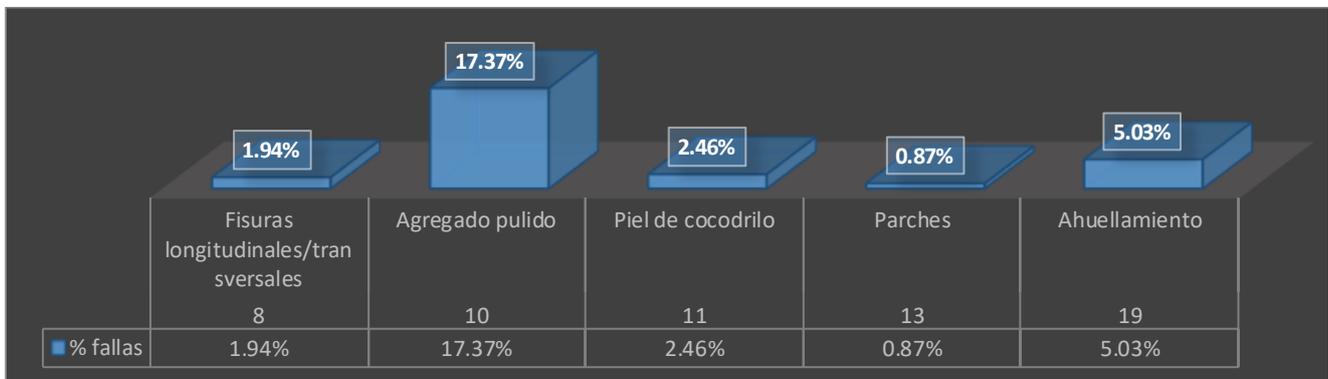
Fisuras



Tramo 15:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1967		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	C. Rodadura: Pavimento asfáltico		Tramo: Tramo 15			
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020		Abscisa inicial: 6+535		Abscisa final: 6+571	Área de tramo (m ²):	237		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	3.50	0.01	3.50		
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	8.50	0.70	5.95		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.95	0.70	0.67		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	8.50	2.50	21.25		
13	Parches	metros cuadrados	b	1.15	1.15	2.08		
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	10.00	0.60	0.0023	6.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.30	0.50	0.65		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.20	0.60	0.72		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.10	0.015	1.10		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.80	0.25	0.45		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	0.20	0.60		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.10	0.55	1.16		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.80	1.60		
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	10.00	2.00	20.00		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.60	1.94%	5	81	5
10	Agregado pulido	metros cuadrados	b	41.25	17.37%	6		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	5.84	2.46%	30		
13	Parches	metros cuadrados	b	2.08	0.87%	3		
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	m	11.95	5.03%	37		
							m	6.79
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
37	30	6	5	3		81	5	42
37	30	6	5	2		80	4	46
37	30	6	2	2		77	3	49
37	30	2	2	2		73	2	53
37	2	2	2	2		45	1	45

HDV	53
PCI	47
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	





Fisuras



Piel de cocodrilo



Anexo 7: Resultados de evaluación en campo (muestras adicionales analizadas)

Tramo Adicional 1:

UNIVERSIDAD DE CUENCA		UNIVERSIDAD DE CUENCA						
EVALUACIÓN DEL PCI		EVALUACIÓN DEL PCI						
Vía:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						
C. Rodadura:		Pavimento asfáltico						
Tramo:		Tramo Ad. 1						
Fecha:		Abscisa inicial:		Abscisa final:		Área de tramo (m ²):		
lunes, 15 de junio de 2020		0+162		0+197		220		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo			metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión			metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches			metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea			metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos			metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)			metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento			metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento			metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	66.42	0.01		66.42		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	132.83	0.01		132.83		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	7.00	0.01		7.00		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.30	0.01		1.30		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	6.00	0.01		6.00		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.50	0.01		2.50		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.60	0.01		2.60		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.10	0.01		1.10		
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	6.00	0.40		2.40		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.10	0.01		2.10		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.50	0.01		2.50		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.30	0.01		2.30		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.90	0.40		0.36		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.00	0.01		1.00		
13	Parches	metros cuadrados	1.15	1.15		2.08		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	1.10	4.00		4.40		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	0.80	3.80		3.04		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	227.65	103.66%	45	93	5	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.36	0.16%	8			
13	Parches	metros cuadrados	2.08	0.95%	9			
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	7.44	3.39%	12			
19	Ahuellamiento	metros cuadrados	2.40	1.09%	19			
						m	6.05	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
45	19	12	9	8		93	5	48
45	19	12	9	2		87	4	50
45	19	12	2	2		80	3	51
45	19	2	2	2		70	2	51
45	2	2	2	2		53	1	53

HDV	53
PCI	47
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	





Fisuras



Peladura por intemperismo



Tramo Adicional 2:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	Tramo: 5+474		Tramo Ad. 2		
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura: Pavimento asfáltico	Abscisa inicial: 5+438	Abscisa final:	Área de tramo (m ²):	219		
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
11	Piel de cocodrilo	m	1.40	0.70		0.98	
15	Desplazamientos	m	0.90	0.25		0.23	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	31.42	0.01		31.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	62.83	0.01		62.83	
11	Piel de cocodrilo	m	0.75	0.40		0.30	
11	Piel de cocodrilo	m	1.40	0.30		0.42	
11	Piel de cocodrilo	m	1.30	0.20		0.26	
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	m	8.00	1.50		12.00	
11	Piel de cocodrilo	a	10.50	2.00		21.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	1.10	0.01		1.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	2.30	0.01		2.30	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	2.40	0.01		2.40	
15	Desplazamientos	m	1.00	0.20		0.20	
11	Piel de cocodrilo	a	1.00	3.15		3.15	
17	Hinchamiento	m	1.00	2.00		2.00	
11	Piel de cocodrilo	a	1.30	3.00		3.90	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	100.05	45.75%	35	148	6
11	Piel de cocodrilo	m	1.96	0.90%	20		
11	Piel de cocodrilo	a	28.05	12.82%	64		
15	Desplazamientos	m	0.43	0.19%	4		
17	Hinchamiento	m	2.00	0.91%	11		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	m	12.00	5.49%	14		
						m	4.31
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
64	35	20	14	3.41	136.41	5	70
64	35	20	14	2	135	4	76
64	35	20	2	2	123	3	75
64	35	2	2	2	105	2	73
64	2	2	2	2	72	1	72

HDV	76
PCI	24
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	





Fisuras



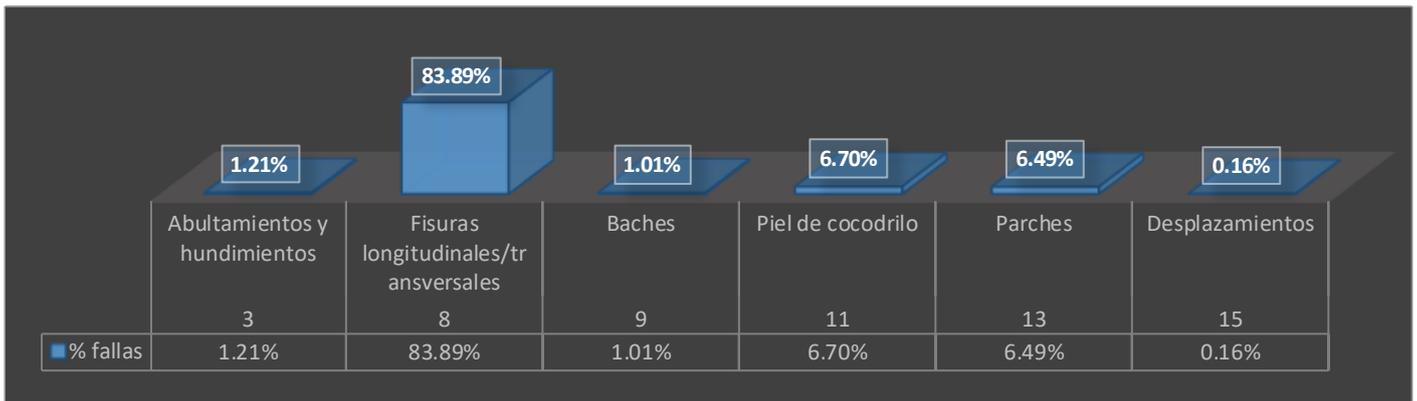
Peladura por intemperismo



Tramo Adicional 3:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	C. Rodadura: Pavimento asfáltico		Tramo: 3+985	Tramo Ad. 3		
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020		Abscisa inicial: 3+950		Abscisa final:	3+985	Área de tramo (m ²):	198	
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	51.42	0.01		51.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	102.83	0.01		102.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	3.00	0.015		3.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.90	0.01		4.90	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	m	6.00	0.40		2.40	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.50		0.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	0.75		0.60	
9	Baches	unidad	a	0.25	0.12	0.030	1.00	
9	Baches	unidad	a	0.45	0.65	0.030	1.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	5.00	0.60		3.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.70	0.70		0.49	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	4.10	0.01		4.10	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.70	0.50		0.35	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	1.60		1.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	1.10		1.10	
13	Parches	metros cuadrados	m	25.71	0.50		12.85	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.30	1.00		2.30	
15	Desplazamientos	metros cuadrados	m	0.50	0.20		0.10	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	0.70		2.10	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.40	0.70		0.98	
15	Desplazamientos	metros cuadrados	m	0.70	0.30		0.21	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.50	0.50		0.25	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VØ	VDT	q	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	m	2.40	1.21%	13	178	6
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	166.25	83.89%	42		
9	Baches	unidad	a	2.00	1.01%	53		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	13.27	6.70%	41		
13	Parches	metros cuadrados	m	12.85	6.49%	25		
15	Desplazamientos	metros cuadrados	m	0.31	0.16%	4		
						m	5.32	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
53	42	41	25	13	1.28	175.28	5	87
53	42	41	25	13	1.28	175.28	5	87
53	42	41	25	2	1.28	164.28	4	89
53	42	41	2	2	1.28	141.28	3	84
53	42	2	2	2	1.28	102.28	2	72
53	2	2	2	2	1.28	62.28	1	62.28

HDV	89
PCI	11
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	



Fisuras



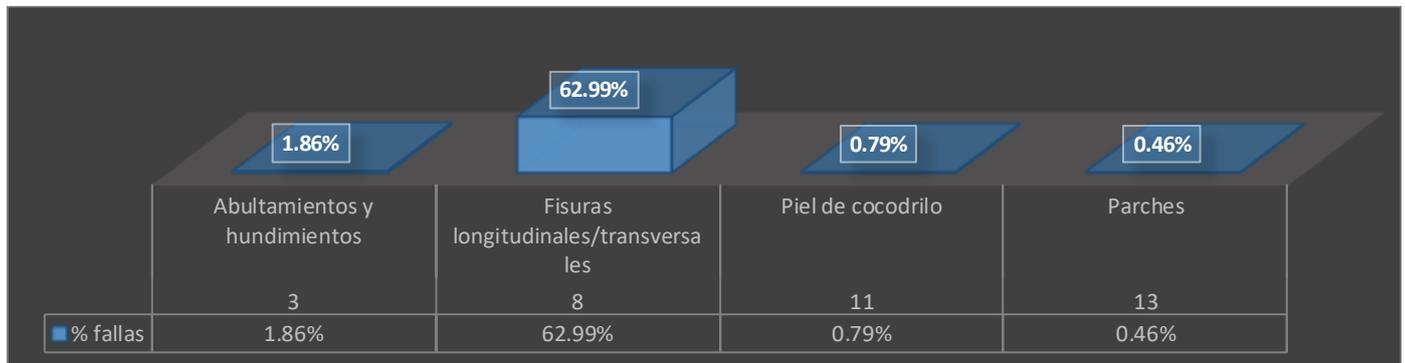
Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 4:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	C. Rodadura: Pavimento asfáltico		Tramo: 4+632	Tramo Ad. 4		
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020	Abscisa inicial: 4+596	Abscisa final: 4+632		Área de tramo (m ²):	227			
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados			
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados			
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados			
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados			
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados			
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados			
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados			
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados			
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados			
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
3	Abultamientos y hundimientos	a	6.50	0.65		4.23		
11	Piel de cocodrilo	m	1.50	1.10		1.65		
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	142.83	0.01		142.83		
13	Parches	b	1.15	1.15		1.04		
11	Piel de cocodrilo	m	0.50	0.30		0.15		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
3	Abultamientos y hundimientos	a	4.23	1.86%	43	107	4	
8	Fisuras longitudinales/transversales	m	142.83	62.99%	38			
11	Piel de cocodrilo	m	1.80	0.79%	19			
13	Parches	b	1.04	0.46%	7			
							m	6.23
CALCULO DEL PCI								
DV					CDT	Q	CDV	
43	38	19	7		107	4	61	
43	38	19	2		102	3	64	
43	38	2	2		85	2	60.5	
43	2	2	2		49	1	49	

HDV	64
PCI	36
CLASIFICACIÓN	
MALO	





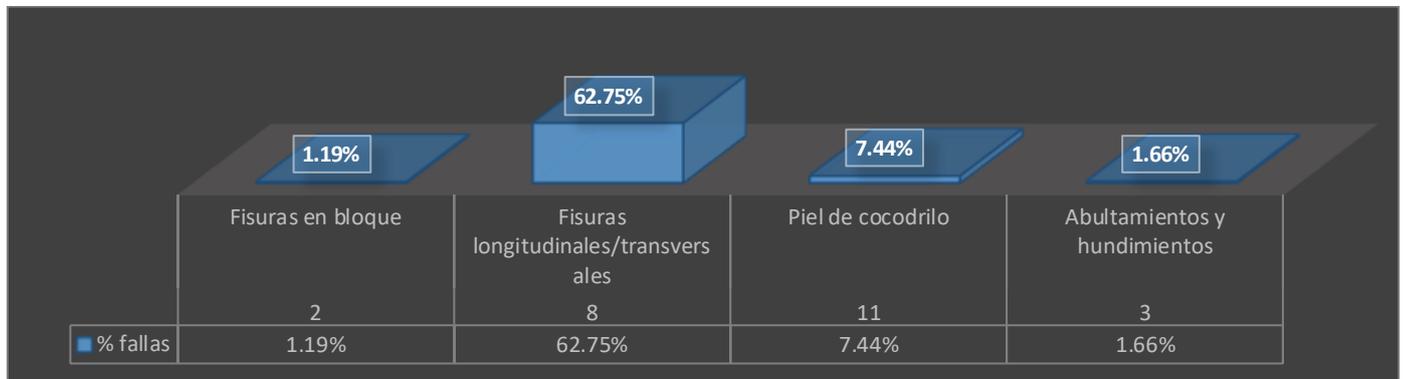
Fisuras / Hundimientos



Tramo Adicional 5:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						
Evaluado por:		C. Rodadura:		Tramo:		Tramo Ad. 5		
Ing. Felipe I. Redrován F.		Pavimento asfáltico		4+833		Abscisa final: 4+869		
Fecha:		Abscisa inicial:		Abscisa final:		Área de tramo (m ²):		
lunes, 15 de junio de 2020		4+833		4+869		253		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados			
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados			
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados			
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados			
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados			
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados			
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados			
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados			
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados			
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	6.00	1.00		6.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	1.10		3.30	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	3.00	1.00		3.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.65		0.65	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.95	0.80		0.76	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.50	1.30		1.95	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.95		1.90	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	142.83	0.01		142.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	5.70	0.02		5.70	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	0.80		2.40	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	10.00	0.02		10.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.60		1.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	0.80		0.64	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	a	7.00	0.60		4.20	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla		Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	3.00	1.19%	4	124	4
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	158.53	62.75%	38		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	18.80	7.44%	42		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	a	4.20	1.66%	40		
							m	6.33
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
42	40	38	4			124	4	71
42	40	38	2			122	3	75
42	40	2	2			86	2	61
42	2	2	2			48	1	48

HDV	75
PCI	25
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	





Fisuras



Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 6:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba				Tramo Ad. 6	
C. Rodadura:		Pavimento asfáltico				Tramo Ad. 6	
Evaluado por:	Ing. Felipe I. Redrován F.	Abscisa inicial:	4+869	Abscisa final:	4+905	Área de tramo (m ²):	218
Fecha:	lunes, 15 de junio de 2020						
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión	metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches	metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea	metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos	metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento	metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento	metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	56.42	0.01		56.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	112.83	0.01		112.83	
13	Parches	metros cuadrados	7.50	0.40		3.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.10	0.02		1.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	1.40	0.02		1.40	
16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados	1.70	8.00		13.60	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	4.00	0.01		4.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	5.00	0.70		3.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	3.00	1.10		3.30	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	3.00	1.50		4.50	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	7.00	1.90		13.30	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	175.75	80.69%	42	190	5
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	11.30	5.19%	38		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13.30	6.11%	62		
13	Parches	metros cuadrados	3.00	1.38%	11		
16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)	metros cuadrados	13.60	6.24%	37		
						m	4.49
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
62	42	38	37	5.39	184.39	5	90
62	42	38	37	2	181	4	94
62	42	38	2	2	146	3	87
62	42	2	2	2	110	2	76
62	2	2	2	2	70	1	70

HDV	94
PCI	6
CLASIFICACIÓN	
FALLADO	





Fisuras / Hundimientos



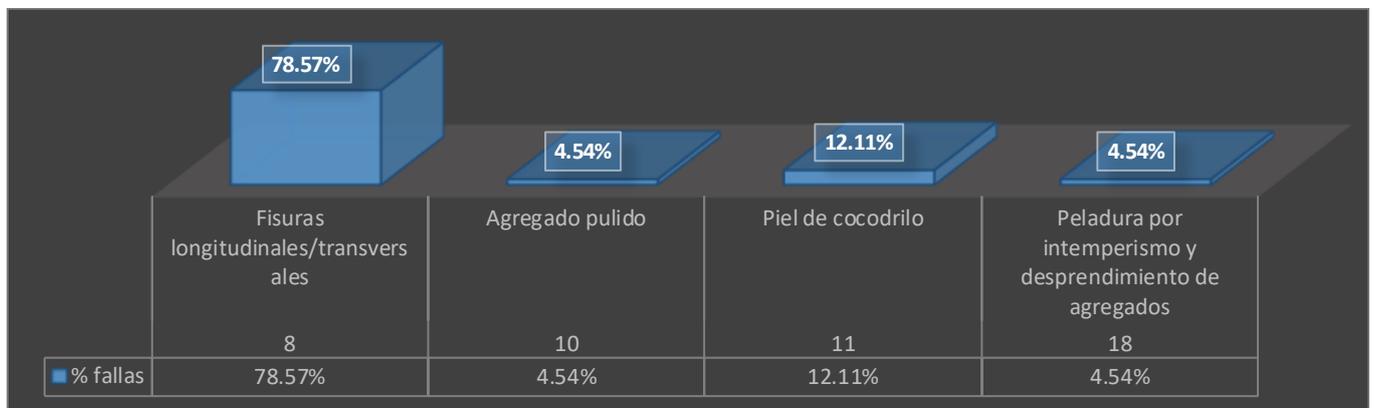
Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 7:

UNIVERSIDAD DE CUENCA		UNIVERSIDAD DE CUENCA						
desde 1867		EVALUACIÓN DEL PCI						
Vía:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						
Evaluado por:		Ing. Felipe I. Redrován F.		C. Rodadura:		Pavimento asfáltico		
Fecha:		lunes, 15 de junio de 2020		Abscisa inicial:		Abscisa final:		
				5+042		5+077		
						Área de tramo (m ²): 221		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	55.42	0.01		55.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	55.42	0.01		55.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	55.42	0.01		55.42	
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	m	2.50	4.00		10.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	1.00		1.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.90		0.90	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	8.00	1.10		8.80	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	2.00		6.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	5.00	2.00		10.00	
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	2.50	4.00		10.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	7.00	0.01		7.00	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	173.25	78.57%	42	107	3
10	Agregado pulido	metros cuadrados	m	10.00	4.54%	2		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	26.70	12.11%	49		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	m	10.00	4.54%	14		
						m	5.68	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
49	42	14				105	3	65
49	42	2				93	2	66
49	2	2				53	1	53

HDV	66
PCI	34
CLASIFICACIÓN	
MALO	





Fisuras



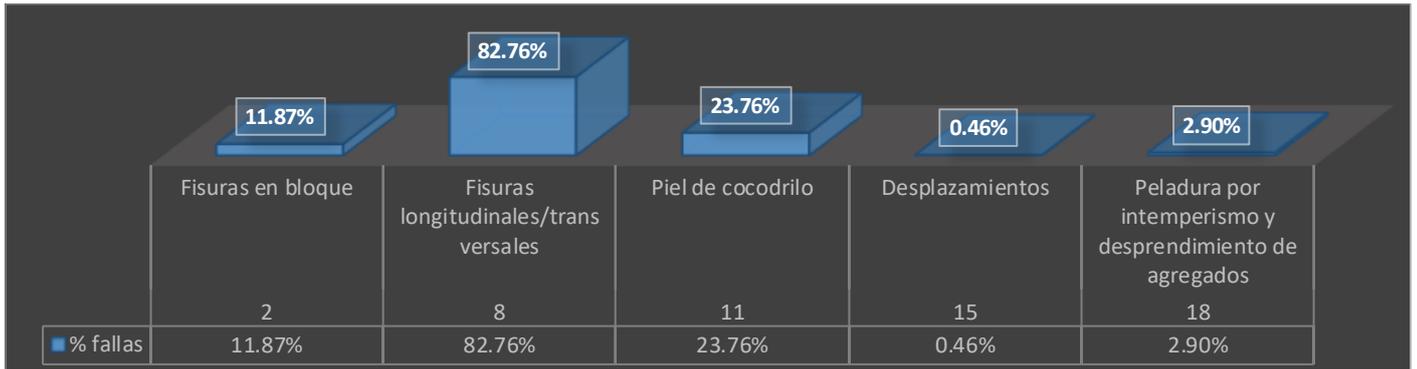
Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 8:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía: Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba	Tramo: 5+809		Tramo Ad. 8			
Fecha: lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura: Pavimento asfáltico	Abscisa inicial: 5+773	Abscisa final:		Área de tramo (m ²):	259		
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.70	0.60		1.02	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	1.50	2.50		3.75	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	3.60	2.15		7.74	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	0.65		0.52	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.50	0.20		0.10	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.01		71.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.01		71.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	71.42	0.01		71.42	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.10	0.35		0.39	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.10	1.10		1.21	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.70	2.10		7.77	
15	Desplazamientos	metros cuadrados	m	2.00	0.60		1.20	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	8.00	1.30		10.40	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	0.50		0.40	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	3.50	1.10		3.85	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.00	0.25		1.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	12.00	1.10		13.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.40	1.20		1.68	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.40	1.30		1.82	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.00	0.80		3.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.35		0.70	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.90	0.45		0.41	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	3.00	1.50		4.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.70		0.70	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.70	2.00		1.40	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	2.00		4.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	6.00	2.50		15.00	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	5.00	1.10		5.50	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	1.00	1.00		1.00	
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	m	3.00	2.50		7.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.65		1.30	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.70	0.70		1.19	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	2.00	2.00		4.00	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	30.74	11.87%	17	135	5
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	214.25	82.76%	42		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	61.50	23.76%	58		
15	Desplazamientos	metros cuadrados	m	1.20	0.46%	6		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	m	7.50	2.90%	12		
							m	4.86
CALCULO DEL PCI								
DV					CDT	Q	CDV	
58	42	17	12	5.16	134.16	5	69	
58	42	17	12	2	131	4	74	
58	42	17	2	2	121	3	75	
58	42	2	2	2	106	2	74	
58	2	2	2	2	66	1	66	

HDV	75
PCI	25
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	



Fisuras



Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 9:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI					
Via:		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba					
Evaluado por:		C. Rodadura:		Tramo:		Tramo Ad. 9	
Ing. Felipe I. Redrován F.		Pavimento asfáltico		6+061		Área de tramo (m ²): 234	
Fecha:		Abscisa inicial:		Abscisa final:			
lunes, 15 de junio de 2020		6+025					
TIPOS DE FALLAS							
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados	
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados	
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados	
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados	
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados	
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados	
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados	
10	Agregado pulido	metros cuadrados					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	51.42	0.01		51.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	122.83	0.01		122.83	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.80	0.01		0.80	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.20	0.70		0.84	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	2.00	0.01		2.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	0.60	0.10		0.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	2.30	0.90		2.07	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.30	1.10		1.43	
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	3.50	2.25		7.88	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	6.00	1.00		6.00	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	12.00	0.01		12.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	4.50	1.10		4.95	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.60	1.50		0.90	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.00	1.60		1.60	
15	Desplazamientos	metros cuadrados	0.70	0.70		0.49	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	1.90	0.90		1.71	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	0.90	0.90		0.81	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	189.65	81.09%	43	118	4
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	20.31	8.68%	45		
15	Desplazamientos	metros cuadrados	0.49	0.21%	4		
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	metros cuadrados	7.88	3.37%	26		
						m	6.05
CALCULO DEL PCI							
DV					CDT	Q	CDV
45	43	26	4		118	4	67
45	43	26	2		116	3	72
45	43	2	2		92	2	65
45	2	2	2		51	1	51

HDV	72
PCI	28
CLASIFICACIÓN	
MALO	





Fisuras



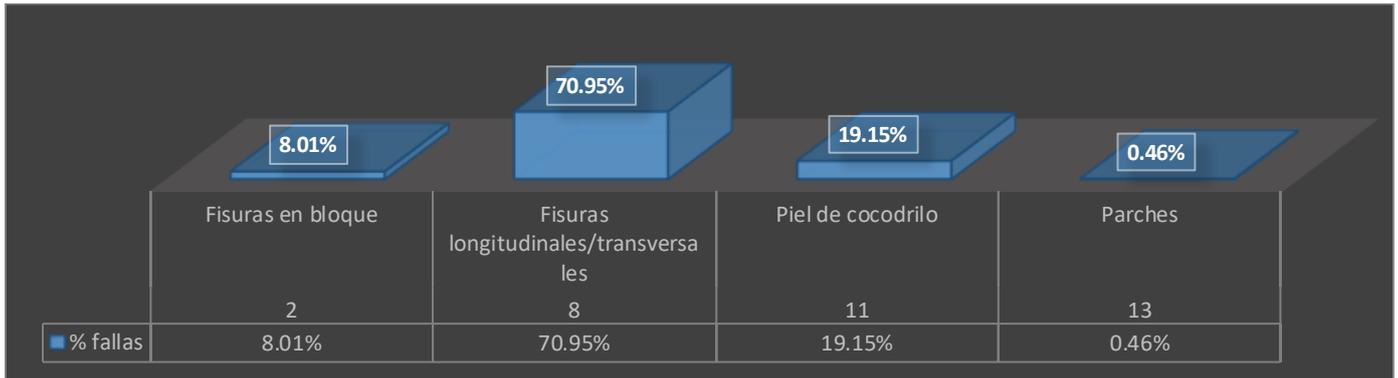
Piel de cocodrilo



Tramo Adicional 10:

UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867		UNIVERSIDAD DE CUENCA EVALUACIÓN DEL PCI						
Evaluado por: Ing. Felipe I. Redrován F.		Vía:	Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba			Tramo:	Tramo Ad. 10	
Fecha:	Lunes, 15 de junio de 2020	C. Rodadura:	Pavimento asfáltico	Abscisa inicial:	6+499	Abscisa final:	6+535	
						Área de tramo (m ²):	226	
TIPOS DE FALLAS								
1	Exudación	metros cuadrados	11	Piel de cocodrilo		metros cuadrados		
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	12	Depresión		metros cuadrados		
3	Abultamientos y hundimientos	metros	13	Parches		metros cuadrados		
4	Corrugación	metros cuadrados	14	Cruce de vía férrea		metros cuadrados		
5	Fisuras de borde	metros	15	Desplazamientos		metros cuadrados		
6	Fisuras de reflexión de junta	metros	16	Fisura por desplazamiento (parabólicas)		metros cuadrados		
7	Desnivel carril - berma	metros	17	Hinchamiento		metros cuadrados		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		metros cuadrados		
9	Baches	unidad	19	Ahuellamiento		metros cuadrados		
10	Agregado pulido	metros cuadrados						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Larg. (m)	Anch. (m)	Prof. (m)	TOTAL		
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	46.42	0.01		46.42	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	107.83	0.01		107.83	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	2.05		1.64	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	8.00	1.50		12.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.45		0.90	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	13.00	1.00		13.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.80	1.70		1.36	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.40		0.80	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	9.00	0.90		8.10	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.60	0.60		0.96	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	0.60	1.60		0.96	
13	Parches	metros cuadrados	m	1.15	1.15		1.04	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	2.50	1.40		3.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.80	0.60		1.08	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.00	0.80		3.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.60		1.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.40		0.40	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	1.50	0.01		1.50	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	1.30	2.00		2.60	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.40	1.90		2.66	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	2.00	0.75		1.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.40		0.40	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.00	0.01		2.00	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	4.00	0.60		2.40	
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	2.50	0.01		2.50	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	1.00	0.20		0.20	
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	5.00	0.50		2.50	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
Falla	Unid.	Sev.	Tot.	Densid. %	VD	VDT	q	
2	Fisuras en bloque	metros cuadrados	m	18.10	8.01%	14	116	4
8	Fisuras longitudinales/transversales	metros	m	160.25	70.95%	40		
11	Piel de cocodrilo	metros cuadrados	m	43.26	19.15%	55		
13	Parches	metros cuadrados	m	1.04	0.46%	7		
						m	5.13	
CALCULO DEL PCI								
DV						CDT	Q	CDV
55	40	14	7			116	4	67
55	40	14	2			111	3	69
55	40	2	2			99	2	70
55	2	2	2			61	1	61

HDV	70
PCI	30
CLASIFICACIÓN	
MALO	



Fisuras



Piel de cocodrilo



Resumen del conteo volumétrico día 1:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba									Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues										
		Livianos			Pesados			TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP	Livianos			Pesados			TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP		
Clasificación	Hora	Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Bicicl. - Moto				Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Bicicl. - Moto	Auto - Buset.				Bus	Camión
		-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB					-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB				
0:00	1:00	0	7	0	1	0	0	8	0.83%	0.67		1	6	0	0	0	0	7	0.75%	0.41	
1:00	2:00	0	9	0	0	0	0	9	0.94%	0.56		0	3	0	0	0	0	3	0.31%	0.38	
2:00	3:00	1	1	0	0	0	0	2	0.21%	0.25		0	2	0	0	0	0	2	0.21%	0.50	
3:00	4:00	0	2	0	0	0	0	2	0.21%	0.50		0	1	0	0	0	0	1	0.10%	0.25	
4:00	5:00	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-		0	5	0	0	0	0	5	0.52%	0.42	
5:00	6:00	0	9	0	1	0	0	10	1.04%	0.42		0	14	0	1	0	0	15	1.56%	0.75	
6:00	7:00	2	21	2	1	0	0	26	2.71%	0.63		8	41	0	2	1	0	52	5.41%	0.69	
7:00	8:00	9	35	2	0	1	1	48	4.99%	0.70		11	56	3	4	0	0	74	7.70%	0.86	
8:00	9:00	6	34	2	4	0	1	47	4.89%	0.76		6	67	2	2	0	1	78	8.12%	0.75	
9:00	10:00	6	37	2	2	0	1	48	4.99%	0.66		6	59	2	1	0	2	70	7.28%	0.70	
10:00	11:00	6	36	1	4	0	1	48	4.99%	0.70		8	52	2	4	0	1	67	6.97%	0.62	
11:00	12:00	4	55	3	1	0	4	67	6.97%	0.74		8	43	2	1	0	2	56	5.83%	0.84	
12:00	13:00	5	68	2	1	3	0	79	8.22%	0.71		3	44	2	0	2	1	52	5.41%	0.72	
13:00	14:00	7	55	2	1	1	1	67	6.97%	0.77		8	45	2	1	0	0	56	5.83%	0.63	
14:00	15:00	3	51	2	0	2	0	58	6.04%	0.63		3	45	2	0	3	0	53	5.52%	0.64	
15:00	16:00	11	62	2	1	1	0	77	8.01%	0.92		4	37	2	0	1	0	44	4.58%	0.55	
16:00	17:00	3	62	1	0	1	0	67	6.97%	0.84		1	43	2	1	1	0	48	4.99%	0.79	
17:00	18:00	7	53	1	0	2	0	63	6.56%	0.80		10	51	1	1	1	2	66	6.87%	0.65	
18:00	19:00	7	58	2	0	0	0	67	6.97%	0.72		4	51	1	0	1	0	57	5.93%	0.63	
19:00	20:00	6	60	0	1	1	0	68	7.08%	0.77		4	41	1	1	0	0	47	4.89%	0.68	
20:00	21:00	5	32	0	1	0	0	38	3.95%	0.77		4	30	0	0	0	0	34	3.54%	0.76	
21:00	22:00	6	25	0	0	0	0	31	3.23%	0.52		7	21	0	0	0	0	28	2.91%	0.58	
22:00	23:00	2	17	0	0	0	0	19	1.98%	0.75		3	8	0	0	0	0	11	1.14%	0.53	
23:00	0:00	3	8	0	0	1	0	12	1.25%	0.53		1	7	0	0	0	0	8	0.83%	0.54	
TOTALES		99	797	24	19	13	9	961				100	772	24	19	10	9	934			
PORCENTAJES		10.30%	82.93%	2.50%	1.98%	1.35%	0.94%	100%		FHP	0.25	10.71%	82.66%	2.57%	2.03%	1.07%	0.96%	100%		FHP	0.25
FLUJO (VEH/HORA)		5	34	1	1	1	1	41				5	33	1	1	1	1	39			



Día 2:

UNIVERSIDAD DE CUENCA		UNIVERSIDAD DE CUENCA															
CONTEO DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO		CONTEO DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO															
Via: AZOGUES - SAN MIGUEL DE POROTOS - JATUMPAMBA		Via: AZOGUES - SAN MIGUEL DE POROTOS - JATUMPAMBA															
Fecha: domingo, 6 de diciembre de 2020		PAVIMENTO FLEXIBLE. CARPETA ASFÁLTICA															
Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba						Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues									
Hora	Clasificación	Livianos				TOTAL	TRÁFICO (15 minutos)	VOLUMEN POR HORA	FHP	Livianos				TOTAL	TRÁFICO (15 minutos)	VOLUMEN POR HORA	FHP
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	B2	2DA					2DB	Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	B2				
0:00	0:05		1			2								0			
0:05	0:10		1			2								0			
0:10	0:15					0	4							2			
0:15	0:20					0	2							2			
0:20	0:25					0	0							4			
0:25	0:30					0	0							4			
0:30	0:35		3			6	6							6			
0:35	0:40		3			6	12							2			
0:40	0:45					0	12							2			
0:45	0:50					0	6							4			
0:50	0:55					0	0							4			
0:55	1:00		1			2	2							8			
1:00	1:05					0								0			
1:05	1:10					0								2			
1:10	1:15					0	0							2			
1:15	1:20					0	0							6			
1:20	1:25		1			2	2							6			
1:25	1:30					0	2							6			
1:30	1:35					0	2							4			
1:35	1:40					0	0							2			
1:40	1:45		1			2	2							2			
1:45	1:50		2			4	6							0			
1:50	1:55					0	6							2			
1:55	2:00					0	4							2			
2:00	2:05					0								0			
2:05	2:10					0								0			
2:10	2:15					0	0							0			
2:15	2:20					0	0							0			
2:20	2:25					0	0							0			
2:25	2:30		1			2	2							2			
2:30	2:35					0	2							2			
2:35	2:40					0	2							2			
2:40	2:45					0	0							2			
2:45	2:50					0	0							2			
2:50	2:55					0	0							5			
2:55	3:00		1			2	2							5			
3:00	3:05					0								0			
3:05	3:10					0								4			
3:10	3:15					0	0							4			
3:15	3:20					0	0							4			
3:20	3:25					0	0							0			
3:25	3:30		2			4	4							0			
3:30	3:35		1			2	6							0			
3:35	3:40		1			2	8							0			
3:40	3:45		1			2	6							0			
3:45	3:50		1			2	6							0			
3:50	3:55		1			2	6							0			
3:55	4:00		1			2	6							0			
4:00	4:05					0								0			
4:05	4:10					0								6			
4:10	4:15					0	0							2			
4:15	4:20					0	0							8			
4:20	4:25					0	0							2			
4:25	4:30					0	0							0			
4:30	4:35					0	0							0			
4:35	4:40					0	0							6			
4:40	4:45					0	0							6			
4:45	4:50		2			4	4							7			
4:50	4:55					0	4							3			
4:55	5:00		1	1		3	7							3			
5:00	5:05					0								2			
5:05	5:10					0								2			
5:10	5:15					0	0							6			
5:15	5:20					0	0							6			
5:20	5:25		1			2	2							6			
5:25	5:30					0	2							4			
5:30	5:35		2			4	6							4			
5:35	5:40					0	4							6			
5:40	5:45					0	4							8			
5:45	5:50					0	0							8			
5:50	5:55					0	0							6			
5:55	6:00		2			4	4							6			
6:00	6:05					0								0			
6:05	6:10					0								4			
6:10	6:15		2			4	0							10			
6:15	6:20		2			4	4							12			
6:20	6:25		1			2	6							9			
6:25	6:30					1	8							9			
6:30	6:35		1			2	6							9			
6:35	6:40		1			2	6							12			
6:40	6:45		2			4	8							6			
6:45	6:50		4	2		8	14							9			
6:50	6:55		1			1	13							15			
6:55	7:00		1	1		3	12							25			
7:00	7:05		1			2								2			
7:05	7:10		2			4								6			
7:10	7:15					0	6							10			
7:15	7:20					0	4							18			
7:20	7:25		1			2	2							16			
7:25	7:30		1	1		4	6							16			
7:30	7:35					0	6							14			
7:35	7:40		1			2	6							12			
7:40	7:45		1			2	4							10			
7:45	7:50		2			4	8							10			
7:50	7:55					0	6							12			
7:55	8:00		1	4		9	13							13			



Resumen del conteo volumétrico día 2:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba							Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues								
		Livianos		Pesados			TOTAL	% DE VEHÍCULOS	FHP	Livianos		Pesados			TOTAL	% DE VEHÍCULOS	FHP
Hora		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión					Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión				
Clasificación		-	2D	B2	2DA	2DB				-	2D	B2	2DA	2DB			
0:00	1:00	0	9	0	0	0	9	1.21%	0.38	0	8	0	0	0	8	1.09%	0.50
1:00	2:00	0	4	0	0	0	4	0.54%	0.33	0	6	0	0	0	6	0.81%	0.50
2:00	3:00	0	2	0	0	0	2	0.27%	0.50	1	3	0	0	0	4	0.54%	0.35
3:00	4:00	0	8	0	0	0	8	1.08%	0.50	0	2	0	0	0	2	0.27%	0.25
4:00	5:00	1	3	0	0	0	4	0.54%	0.25	1	8	0	0	0	9	1.21%	0.53
5:00	6:00	0	5	0	0	0	5	0.67%	0.42	0	12	0	0	0	12	1.62%	0.75
6:00	7:00	6	10	0	0	1	17	2.29%	0.50	2	21	0	2	1	26	3.50%	0.50
7:00	8:00	1	13	1	0	0	15	2.02%	0.56	3	23	0	0	0	26	3.50%	0.68
8:00	9:00	4	21	0	1	0	26	3.50%	0.50	4	28	1	1	0	34	4.58%	0.70
9:00	10:00	2	45	0	1	0	48	6.46%	0.71	7	41	0	0	0	48	6.46%	0.65
10:00	11:00	6	48	0	2	0	56	7.54%	0.76	13	39	0	0	1	53	7.13%	0.78
11:00	12:00	4	46	0	0	0	50	6.73%	0.69	18	49	0	0	0	67	9.02%	0.76
12:00	13:00	5	60	1	0	0	66	8.88%	0.58	3	33	0	0	0	36	4.85%	0.64
13:00	14:00	5	60	0	1	0	66	8.88%	0.79	5	34	1	1	2	43	5.79%	0.81
14:00	15:00	5	38	1	0	0	44	5.92%	0.80	4	28	0	0	0	32	4.31%	0.71
15:00	16:00	11	59	0	0	0	70	9.42%	0.79	5	42	0	0	0	47	6.33%	0.79
16:00	17:00	11	43	0	1	1	56	7.54%	0.84	8	47	0	0	0	55	7.40%	0.80
17:00	18:00	3	44	0	0	0	47	6.33%	0.57	11	34	0	0	0	45	6.06%	0.64
18:00	19:00	9	41	0	0	0	50	6.73%	0.78	5	50	0	0	0	55	7.40%	0.71
19:00	20:00	3	33	0	0	0	36	4.85%	0.59	7	50	0	0	1	58	7.81%	0.85
20:00	21:00	1	28	0	1	0	30	4.04%	0.70	1	39	0	0	0	40	5.38%	0.71
21:00	22:00	4	14	0	0	0	18	2.42%	0.67	0	16	0	0	0	16	2.15%	0.57
22:00	23:00	0	10	0	0	0	10	1.35%	0.83	0	9	0	0	0	9	1.21%	0.45
23:00	0:00	2	4	0	0	0	6	0.81%	0.42	0	5	0	0	0	5	0.67%	0.42
TOTALES		83	648	3	7	2	743			98	627	2	4	5	736		
PORCENTAJES		11.17%	87.21%	0.40%	0.94%	0.27%	100%		FHP 0.25	13.32%	85.19%	0.27%	0.54%	0.68%	100%		FHP 0.25
FLUJO (VEH/HORA)		4	27	1	1	1	31			5	27	1	1	1	31		



17:00	17:05	3	1				1	7		128	0.78	3	5					13		81	0.85		
17:05	17:10		10					20				1	2									5	
17:10	17:15	1	2					5	32			1	2					1	7			25	
17:15	17:20		3					6	31				1						2			14	
17:20	17:25	2	4					10	21				2						4			13	
17:25	17:30		6					12	28				2						4			10	
17:30	17:35		4	1				10	32			1	7						15			23	
17:35	17:40	1	6			1		15	37				3	1					8			27	
17:40	17:45		4			1		10	35				3		1				8			31	
17:45	17:50	4	6					16	41			2	1						4			20	
17:50	17:55		4	1				10	36				2						4			16	
17:55	18:00	1	3					7	33			1	3						7			15	
18:00	18:05	1	1								2							4					
18:05	18:10		8					16		1	7						15						
18:10	18:15	1	10					21	40		3						6	25					
18:15	18:20	2	4					10	47		7				1		16	37					
18:20	18:25	1	2					5	36		6						14	36					
18:25	18:30		4					8	23	1	4	1					11	41					
18:30	18:35		4	1				10	23		7						14	39					
18:35	18:40	2	11					24	42	1	3						7	32					
18:40	18:45	1	4					9	43		3	1					8	29					
18:45	18:50	1	7					15	48	1	4						9	24					
18:50	18:55		7				1	16	40		2						4	21					
18:55	19:00	2	3					8	39		3						6	19					
19:00	19:05	1	8					17		1	3						7						
19:05	19:10		5			1		12			2						4						
19:10	19:15	1	6	1				15	44		3				1		8	19					
19:15	19:20	1	4					9	36	1	3	1					9	21					
19:20	19:25		3					6	30		4						8	25					
19:25	19:30	1	7					15	30		2						4	21					
19:30	19:35		1					2	23		3						6	18					
19:35	19:40		5			1		12	29		3						6	16					
19:40	19:45		4					8	22		4						8	20					
19:45	19:50		6					12	32		2						4	18					
19:50	19:55		4			1		10	30		2	1					2	14					
19:55	20:00	1	2					5	27		2						4	10					
20:00	20:05		6					12									0						
20:05	20:10		2					4			3						6						
20:10	20:15		1					2	18		2						4	10					
20:15	20:20		3					6	12		1						2	12					
20:20	20:25		4					8	16		1						2	8					
20:25	20:30		1					2	16		2						4	8					
20:30	20:35		2			1		6	16		2						4	10					
20:35	20:40	1	5					11	19								0	8					
20:40	20:45		1					2	19		1	1					3	7					
20:45	20:50							0	13		2						4	7					
20:50	20:55	1	3	1				9	11		1						2	9					
20:55	21:00	1	2					5	14		1						2	8					
21:00	21:05		1					2			1						2						
21:05	21:10		1			1		4									0						
21:10	21:15		4					8	14								0	2					
21:15	21:20							0	12		2						4	4					
21:20	21:25		1					2	10		1						2	6					
21:25	21:30		1					2	4								0	6					
21:30	21:35							0	4								0	2					
21:35	21:40		1					2	4		1		1				4	4					
21:40	21:45	1	3					7	9		2						4	8					
21:45	21:50	1	2					5	14		1						4	12					
21:50	21:55	1	3					7	19		1			1			4	12					
21:55	22:00		1					2	14								0	8					
22:00	22:05		2					4									0						
22:05	22:10							0			1						2						
22:10	22:15		2			1		6	10		1						2	4					
22:15	22:20		1					2	8		2						4	8					
22:20	22:25							0	8								0	6					
22:25	22:30		1					2	4		2						4	8					
22:30	22:35							0	2		1						2	6					
22:35	22:40		2					4	6								0	6					
22:40	22:45							0	4								0	2					
22:45	22:50		5					10	14								0	0					
22:50	22:55							0	10								0	0					
22:55	23:00							0	10								0	0					
23:00	23:05		1					2			1						2						
23:05	23:10							0									0						
23:10	23:15		1					2	4		1						1	3					
23:15	23:20		1					2	4								0	1					
23:20	23:25							0	4								0	1					
23:25	23:30		1					2	4								0	0					
23:30	23:35	1	1					3	5		1						1	1					
23:35	23:40					1		2	7								0	1					
23:40	23:45						1	2	7								0	1					
23:45	23:50	1	1					3	7		1						2	2					
23:50	23:55							0	5		1						2	4					
23:55	0:00	2						2	5								0	4					
TOTALES		84	636	20	20	12	20	7		0.25	81	623	20	22	6	19	5		0.25				



Resumen de conteo volumétrico día 3:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba											Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues											
		Livianos		Pesados					TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP	Livianos		Pesados					TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP			
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Bicicl. - Moto	Auto - Buset.				Bus	Camión	Volquete										
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A			
0:00	1:00	0	1	0	0	0	0	0	1	0.13%	0.25	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.52%	0.25
1:00	2:00	0	1	0	0	0	0	0	1	0.13%	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-
2:00	3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-
3:00	4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-
4:00	5:00	0	2	0	0	0	0	0	2	0.25%	0.25	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.50%	0.50
5:00	6:00	1	1	1	0	0	0	0	3	0.38%	0.31	2	5	0	1	0	0	0	0	0	8	1.00%	0.35	
6:00	7:00	1	13	2	0	0	0	0	16	2.00%	0.60	9	46	2	0	0	0	0	0	0	57	7.13%	0.75	
7:00	8:00	7	42	2	1	1	0	0	53	6.63%	0.71	11	70	2	4	1	0	0	0	0	88	11.01%	0.67	
8:00	9:00	2	42	1	3	2	3	0	53	6.63%	0.72	7	44	2	4	0	7	2	2	66	8.26%	0.87		
9:00	10:00	5	29	1	3	0	1	2	41	5.13%	0.66	4	37	1	3	0	2	2	2	49	6.13%	0.69		
10:00	11:00	7	31	1	1	0	3	1	44	5.51%	0.84	2	36	1	2	0	0	0	0	41	5.13%	0.63		
11:00	12:00	4	34	2	1	1	2	0	44	5.51%	0.68	3	39	1	0	0	4	0	0	47	5.88%	0.54		
12:00	13:00	4	43	1	0	0	0	3	51	6.38%	0.77	5	37	2	1	0	0	1	0	46	5.76%	0.84		
13:00	14:00	1	45	1	3	1	3	1	55	6.88%	0.68	7	42	1	0	0	0	0	0	50	6.26%	0.68		
14:00	15:00	8	35	1	2	2	0	0	48	6.01%	0.79	2	30	1	2	1	1	0	0	37	4.63%	0.60		
15:00	16:00	0	43	1	0	0	3	0	47	5.88%	0.62	4	37	1	0	1	2	0	0	45	5.63%	0.63		
16:00	17:00	6	34	1	1	0	3	0	45	5.63%	0.58	6	43	1	2	1	0	0	0	53	6.63%	0.83		
17:00	18:00	12	53	2	2	0	1	0	70	8.76%	0.78	9	33	1	1	0	1	0	0	45	5.63%	0.65		
18:00	19:00	11	65	1	0	0	1	0	78	9.76%	0.76	4	51	2	0	1	1	0	0	59	7.38%	0.70		
19:00	20:00	5	55	1	1	2	0	0	64	8.01%	0.70	2	31	2	0	0	1	0	0	36	4.51%	0.70		
20:00	21:00	3	30	1	0	1	0	0	35	4.38%	0.88	1	16	0	0	0	0	0	0	17	2.13%	0.69		
21:00	22:00	3	18	0	0	1	0	0	22	2.75%	0.54	0	9	0	2	1	0	0	0	12	1.50%	0.50		
22:00	23:00	0	13	0	1	0	0	0	14	1.75%	0.50	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0.88%	0.44		
23:00	0:00	4	6	0	1	1	0	0	12	1.50%	0.71	2	3	0	0	0	0	0	0	5	0.63%	0.50		
TOTALES		84	636	20	20	12	20	7	799			81	623	20	22	6	19	5	776					
PORCENTAJES		10.51%	79.60%	2.50%	2.50%	1.50%	2.50%	0.88%	100%			10.44%	80.28%	2.58%	2.84%	0.77%	2.45%	0.64%	100%					
FLUJO (VEH/HORA)		4	27	1	1	1	1	1	34			4	26	1	1	1	1	1	33					



Día 4:

UNIVERSIDAD DE CUENCA		UNIVERSIDAD DE CUENCA																								
FECHA: martes, 8 de diciembre de 2020		CONTEO DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO																								
VIA: AZOGUES - SAN MIGUEL DE POROTOS - JATUMPAMBA		PAVIMENTO FLEXIBLE. CARPETA ASFÁLTICA																								
SENTIDO DE TRÁFICO		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba										Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues														
Hora	Clasificación	Livianos		Pesados						TOTAL	TRÁFICO (15 minutos)	VOLUMEN POR HORA	RHP	Livianos		Pesados			TOTAL	TRÁFICO (15 minutos)	VOLUMEN POR HORA	RHP				
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Camión	Bicicl. - Moto	Auto - Buset.					Bus	Camión	Volquete										
		-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2					-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A						
0:00	0:05									0											0					
0:05	0:10									0												0				
0:10	0:15									0	0											0	0			
0:15	0:20									0	0											0	0			
0:20	0:25									0	0											0	0			
0:25	0:30									0	0											0	0			
0:30	0:35									0	0											0	0			
0:35	0:40		1							2	2											0	0			
0:40	0:45									0	2											2	2			
0:45	0:50									0	2											0	2			
0:50	0:55									0	0											0	2			
0:55	1:00									0	0											0	0			
1:00	1:05									0												0				
1:05	1:10									0												0				
1:10	1:15									0	0											0	0			
1:15	1:20									0	0											0	0			
1:20	1:25									0	0											0	0			
1:25	1:30									0	0											0	0			
1:30	1:35									0	0											0	0			
1:35	1:40									0	0											0	0			
1:40	1:45									0	0											0	0			
1:45	1:50									2	2											0	0			
1:50	1:55		1							0	2											0	2			
1:55	2:00									0	2											0	0			
2:00	2:05									0												0				
2:05	2:10									0												0				
2:10	2:15									0	0											0	0			
2:15	2:20									0	0											0	0			
2:20	2:25									0	0											0	0			
2:25	2:30									0	0											0	0			
2:30	2:35									0	0											0	0			
2:35	2:40									0	0											0	0			
2:40	2:45									0	0											0	0			
2:45	2:50									0	0											0	0			
2:50	2:55									0	0											0	0			
2:55	3:00									0	0											0	0			
3:00	3:05									0												0				
3:05	3:10									0												0				
3:10	3:15									0	0											0	0			
3:15	3:20									0	0											0	0			
3:20	3:25		1							2	2											0	0			
3:25	3:30									0	2											0	0			
3:30	3:35									0	2											0	0			
3:35	3:40									0	0											2	2			
3:40	3:45									0	0											0	2			
3:45	3:50									0	0											0	2			
3:50	3:55									0	0											0	0			
3:55	4:00									0	0											0	0			
4:00	4:05									0												0				
4:05	4:10									0												0				
4:10	4:15									0	0											2	2			
4:15	4:20									0	0											0	2			
4:20	4:25									0	0											0	2			
4:25	4:30									0	0											2	2			
4:30	4:35									0	0											0	2			
4:35	4:40									2	2											0	2			
4:40	4:45		1				1			2	4											0	0			
4:45	4:50									0	4											0	0			
4:50	4:55									0	2											4	4			
4:55	5:00									0	0											0	4			
5:00	5:05									0												0				
5:05	5:10									0												0				
5:10	5:15									0	0											2	2			
5:15	5:20									0	0											1	3			
5:20	5:25									0	0											0	3			
5:25	5:30									0	0											0	1			
5:30	5:35									0	0											0	1			
5:35	5:40									0	0											2	2			
5:40	5:45									0	0											6	8			
5:45	5:50									0	0											0	8			
5:50	5:55									2	2											2	8			
5:55	6:00		1		1					4	6											4	6			
6:00	6:05									2												0				
6:05	6:10									0												4				
6:10	6:15									0	2											0	9			
6:15	6:20			1						2	2											2	6			
6:20	6:25			1						2	4											0	2			
6:25	6:30			1						2	6											10	12			
6:30	6:35			1						2	6											4	14			
6:35	6:40				1					2	6											11	25			
6:40	6:45				3					6	10											16	31			
6:45	6:50		1		3					7	15											10	37			
6:50	6:55				6					12	25											29	55			
6:55	7:00		1		2					5	24											14	53			
7:00	7:05				2					4												12				
7:05	7:10		1		1					3												21				
7:10	7:15				4					8	15											18	51			
7:15	7:20		1		4					9	20											15	54			
7																										



Resumen de conteo volumétrico día 4:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba											Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues												
		Livianos		Pesados							TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP	Livianos		Pesados					TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP		
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete			Bicicl. - Moto	Auto - Buset.				Bus	Camión	Volquete									
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A			
0:00	1:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11%	0.25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.12%	0.25
1:00	2:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11%	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-
2:00	3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-
3:00	4:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11%	0.25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.11%	0.25
4:00	5:00	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0.23%	0.25	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.46%	0.50
5:00	6:00	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0.34%	0.25	1	6	0	1	1	0	0	0	0	9	1.03%	0.53	
6:00	7:00	2	18	2	0	0	0	0	0	22	2.53%	0.42	7	47	2	0	0	0	0	0	0	56	6.43%	0.48	
7:00	8:00	8	50	2	3	0	3	0	0	66	7.58%	0.63	18	64	2	4	0	1	0	0	0	89	10.22%	0.74	
8:00	9:00	4	40	1	1	0	9	0	0	55	6.31%	0.70	12	45	2	2	1	11	2	75	8.61%	0.70			
9:00	10:00	5	48	1	5	0	5	2	0	66	7.58%	0.86	1	33	1	1	0	8	2	46	5.28%	0.81			
10:00	11:00	2	32	1	4	0	1	0	0	40	4.59%	0.72	1	37	1	3	0	1	0	43	4.94%	0.57			
11:00	12:00	3	39	2	4	0	0	6	0	54	6.20%	0.69	3	45	1	2	2	0	2	55	6.31%	0.86			
12:00	13:00	2	43	1	2	0	0	0	0	48	5.51%	0.67	2	46	2	3	1	1	3	58	6.66%	0.70			
13:00	14:00	8	41	1	1	0	3	1	0	55	6.31%	0.77	3	42	1	0	0	0	0	46	5.28%	0.72			
14:00	15:00	0	35	1	3	0	1	0	0	40	4.59%	0.71	3	34	1	3	0	2	1	44	5.06%	0.69			
15:00	16:00	5	36	1	3	0	6	0	0	51	5.86%	0.69	5	35	1	2	0	3	0	46	5.28%	0.81			
16:00	17:00	2	41	1	1	0	2	1	1	49	5.63%	0.86	4	47	1	2	0	3	0	57	6.54%	0.79			
17:00	18:00	5	59	2	2	0	2	0	0	70	8.04%	0.75	5	40	1	1	0	0	0	47	5.40%	0.72			
18:00	19:00	21	61	1	2	0	0	0	0	85	9.76%	0.79	2	53	2	2	0	1	0	60	6.89%	0.76			
19:00	20:00	6	55	1	0	0	1	0	0	63	7.23%	0.71	6	26	2	2	0	1	0	37	4.25%	0.55			
20:00	21:00	9	30	0	1	0	0	0	0	40	4.59%	0.71	5	23	0	0	0	0	0	28	3.21%	0.64			
21:00	22:00	1	25	0	1	1	0	0	0	28	3.21%	0.76	5	18	0	0	0	0	0	23	2.64%	0.45			
22:00	23:00	5	18	0	1	0	0	0	0	24	2.76%	0.54	2	19	0	0	0	0	0	21	2.41%	0.45			
23:00	0:00	1	5	0	1	0	0	0	0	7	0.80%	0.81	0	3	0	0	0	0	0	3	0.34%	0.38			
TOTALES		89	682	19	35	2	33	10	1	871			85	669	20	28	5	32	10	849					
PORCENTAJES		10.22%	78.30%	2.18%	4.02%	0.23%	3.79%	1.15%	0.11%	100%			10.01%	78.80%	2.36%	3.30%	0.59%	3.77%	1.18%	100%					
FLUJO (VEH/HORA)		4	29	1	2	1	2	1	1	37			4	28	1	2	1	2	1	36					
											FHP	0.25												FHP	0.25



Resumen de conteo volumétrico día 5:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba											Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues										
		Livianos			Pesados					TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP	Livianos			Pesados					TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Camión	Bicicl. - Moto	Autos y Busetas				Bus	Camión	Volquete								
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	
0:00	1:00	1	4	0	0	0	0	0	5	0.60%	0.56	0	3	0	0	0	3	0.37%	0.38				
1:00	2:00	1	1	0	0	0	0	0	2	0.24%	0.38	0	1	0	0	0	1	0.12%	0.25				
2:00	3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	0	0	0	0	0	0.00%	-				
3:00	4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	1	0	0	0	1	0.12%	0.25				
4:00	5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	2	0	0	0	2	0.24%	0.50				
5:00	6:00	0	1	1	0	0	0	0	2	0.24%	0.50	0	11	0	0	1	12	1.43%	0.60				
6:00	7:00	2	20	2	0	0	0	0	24	2.86%	0.48	5	45	1	1	0	52	6.20%	0.51				
7:00	8:00	8	54	2	0	0	0	1	65	7.75%	0.69	11	60	2	1	1	75	8.94%	0.74				
8:00	9:00	5	40	1	2	1	2	0	51	6.08%	0.71	8	57	2	5	0	76	9.06%	0.77				
9:00	10:00	2	42	1	6	0	4	1	56	6.67%	0.79	2	29	1	2	0	37	4.41%	0.86				
10:00	11:00	3	28	1	4	0	3	1	40	4.77%	0.69	2	48	1	5	0	59	7.03%	0.74				
11:00	12:00	2	42	2	2	0	3	1	52	6.20%	0.77	1	33	1	4	0	44	5.24%	0.75				
12:00	13:00	5	38	1	3	0	4	0	51	6.08%	0.71	3	44	3	0	0	54	6.44%	0.82				
13:00	14:00	5	38	1	7	0	3	2	56	6.67%	0.84	5	26	1	2	0	38	4.53%	0.81				
14:00	15:00	1	43	1	1	0	3	0	49	5.84%	0.87	3	47	1	5	0	59	7.03%	0.76				
15:00	16:00	3	28	1	0	0	3	0	35	4.17%	0.62	1	47	1	3	0	54	6.44%	0.84				
16:00	17:00	6	47	0	3	0	5	0	61	7.27%	0.74	3	37	1	2	1	45	5.36%	0.62				
17:00	18:00	4	46	2	2	0	0	1	55	6.56%	0.66	5	41	1	0	0	47	5.60%	0.65				
18:00	19:00	17	59	1	2	0	0	0	79	9.42%	0.77	8	41	2	3	0	55	6.56%	0.85				
19:00	20:00	4	49	2	2	0	0	1	58	6.91%	0.82	8	27	1	1	0	37	4.41%	0.75				
20:00	21:00	4	34	0	0	2	0	0	40	4.77%	0.70	2	32	1	0	0	35	4.17%	0.74				
21:00	22:00	1	24	0	1	0	0	0	26	3.10%	0.53	2	3	0	0	0	5	0.60%	0.40				
22:00	23:00	4	16	0	1	0	0	0	21	2.50%	0.59	1	8	0	0	1	10	1.19%	0.53				
23:00	0:00	2	9	0	0	0	0	0	11	1.31%	0.50	0	4	0	0	0	4	0.48%	0.50				
TOTALES		80	663	19	36	3	30	7	839			70	647	20	34	4	25	5	805				
PORCENTAJES		9.54%	79.02%	2.26%	4.29%	0.36%	3.58%	0.83%	100%	FHP	0.38	8.70%	80.37%	2.48%	4.22%	0.50%	3.11%	0.62%	100%	FHP	0.25		
FLUJO (VEH/HORA)		4	28	1	2	1	2	1	35			3	27	1	2	1	2	1	34				



Resumen de conteo volumétrico día 6:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba											Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues												
		Livianos		Pesados							TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP	Livianos		Pesados							TOTAL	% DE VEHICULOS	FHP
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	2DA	2DB	V2DB	V3A				3S2	Bicicl. - Moto	Autos y Busetas	Bus	Camión	Volquete	Camión					
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2			-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	3S2							
0:00	1:00	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0.46%	0.33	0	2	0	0	0	0	0	2	0.23%	0.25			
1:00	2:00	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.12%	0.25	0	1	0	0	0	0	0	1	0.12%	0.25			
2:00	3:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.12%	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-			
3:00	4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-			
4:00	5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	-	0	4	0	0	0	0	0	4	0.46%	0.25			
5:00	6:00	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0.23%	0.50	1	6	0	1	0	0	0	8	0.92%	0.42			
6:00	7:00	1	14	1	1	0	0	0	0	17	1.96%	0.39	10	51	1	2	1	0	0	65	7.51%	0.54			
7:00	8:00	10	47	3	3	1	1	0	0	65	7.51%	0.68	18	60	2	1	0	1	0	82	9.47%	0.69			
8:00	9:00	4	38	1	1	0	2	0	0	46	5.31%	0.63	5	44	3	2	1	8	2	65	7.51%	0.87			
9:00	10:00	3	39	1	2	3	6	2	0	56	6.47%	0.74	3	44	1	1	1	6	1	57	6.58%	0.71			
10:00	11:00	2	33	1	2	0	5	1	0	44	5.08%	0.67	3	35	1	5	0	3	1	48	5.54%	0.70			
11:00	12:00	1	56	2	0	0	0	3	0	62	7.16%	0.77	1	43	1	0	0	6	1	52	6.00%	0.83			
12:00	13:00	7	38	1	2	1	2	1	0	52	6.00%	0.66	7	50	2	3	0	3	1	66	7.62%	0.64			
13:00	14:00	1	53	1	1	2	5	1	0	64	7.39%	0.71	2	33	1	1	0	2	0	39	4.50%	0.66			
14:00	15:00	6	33	1	3	1	4	0	1	49	5.66%	0.61	5	41	1	4	0	4	2	59	6.81%	0.55			
15:00	16:00	4	43	1	0	1	5	2	0	56	6.47%	0.77	4	35	1	0	0	3	0	43	4.97%	0.73			
16:00	17:00	3	46	1	0	2	5	0	0	57	6.58%	0.87	7	41	1	1	2	3	0	55	6.35%	0.72			
17:00	18:00	4	50	3	0	0	0	0	0	57	6.58%	0.89	4	39	1	2	0	2	0	48	5.54%	0.50			
18:00	19:00	16	67	1	1	1	0	0	0	86	9.93%	0.80	5	65	2	0	0	0	0	72	8.31%	0.61			
19:00	20:00	8	49	1	1	0	0	0	0	59	6.81%	0.57	4	19	1	0	0	0	0	24	2.77%	0.50			
20:00	21:00	9	32	0	0	0	0	0	0	41	4.73%	0.70	3	19	1	1	0	0	0	24	2.77%	0.66			
21:00	22:00	2	18	0	0	0	0	0	0	20	2.31%	0.50	6	22	0	0	0	0	0	28	3.23%	0.83			
22:00	23:00	3	15	0	0	0	0	0	0	18	2.08%	0.49	0	9	0	0	0	0	0	9	1.04%	0.75			
23:00	0:00	2	5	0	1	1	0	0	0	9	1.04%	0.36	0	5	0	0	0	0	0	5	0.58%	0.42			
TOTALES		87	682	20	18	13	35	10	1	866			88	668	20	24	5	41	8	2	856				
PORCENTAJES		10.05%	78.75%	2.31%	2.08%	1.50%	4.04%	1.15%	0.12%	100%			10.28%	78.04%	2.34%	2.80%	0.58%	4.79%	0.93%	0.23%	100%				
FLUJO (VEH/HORA)		4	29	1	1	1	2	1	1	37			4	28	1	1	1	2	1	1	36				



Resumen de conteo volumétrico día 7:

Sentido de Tráfico		Azogues - San Miguel de Porotos - Jatumpamba											Jatumpamba - San Miguel de Porotos - Azogues												
		Livianos		Pesados							TOTAL	% DE VEHÍCULOS	FHP	Livianos		Pesados							TOTAL	% DE VEHÍCULOS	FHP
		Bicicl. - Moto	Auto - Buset.	Bus	Camión	Volquete	Camión									Bicicl. - Moto	Autos y Busetas	Bus	Camión	Volquete	Camión				
Clasificación	-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	2S2				-	2D	B2	2DA	2DB	V2DB	V3A	2S2						
0:00	1:00	0	3	0	0	2	0	0	0	5	0.56%	0.31	0	2	0	0	0	0	0	2	0.23%	0.25			
1:00	2:00	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0.34%	0.75	0	2	0	0	0	0	0	2	0.22%	0.25			
2:00	3:00	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.22%	0.25	0	2	0	0	0	0	0	2	0.22%	0.25			
3:00	4:00	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.22%	0.50	0	2	0	0	0	0	0	2	0.22%	0.25			
4:00	5:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11%	0.25	0	4	0	0	0	0	0	4	0.45%	0.50			
5:00	6:00	0	6	1	0	0	0	0	0	7	0.79%	0.58	0	14	0	0	2	0	0	16	1.80%	0.67			
6:00	7:00	2	15	2	0	0	0	0	0	19	2.13%	0.56	6	51	1	1	0	0	0	59	6.62%	0.57			
7:00	8:00	5	46	2	1	0	4	0	0	58	6.51%	0.56	19	50	2	1	1	2	0	75	8.42%	0.74			
8:00	9:00	4	39	1	3	2	6	0	0	55	6.17%	0.78	8	44	2	5	0	9	2	70	7.86%	0.85			
9:00	10:00	7	32	1	1	1	6	2	1	51	5.72%	0.58	6	38	1	1	1	7	2	56	6.29%	0.72			
10:00	11:00	3	24	1	0	0	4	2	0	34	3.82%	0.65	3	31	1	2	0	6	2	46	5.16%	0.59			
11:00	12:00	2	30	2	2	1	7	2	0	46	5.16%	0.87	3	30	2	0	0	6	2	43	4.83%	0.67			
12:00	13:00	4	39	1	1	1	1	0	0	47	5.27%	0.80	6	30	2	3	2	4	0	47	5.27%	0.79			
13:00	14:00	5	33	1	2	0	3	0	0	44	4.94%	0.77	2	44	1	0	1	3	0	51	5.72%	0.71			
14:00	15:00	3	39	1	0	1	7	3	0	54	6.06%	0.77	5	35	1	1	2	5	1	50	5.61%	0.68			
15:00	16:00	3	52	1	3	1	7	1	0	68	7.63%	0.63	3	41	1	0	2	6	0	53	5.95%	0.83			
16:00	17:00	0	41	1	2	0	3	0	0	47	5.27%	0.90	2	28	1	2	1	4	0	38	4.26%	0.64			
17:00	18:00	7	55	2	2	0	0	0	0	66	7.41%	0.78	7	67	1	1	0	1	0	77	8.64%	0.71			
18:00	19:00	16	67	2	2	1	0	0	0	88	9.88%	0.70	8	56	1	1	0	0	0	66	7.41%	0.74			
19:00	20:00	7	60	2	1	3	0	0	0	73	8.19%	0.72	3	37	1	0	1	0	0	42	4.71%	0.72			
20:00	21:00	5	41	1	0	0	1	0	0	48	5.39%	0.76	4	26	0	0	0	0	0	30	3.37%	0.50			
21:00	22:00	4	24	0	0	0	0	0	0	28	3.14%	0.68	0	15	0	0	0	0	0	15	1.68%	0.54			
22:00	23:00	4	26	0	0	1	0	0	0	31	3.48%	0.85	2	14	0	1	0	0	0	17	1.91%	0.53			
23:00	0:00	3	11	0	0	0	0	0	0	14	1.57%	0.63	2	7	0	0	0	0	0	9	1.01%	0.50			
TOTALES		84	691	22	20	14	49	10	1	891			89	670	18	19	13	53	9	1	872				
PORCENTAJES		9.43%	77.55%	2.47%	2.24%	1.57%	5.50%	1.12%	0.11%	100%		FHP	0.25	10.21%	76.83%	2.06%	2.18%	1.49%	6.08%	1.03%	0.11%	100%	FHP	0.25	
FLUJO (VEH/HORA)		4	29	1	1	1	3	1	1	38			4	28	1	1	1	3	1	1	37				



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuzco)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985712634 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR										
PROYECTO:	EVALUACIÓN VIAL EN LA CARRETERA AZOGUES - SAN MIGUEL DE POROTOS - JATUMPAMBA									
SOLICITA:	FELIPE IVÁN REDROVÁN FLORES									
UBICACION:	AZOGUES									
MUESTRA:	DE SITIO - P1-M1 - PROF 0,00-1,50m.									
FECHA:	9 DE ABRIL DE 2021									
NORMA DE ENSAYO:	T 180 D					MOLDE MODIFICADO				
GOLPES POR CAPA:	56					DIAMETRO: 15.5				
Nº. DE CAPAS:	5					VOLUMEN: 2175				
PESO MARTILLO:	4.54 Kg					PESO: 6863				
ALTURA DE CAIDA:	45.7 cm									
DATOS PARA LA CURVA:										
PUNTO No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso curpa:	1069	1060	1106	1110	1107	1100	1097	1093	1087	1081
Peso suelo:	407	417	443	447	447	447	447	447	447	447
Dens. Part.:	163	161	161	161	161	161	161	161	161	161
CONTENIDOS DE HUMEDAD:										
W. Humedo:	124.94	127.18	133.94	134.10	137.14	135.24	134.84	133.18	130.94	129.06
W. Seco:	116.03	117.53	112.82	113.23	113.77	112.36	110.41	108.96	107.18	105.18
W. Casado:	41.88	37.89	26.71	37.84	36.14	36.63	16.94	26.25	36.83	36.16
w%:	12.82	12.56	14.42	14.27	17.36	17.27	19.79	19.96	22.83	22.83
w% prom:	12.98		14.34		17.24		19.63		22.88	
Dens. Seca:	1581	1704	1748	1748	1748	1748	1752	1679	1679	1679
RESULTADOS:	DENSIDAD SECA. MAX. = 1.748					CONT. DE AGUA OPT. = 17.31				
CURVA DE COMPACTACION										
Ing. M.Sc. Juan Pablo Riquetti M.										

**LABORATORIO DE SUELOS**

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

LABORATORIO DE SUELOS R & R.						
PROYECTO: EVALUACIÓN VIAL EN LA CARRETERA AZOGUES - SAN MIGUEL DE POROTOS - JATUMPAMBA						
UBICACIÓN: AZOGUES						
SOLICITA: FELIPE IVÁN REDROVÁN FLORES				MUESTRA DISTURBADA		
FECHA: 9 DE ABRIL DE 2021				SOBRECARGA: 10 LIBRAS		
OBSERVACIÓN: DE SITIO P1 - M1 PROF. 0,00 - 1,50 m.						
Valor relativo de soporte CBR(ASTM D1883)						
Molde No.	16		17		18	
Numero de capas	8		8		8	
# de golpes por capa	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra+molde Gr.	11815	11965	11817	11867	11123	11173
Peso molde Gr.	7526	7526	7811	7811	7369	7369
Peso muestra Gr.	4389	4439	4006	4056	3754	3804
Volumen muestra cm ³	2147	2147	2136	2136	2156	2156
Densidad húmeda kg/m ³	2,044	2,068	1,875	1,899	1,741	1,764
Densidad seca kg/m ³	1,743	1,883	1,599	1,351	1,484	1,172
CONTENIDO DE AGUA						
Peso húmedo + tarro (Gr)	51,36	58,54	51,42	71,85	51,74	75,76
Peso seco + tarro (Gr)	45,20	56,20	46,21	55,83	47,50	55,09
Peso tarro (Gr)	16,21	15,88	16,05	16,34	16,08	15,87
Contenido de humedad %	21,25	30,81	17,27	40,57	13,43	50,53
Promedio humedad %	17,32	30,81	17,32	40,87	17,32	50,83
Agua absorbida %		1,14		1,25		1,33
OBSERVACIONES:						
HUMEDAD OPTIMA	17,31	PESO HUMEDO 18000 gr.				
HUMEDAD INICIAL	11,41	PESO SECO 18157 gr.				
HUMEDAD AÑADIDA	5,9	AGUA 953 cm ³ .				
Reemplazo material retenido tamiz 3/4" (Pasa 3/4" retiene N° 4.)	19 %	3401 gr.				
Mezcla del Material pasante tamiz 3/4" (Pasa material 3/4")	81 %	14599 gr.				
Total de material para el ensayo		18000 gr.				
Esponjamiento al 95 % =	7,98%					
Valor CBR al 95% =	4,7%					
Valor CBR al 100% =	8,4%					
 Ing. M.Sc. Juan Pablo Riquetti M.						



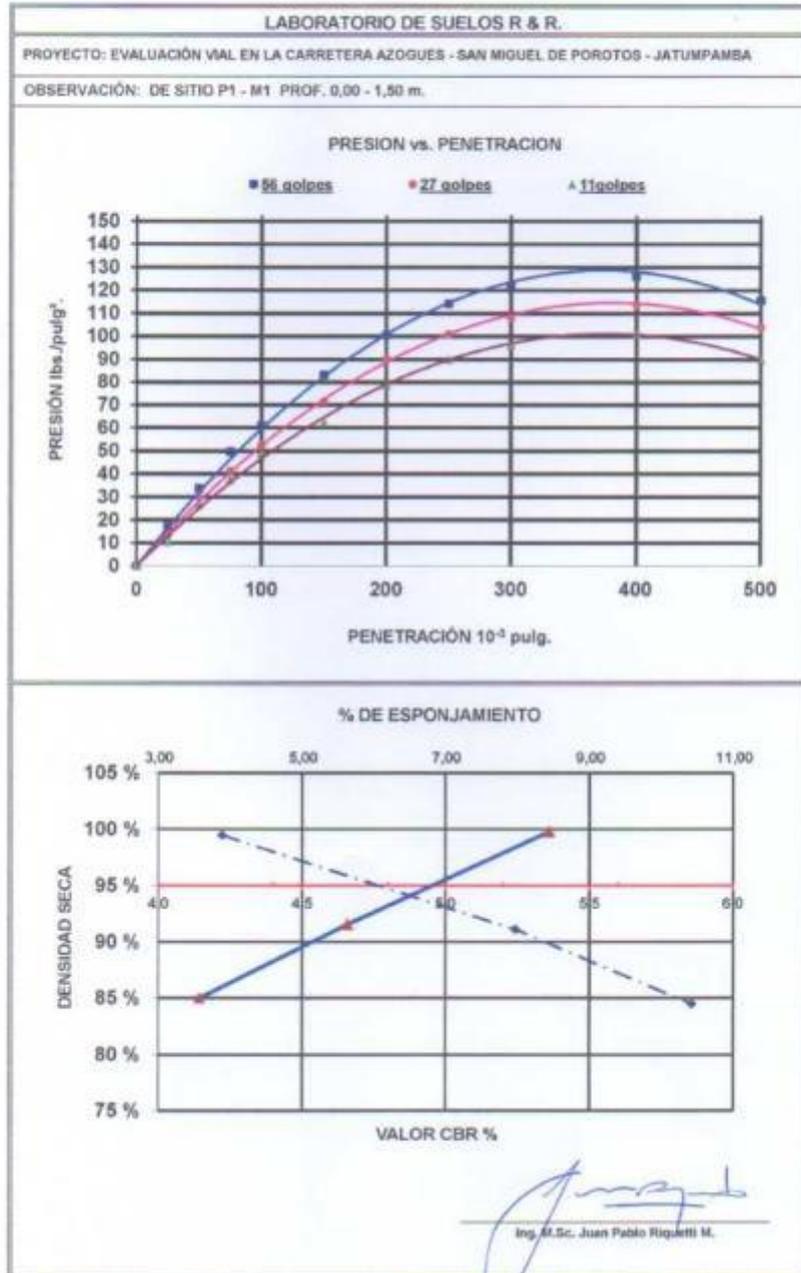
LABORATORIO DE SUELOS

R&R

Fray Marchena y Av. Loja (Lib. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0996773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca





Anexo 11: Información INAMHI de zona en estudio

60 Anuario Meteorológico N° 53-2013

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

M0138		PAUTE										INAMHI						
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MÉDIA S		Mensual	Máxima día	Mínima día	Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs		Mínima en 24hrs	
ENERO		28.3	25	8.1	16							25.0	12.6			18.2		100
FEBRERO		28.3	8	9.3	24	24.5	12.4	17.9	100	5	52	7	82	14.5	16.5	114.0	30.0	11
MARZO		28.1	22			25.2	12.6	17.9	99	1	56	20	83	14.8	16.9	47.6	12.6	19
ABRIL		29.0	27	3.6	25	24.7	11.5	17.5	99	9	49	26	82	14.2	16.4	26.0	10.5	18
MAYO		28.7	4	9.6	3	24.6	12.6	17.9	98	3	56	3	83	14.7	16.8	137.7	26.8	31
JUNIO		26.1	28	9.7	22	23.2	11.8	16.8	99	2	52	29	83	13.7	15.7	64.2	12.5	30
JULIO		25.4	3			21.8	10.6	15.8	99	26	59	4	82	12.6	14.7	56.6	12.2	8
AGOSTO		26.8	9	6.1	23	22.9	10.7	16.3	98	4	54	14	83	13.2	15.4	21.8	9.4	14
SEPTIEMBRE		26.7	13	3.8	22	23.2	9.6	16.2	97	8	60	30	82	12.9	15.2	31.7	7.1	18
OCTUBRE		28.1	31	10.1	1	25.0	12.0	17.7	98	14	58	14	82	14.5	16.7	121.5	48.9	16
NOVIEMBRE		29.5	9	5.1	30	27.0	10.4	17.7	99	2	58	3	83	14.5	17.1	166.0	78.2	28
DICIEMBRE		28.9	18	3.1	19	26.1	11.9	18.1	97	30	65	2	82	14.9	17.2	74.7	12.1	17
VALOR ANUAL		29.5				24.4	11.6	17.3	100		49		82	14.1	16.3	889.6		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)						
	Mensual	Máxima en 24hrs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS										
ENERO			6	1.2	10	2.6	29	1.3	9	2.0	1	2.0	1	0.0	0	0.0	0	2.6	5	45	93	5.0	NW
FEBRERO			7	1.0	11	2.5	23	1.6	6	2.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.3	4	55	84	4.0	NE
MARZO			6	1.2	11	2.7	27	1.0	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.5	4	54	93	4.0	NE
ABRIL			5	1.2	14	2.8	23	1.5	2	2.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	3	53	90	5.0	NE
MAYO			6	1.3	10	2.6	22	1.0	3	2.3	4	1.0	1	2.0	1	0.0	0	2.3	4	55	93	3.0	NE
JUNIO			6	1.2	12	2.9	29	1.6	8	0.0	0	1.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	50	90	5.0	NE
JULIO			6	1.1	9	2.8	34	1.5	7	0.0	0	1.0	1	1.5	2	0.0	0	4.0	2	45	93	5.0	NE
AGOSTO			6	1.1	8	2.8	32	1.0	9	2.0	1	0.0	0	2.0	3	0.0	0	2.0	2	45	93	5.0	NE
SEPTIEMBRE			6	1.3	3	2.9	31	1.7	7	4.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.5	2	56	90	4.0	NE
OCTUBRE			6	1.5	4	2.8	29	1.3	9	1.0	1	2.0	1	0.0	0	1.0	1	2.0	3	52	93	4.0	NE
NOVIEMBRE			6	1.4	8	3.0	27	1.5	7	2.8	6	1.5	2	0.0	0	0.0	0	3.0	2	49	90	4.0	NE
DICIEMBRE			6	1.4	13	2.8	29	1.0	3	1.5	2	1.0	3	2.0	1	0.0	0	2.3	3	45	93	4.0	NE
VALOR ANUAL			6	1.2	9	2.8	28	1.3	6	1.7	2	0.8	1	0.6	1	0.1	0	2.3	3	50		5.0	NW

