



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

TÍTULO DEL PROYECTO:

**“ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE LA
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA AVENIDA
CANÓNIGO RAMOS DESDE LA AVENIDA 11 DE NOVIEMBRE A LA
AVENIDA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO- BY PAS.”**

AUTORES:

MAYRA PAOLA GUAMAN PADILLA
OLGA MARGARITA CALERO CORDONEZ

DIRECTOR:

ING. JORGE NUÑEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: ***“ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA AVENIDA CANÓNIGO RAMOS DESDE LA AVENIDA 11 DE NOVIEMBRE A LA AVENIDA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO- BY PAS.”***, presentado por: Mayra Paola Guamán Padilla, Olga Margarita Calero Cordonez y dirigida por: Ing. Jorge Núñez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Jorge Núñez

DIRECTOR DE TESIS

Firma

Ing. Oscar Paredes

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Firma

Ing. Ángel Paredes

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Mayra Paola Guamán Padilla, Olga Margarita Calero Cordonez y del Director del Proyecto; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.

AGRADECIMIENTO

“A Dios por darnos la bendición de la vida, a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirnos sus puertas al conocimiento y Finalmente a todos nuestro profesores especial al Ing. Jorge Núñez por ser nuestro Tutor y guía para la culminación de nuestro Proyecto de Graduación”.

DEDICATORIA

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la esperanza, la salud y por haberme permitido llegar hasta este punto ¡lograr mis objetivos!

A mis padres, Jorge y Rosario, mi triunfo es el de ustedes por que fueron quienes me enseñaron desde pequeña a luchar para alcanzar mis metas, por sus ejemplos de perseverancia y constancia, quienes siempre me motivaron a seguir adelante y a quienes prometí que terminaría mis estudios. Promesa cumplida. ¡LOS AMO!

A mi esposo, Juan Carlos, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo, su comprensión, su paciencia, su apoyo constante, y por su gran amor. ¡Gracias!

A mí adorada hija Yarelis quien me prestó el tiempo que le pertenecía, para terminar, y me motivó para seguir luchando, ¡Gracias, mi muñeca de chocolate!

A los que nunca dudaron que lograría este triunfo y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

DEDICATORIA

A mi querido Dios porque ha estado conmigo en cada paso que he dado y me ha permitido llegar hasta este punto de mi vida, por haberme dado salud, fortaleza, fe y cuidarme, para lograr mis objetivos, además de llenarme con su infinita bondad y amor.

A mi mami y a mi papi Olga y Aníbal que me han apoyado en todo momento ya sea en mis triunfos y fracasos, por sus consejos, por la motivación constante, por lo ejemplos de perseverancia y constancia que siempre los ha caracterizado y que me han inculcado durante toda mi vida, por el valor mostrado para salir adelante y no decaer ante nada y por sobre todo por ese amor tan grande que me han dado, los adoro con mi vida

A mi flaquita linda mi hermana que siempre de los siempre ha estado conmigo, que a pesar de mi carácter me ha soportado y más que nada por ser la mejor hermana que nunca nadie ha soñado....te quiero mucho Verok's

A ti....que desde que fuiste parte de mi vida no dejaste que decaiga, que siempre has estado conmigo apoyándome y velando por mí, con paciencia, amor y por sobre todo por ser mi más grande amigo. Te quiero mucho mucho mucho.

Y sobre todo a todos aquellos que soñaron con lograr esto y pasaron por mi vida como personas importantes marcando mi alma y mi corazón esto es por ustedes y por mi familia hermosa.

OMC²

ÍNDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Gráficos	xi
Índice de Tablas	xiv
CAPÍTULO I.....	xvii
1. Resumen.....	xvii
Summary	xviii
CAPÍTULO II	1
2. Introducción	1
CAPÍTULO III.....	3
3. Fundamentación Teórica.....	3
3.1. Pavimento Asfáltico.....	3
3.2. Tipos de Pavimentos.....	4
3.3. Causas que generan el deterioro prematuro del asfalto.	5
3.4. Tipologías de deterioros de los Pavimentos Asfálticos.	6
3.5. Evaluación Funcional.....	14
3.5.1. Evaluación visual Método PAVER.....	14
3.5.1.1. Proceso para la Evaluación del Pavimento Asfáltico Método PAVER utilizando como complemento el PCI.	15
3.5.1.2. Inspección del pavimento, determinación del número y áreas de cada sección de medición de PCI.	16
3.5.1.3. Fallas y causas consideradas por el método PAVER-PCI en Pavimentos Asfálticos.	16
3.5.1.4. Determinación del “Valor De Deducción” para cada falla medida, a partir de su severidad, sensibilidad y del gráfico correspondiente.	42
3.5.1.5. Formatos que se utiliza para la inspección de Pavimentos Asfálticos método PAVER-PCI.....	45
3.5.2. Evaluación Visual Método PASER.....	47
3.5.2.1. Proceso para la evaluación del pavimento Método PASER y calificación de la superficie.	48
3.5.2.2. Inspección del pavimento, determinación del número y áreas de cada sección de medición de PASER.....	49
3.5.2.3. Fallas consideradas por el método PASER en Pavimentos Asfálticos.....	49
3.5.3. Evaluación Visual Método VIZIR.....	59

3.5.3.1.	Proceso para la evaluación del pavimento método VIZIR y calificación de superficie.....	60
3.5.3.2.	Inspección del pavimento, determinación del número muestras y áreas de cada sección de medición por el método VIZIR.....	61
3.5.3.3.	Fallas consideradas por el metodo VIZIR en Pavimentos Asfálticos.	61
3.5.3.4.	Formatos que se utiliza para la inspección de Pavimentos Asfálticos para la metodología VIZIR.....	62
3.6.	Estudio de tráfico y determinación del T.P.D.A.....	63
3.6.1.	Modo de transporte y características generales.....	63
3.6.2.	Clasificación de las carreteras.....	65
3.6.3.	EL TPDA.....	66
3.6.3.1.	Conteos de Tráfico Diario (TPD).....	66
3.6.3.2.	Tráfico Actual.....	67
3.6.3.3.	Cálculo de T.P.D.A.	68
3.6.4.	Clasificación de la vía.....	70
3.6.5.	Velocidad de diseño.....	70
3.6.6.	Velocidad de circulación	73
3.7.	Evaluación Estructural.....	73
3.7.1.	Contenido de humedad.....	74
3.7.2.	Abrasión.....	75
3.7.3.	Granulometría.....	77
3.7.4.	Compactación.....	79
3.7.5.	Ensayo de Relación de Soporte de California CBR.....	82
3.7.6.	Peladura.....	84
3.7.7.	Ensayo de densidades de núcleos asfálticos utilizando parafina.....	85
	CAPITULO IV.....	86
4.	Metodología.....	86
4.1.	Tipo de estudio.....	86
4.2.	Población y muestra.....	87
4.3.	Operacionalización de variables.....	88
4.4.	Procedimientos.....	88
4.4.1	Evaluación Funcional.....	89
4.4.1.1.	Evaluación visual método PAVER.....	89
4.4.1.2.	Evaluación visual método PASER.....	90
4.4.1.3.	Evaluación visual método VIZIR.....	91
4.4.2.	Conteo vehicular (TPDA).....	92
4.4.3.	Recopilación de material de la estructura del Pavimento Asfáltico.....	93
4.4.3.1.	Ensayos realizados en el Laboratorio.....	94
4.4.3.2.	Ensayos realizados en campo.....	95
4.5.	Procesamiento y Análisis.....	96
4.5.1.	Evaluación visual método PAVER.....	97
4.5.2.	Evaluación Visual Método PASER.....	103
4.5.3.	Evaluación Visual Método VIZIR.....	105
4.5.4.	Conteo Vehicular (TPDA).....	106

4.5.4.1. Cálculo del T.P.D.A.	108
4.5.4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	113
4.5.4.3. ..Velocidad de diseño.....	114
Tabla 39. Valores de diseño recomendados para carretera.	116
4.5.4.4.Velocidad de circulación.....	117
4.5.5. Recopilación de material de la estructura del Pavimento Asfáltico.	117
4.5.5.1. Ensayos realizados en el Laboratorio.....	117
CAPÍTULO V	119
5. Resultados.....	119
5.1 Evaluación del Tramo I: Pavimento Flexible, desde la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pass a la Avenida 11 de Noviembre.....	119
5.1.1 Evaluación de la Condición de Superficies de Rodadura.....	119
5.1.4 Evaluación de la Superficie de Rodadura por PCI.	131
5.1.5 Evaluación de la superficie de rodadura según PASER	134
5.1.6 Evaluación de la superficie de rodadura por VIZIR.....	138
5.1.7 Comparación promedio de las metodologías PAVER - PCI, PASER y VIZIR.	141
5.1.7.1 Comparación promedio de las metodologías PCI, PASER y VIZIR Tramo I.	141
5.1.7.2 Comparación promedio de las metodologías PAVER- PCI Y VIZIR Tramo II.	143
5.2 Estudio de Tráfico y Determinación del T.P.D.A.	145
5.3 Estaciones de Conteo.....	145
5.3.1 Resultados del Tráfico Actual Promedio Diario de la Estación N° 1.....	145
5.3.2 Resultados del Tráfico Actual Promedio Diario de la Estación N° 2.....	147
5.3.3 Tráfico actual acumulado en 7 días en la Estación N° 1.....	148
5.3.4 Tráfico actual acumulado en 7 días en la Estación N° 2.....	149
5.3.5 Tráfico actual acumulado en 1 día en la Estación N° 1.....	149
5.3.6 Tráfico actual acumulado en 1 día en la Estación N° 1.....	150
5.4 Tráfico Futuro.....	151
5.5 Evaluación Estructural de la Avenida Canónigo Ramos.....	153
5.5.1 Ensayo para determinar el Contenido de Humedad del suelo.	153
5.5.2 Ensayo para la determinación de la resistencia a la Abrasión de agregados utilizando la Máquina de los Ángeles.	154
5.5.3 Ensayo para la determinación de la Granulometría Gruesa o Fina.	155
5.5.4 Ensayo de Compactación Método Modificado.	158
5.5.5 Ensayo CBR (ensayo de Relación de Soporte de California).	161
5.5.6 Recubrimiento y Peladura de Mezclas Bituminosas	178
5.5.7 Ensayo de Densidades de núcleos asfalto utilizandoparafina	179
CAPÍTULO VI.....	181
6. Discusión.....	181
6.1 Evaluación funcional.	181
6.2 Evaluación estructural.	181

6.3. Propuestas de Rehabilitación.....	183
6.3.1. Propuesta 1.- Reconstrucción Total.....	183
6.3.2. Propuesta 2.- Sobre Carpetas de Concreto (WHITETOPPING).	186
6.3.2.1. Clases de WHITETOPPING.....	187
6.3.2.2. Aspectos que se evalúan en el diseño.....	187
6.3.2.3. Superficie de asfalto existente.	188
6.3.2.4. Reparación de las fallas.	188
6.3.3. Propuesta 3.- Riego de Sello y bacheo.	190
6.3.4. Elección de propuesta más viable.....	193
CAPITULO VII.....	195
7. Conclusiones y Recomendaciones.....	195
7.1 Conclusiones.....	195
7.2 Recomendaciones.	197
CAPITULO VIII.....	200
8. Propuesta.....	200
8.1 Título de la propuesta.	200
8.2 Introducción.	200
8.3 Objetivos.....	202
8.4 Fundamentación Científico –Técnica.	203
8.5 Descripción de la propuesta.....	240
8.6 Diseño Organizacional.....	245
8.7 Monitoreo y Evaluación de la propuesta.	246
8.7.1. Discusiones.....	247
8.7.2. Conclusiones.....	248
8.7.3. Recomendaciones.....	249
9. Bibliografía.	250
10. Apéndices y Anexos.	252

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Pavimento rígido.....	4
Gráfico 2: Pavimento flexible.....	5
Gráfico 3. Factores que influyen en el deterioro del pavimento.....	6
Gráfico 4: Segregación en pavimentos asfálticos.	9
Gráfico 5. Textura superficial inadecuada en pavimentos asfálticos.....	11
Gráfico 6. Piel de cocodrilo.....	18
Gráfico 7: Exudación.	20
Gráfico 8: Grietas de Contracción (BLOQUE).....	21
Gráfico 9: Elevaciones-Hundimiento.....	23
Gráfico 10: Corrugaciones.....	24
Gráfico 11: Depresiones.....	26
Gráfico 12: Grietas de Borde.	26
Gráfico 13: Grietas de Reflexión de Juntas.....	28
Gráfico 14: Desnivel Calzada-Hombrillo.	29
Gráfico 15: Grietas longitudinal.	30
Gráfico 16: Grietas transversal.....	31
Gráfico 17: Baches y Zanjas Reparadas.....	32
Gráfico 18: Agregados Pulidos.	34
Gráfico 19: Huecos.	34
Gráfico 20: Cruce de Rieles.	35
Gráfico 21: Ahuellamiento.....	36
Gráfico 22: Deformación por Empuje.....	37
Gráfico 23: Grietas por deslizamiento.	38
Gráfico 24: Hinchamiento.....	40
Gráfico 25: Disgregación y Desintegración.....	41
Gráfico 26: Valor de deducción.	43
Gráfico 27: Valor de Deducción Corregido.....	44
Gráfico 28: Calificación PCI.....	45
Gráfico 29: Lleno de surcos.	50
Gráfico 30: Distorsión.....	51
Gráfico 31: Grietas transversales.	52
Gráfico 32: Grietas de reflexión.....	52
Gráfico 33: Grietas de resbalamiento.....	53
Gráfico 34: Grietas longitudinales.	53
Gráfico 35: Grietas de bloque.	54
Gráfico 36: Grietas de cocodrilo.....	54
Gráfico 37: Parches.	55
Gráfico 38: Huecos.	55
Gráfico 39: Valor de Deducción.....	100
Gráfico 40: Valor Total De Deducción.....	101
Gráfico 41: Condición del pavimento.	101
Gráfico 42. TRAMO 1: Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo.....	123

Gráfico 43. TRAMO 1 Estado de las unidades de muestreo	127
Gráfico 44. Estado de daño por unidades de muestreo según metodología VIZIR. .	130
Gráfico 45. Estado de las unidades de Muestreo (PCI).	134
Gráfico 46. Estado de daños por unidades de muestreo.....	137
Gráfico 47. Estado de daño por unidades de muestreo según metodología VIZIR ..	140
Gráfico 48. Estudio de tráfico estación N°1 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos, Abril – 2012	146
Gráfico 49. Estudio del Tráfico Estación N° 2 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012	147
Gráfico 50. Tráfico actual acumulado de 7 días.	148
Gráfico 51. Tráfico actual acumulado de 7 días.	149
Gráfico 52. Porcentaje Diario de Vehículos.	150
Gráfico 53. Porcentaje Total Diario de Vehículos.....	150
Gráfico 54. Densidad seca Vs. Porcentaje de Humedad.....	159
Gráfico 55. Densidad seca Vs. Contenido de humedad.....	161
Gráfico 56. Curva de penetraciones vs. Presiones Base av. Canónigo Ramos.....	165
Gráfico 57. Curva Valores CBR vs densidad seca base av. Canónigo Ramos.....	165
Gráfico 58. Penetraciones vs. Presiones de la Base Av. Canónigo Ramos	169
Gráfico 59. Valores CBR Vs. Densidad seca muestra 2 Av. Canónigo Ramos.	169
Gráfico 60. Penetraciones Vs Presiones Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.....	173
Gráfico 61. Valores CBR Vs Densidad Seca Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.....	173
Gráfico 62. Curva de presiones Vs. Penetraciones Muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.	177
Gráfico 63. Curva Densidad Seca Vs. CBR Subbase Av. Canónigo Ramos.....	177
Gráfico 64. Estructura propuesta para el circuito de la UDLAP en su parte más crítica.	185
Gráfico 65 . Estructura del Whitetopping.....	206
Gráfico 66. Comparación entre corte delgado y convencional.....	208
Gráfico 67. Factores que influyen en el comportamiento de Whitetopping Ultra delgado	209
Gráfico 68. Comportamiento del recapeo asfáltico y del Whitetopping.....	211
Gráfico 70. Curva de esfuerzos de pavimento flexible y Whitetopping.	214
Gráfico 71. Esquema comportamiento estructural.....	226
Gráfico 72. Comparación del comportamiento estructural.....	227
Gráfico 73. Al tener espaciamientos cortos se busca que el pavimento actúe como mecanismo y no como estructura.....	228
Gráfico 74. Esquema de recolección de puntos para realizar el perfil topográfico. .	233
Gráfico 75. Vista de la superficie tras el fresado. Nótese la textura rugosa de la superficie, fundamental para obtener una buena adherencia.	234
Gráfico 76. Faenas de limpieza con escobillón para las partículas grandes.	235
Gráfico 77. Faena de limpieza más profunda, usando aire comprimido, para remover las partículas más pequeñas.	235
Gráfico 78. Colocación del hormigón, directamente desde el camión mixer.	236

Gráfico 78. Tren pavimentador en faenas de hormigonado.....	236
Gráfico 79. Aplicación de aspillera, para la obtención de la textura rugosa.....	237
Gráfico 80. Aplicación de la membrana de curado.....	237

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pavimentos asfálticos-método PCI fallas consideradas	17
Tabla 2. Profundidad y el diámetro de huecos para la calificación de la severidad ...	35
Tabla 3. Formato para la Inspección de pavimentos método PAVER.....	46
Tabla 4. Formatos para la Calificación de pavimentos PCI.....	47
Tabla 5. Pavimentos Asfálticos-Método PASER Fallas Y Calificación.....	50
Tabla 6. Sistema de clasificación, características y calificación por la metodología PASER	57
Tabla 7. Formato para la Inspección de pavimentos método PASER	59
Tabla 8: Calificación para la metodología VIZIR.....	61
Tabla 9. Pavimentos asfálticos-Método VIZIR. Fallas Consideradas.	62
Tabla 10. VIZIR-Inspección de pavimentos, identificación del tipo de falla y la medición de su severidad y magnitud.	63
Tabla 11. Dimensiones de los vehículos.	64
Tabla 12: Clasificación de la carretera en función a la jerarquía	65
Tabla 13. Clasificación de la carretera en función del tráfico proyectado.....	65
Tabla 14: Formato para el Conteo Vehicular TPD.	67
Tabla 15: Nomenclatura del vehículo.	68
Tabla 16. Tasa de crecimiento vehicular para Chimborazo.....	69
Tabla 17: Tipo de carreteras.....	70
Tabla 18: Velocidades de Diseño.....	71
Tabla 19. Valores de Diseño Recomendados para Carreteras.	72
Tabla 20. Velocidades de Diseño.....	73
Tabla 21. Masa de esferas.....	76
Tabla 22. Tamices normalizados por el INEN y la ASTM.....	78
Tabla 23. Valores de Carga Unitaria.....	83
Tabla 24. Operacionalización de variables	88
Tabla 25. Evaluación por el Método Paver y Calificación de la Severidad.....	98
Tabla 26. Condición del Pavimento por PCI	102
Tabla 27. Método PASER, identificación, tipo de falla, medición, calificación y magnitud.....	104
Tabla 28. Método VIZIR, identificación, tipo de falla, severidad, calificación y magnitud.....	106
Tabla 29. Estaciones De Registro De Los Vehículos	107
Tabla 30. Tasa de Crecimiento Vehicular para Chimborazo	108
Tabla 31. (Estación 1) Datos para el cálculo del tráfico futuro.	109
Tabla 32. (Estación 2)Tabla de datos para el cálculo del tráfico futuro.	110
Tabla 33. Tipo De Carreteras	114
Tabla 34. Tipo De Jerarquía.....	114
Tabla 35. Velocidades de diseño.....	115
Tabla 36. Valores de diseño recomendados para carretera.	116
Tabla 37. Velocidades de Diseño.....	117
Tabla 38. Daños Tramo 1 por Paver – PCI.	120

Tabla 39. TRAMO1: Calificación por metodología PCI para cada unidad de muestreo.	122
Tabla 40. TRAMO 1: Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo.	123
Tabla 41. TRAMO I: Daños por unidad de muestreo método PASER.	125
Tabla 42. TRAMO 1: Clasificación según PASER	126
Tabla 43. TRAMO I. Estado de las unidades de muestreo método PASER.....	127
Tabla 44 . TRAMO 1. Daños según VIZIR	128
Tabla 45. Calificación según VIZIR	129
Tabla 46: Estado de las unidades de muestreo VIZIR.	130
Tabla 47. Daños Tramo II por Método PAVER – PCI.	131
Tabla 48. Clasificación de los daños por PCI.	132
Tabla 49. Estado de las unidades de muestreo	133
Tabla 50. Daños TRAMO II por Metodología PASER.	135
Tabla 51. Clasificación por metodología PASER.....	136
Tabla 52. Estado y porcentaje de la unidad de muestreo.	137
Tabla 53. Daños según la Clasificación VIZIR.	138
Tabla 54. Clasificación según VIZIR.....	139
Tabla 55. Estado de las unidades de muestreo VIZIR.	140
Tabla 56. Comparación por promedio por las metodologías Pci, Paser Y Vizir Tramo I.	141
Tabla 57: Comparación por promedio por las Metodologías Pci y Vizir Tramo II. .	143
Tabla 58. Estaciones de Registro de los Vehículos.	145
Tabla 59. Resultados del Estudio del Tráfico Estación N° 1, Abril – 2012.....	146
Tabla 60. Resultados del Estudio del Tráfico Estación N° 2 Intersección Avenida 11 de noviembre y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012.	147
Tabla 61. Tráfico Actual Acumulado 7 días estación N° 1 Intersección Avenida By Pass Y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012.	148
Tabla 62. Tráfico Actual Acumulado 7 Días Estación N° 2 Intersección Avenida By Pass y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012	149
Tabla 63. Número de Vehículos Diario Estación N° 1 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos.	149
Tabla 64. Número de Vehículos Diario Estación N° 2 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos.	150
Tabla 65. Tabla del tráfico futuro.	151
Tabla 66. Tabla de datos para el cálculo del tráfico futuro.	151
Tabla 67. Componentes de la Fórmula del TPDA.	152
Tabla 68. Contenido Promedio de Agua Carril Izquierdo.	153
Tabla 69. Contenido Promedio de Agua Carril Derecho.	154
Tabla 70. Porcentaje de Desgaste de la muestra 1 Carril Izquierdo.....	155
Tabla 71. Porcentaje de desgaste de la muestra 2 Carril Derecho	155
Tabla 72. Granulometría de la base del carril izquierdo.	156
Tabla 73. Granulometría de la subbase del carril izquierdo.....	156
Tabla 74. Granulometría de base del carril Derecho.....	157
Tabla 75. Granulometría Subbase del Carril Derecho.	157
Tabla 76. Ensayo de Compactación Carril Izquierdo Av. Canónigo Ramos.....	158

Tabla 77. Densidad Máxima y Humedad Máxima.	159
Tabla 78. Ensayo de compactación Carril Dercho Av. Canónigo Ramos.	160
Tabla 79. Densidad máxima y Humedad óptima Carril Derecho Av. Canónigo Ramos.	161
Tabla 80. Valores De Contenido De Humedad y Densidad Seca Para Ensayo CBR Av. Canónigo Ramos.	162
Tabla 81. Presiones para CBR de la base de la Avenida Canónigo Ramos.	164
Tabla 82. Resultados de CBR base Av. Canónigo Ramos.	165
Tabla 83. Contenido De Humedad Y Densidad Seca Para Ensayo CBR Muestra 2 Av. Canónigo Ramos.	166
Tabla 84. Presiones para CBR de la Base Muestra 2 Av. Canónigo Ramos.	168
Tabla 85. Resultados de CBR Muestra 2 de la Base Av. Canónigo Ramos.	169
Tabla 86. Contenido de humedad y densidad seca para subbase Av. Canónigo Ramos.	170
Tabla 87. Presiones para CBR muestra 3 subbase de la Av. Canónigo Ramos.	172
Tabla 88. Resultados CBR de la Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.	173
Tabla 89. Contenido de humedad y densidad seca Muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.	174
Tabla 90. Presiones para CBR de la muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.	176
Tabla 91. Resultados CBR de la Muestra 4 Subbase Av. Canónigo Ramos.	177
Tabla 92. Espesores de los núcleos extraídos de la Av. Canónigo Ramos.	179
Tabla 93. Densidades de los núcleos y porcentaje de compactación de la Av. Canónigo Ramos.	179
Tabla 94. Tipo de fallas y reparaciones requeridas.	189
Tabla 95. Reparación de fallas.	219
Tabla 96. Método de diseño ACPA.	230
Tabla 97. Método de diseño ACPA.	230
Tabla 98. Método de diseño ACPA.	231
Tabla 99. Método de diseño ACPA.	231
Tabla 100. Datos de resistencias para recubrimientos adheridos de habilitación rápida.	240
Tabla 101. Tipos y características de WHITETOPPING.	243

CAPÍTULO I

1. RESUMEN

El presente proyecto de investigación se desarrolló en base a un monitoreo minucioso de la Avenida Canónigo Ramos, en el que se puso énfasis para su análisis el tramo que va desde la Avenida 11 de Noviembre a la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pas, ya que se evidenció deterioros prematuros en su estructura, que no están de acuerdo con la relación tiempo de funcionamiento y diseño realizado.

Conjuntamente se ejecutó una evaluación visual utilizando diferentes métodos de valoración de fallas en el pavimento asfáltico, según criterios racionales, esto con el fin de confrontar los conceptos técnicos y comparar procedimientos de evaluación y resultados de ensayos de la estructura del pavimento asfáltico, así determinar diferencias que de ellos se derivan y que al ser aplicados pueden o no desarrollar resultados parecidos con respecto al comportamiento actual de la estructura del pavimento asfáltico.

De esta manera poder definir de acuerdo a criterios ingenieriles el diagnóstico y las diferentes recomendaciones, conclusiones y propuesta que al respecto se puedan realizar.

Como resultado del proyecto de investigación, se concluyó que amerita un mejor control de calidad tanto los factores primordiales de diseño, como en el proceso de construcción y mantenimiento a fin de evitar que se produzcan deterioros prematuros en la carpeta asfáltica y por ende producir accidentes de tránsito con consecuencias lamentables.

Además el presente documento es de mucha importancia como una referencia bibliográfica, tanto para el estudiante de Ingeniería Civil, como para los profesionales ya que proporciona aspectos generales para su análisis en pavimentos con características similares.

SUMMARY

This thesis development based a thorough monitoring the Avenida Canónigo Ramos, which put emphasis for analysis as was evident premature deterioration in its structure, according to his time of operation with respect at the time for which was designed for this reason justified develop a redesign and testing in the laboratory to determine the causes of premature deterioration of the same.

This document provides a proposal for a given improvement that integrates the specifications for the analysis of faults in asphalt pavements by different methods of analysis and research of the various causes by which occur.

As a result of the investigation, will conclude that it deserves a better control of quality both in the design, construction and maintenance in order to avoid premature deterioration in the asphalt and thus produce traffic with unfortunate consequences.

This document also of great importance as a bibliographic reference, Civil Engineering student, both for practitioners providing general aspects for analysis in pavement with similar characteristics.

CAPÍTULO II

2. INTRODUCCIÓN

Preservar la calidad vial en la Ciudad de Riobamba, es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión; es de esta manera que el presente proyecto de investigación, pretende mostrar métodos de cuantificación de los deterioros superficiales existente en la Avenida Canónigo Ramos; pudiendo ser aplicado a la mayoría de calles de la ciudad, lo que permitirá que se pueda implementar y planificar políticas de mantenimiento adecuadas.

Conocer el estado de deterioro, es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante este proyecto de investigación se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Existe un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta.

Para la elaboración de este proyecto inicialmente se realizó el reconocimiento del sitio, en el cual se utilizó cintas, libreta de campo, cámara fotográfica; adicionalmente se realizó el aforo de tráfico y a su vez la identificación de la diversidad de fallas en la capa de rodadura asfáltica existente en la Avenida Canónigo Ramos desde la Avenida 11 de Noviembre a la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pas, así como también se consideró los estudios preliminares, características y parámetros que fueron utilizados para el diseño, finalmente se realizó los ensayos correspondientes para conocer las propiedades y comportamiento actual de los materiales que fueron empleados para su construcción.

Debido a la necesidad, tanto de la actualización del contenido de estudio de los pavimentos asfálticos, como del mantenimiento de los mismos, se plantea la elaboración de este documento el cual integre el contenido de diseño de pavimentos asfálticos y de mantenimiento, además de ser importante, tanto para estudiantes como para profesionales, por cuanto en él se plantea una propuesta de mantenimiento de pavimentos asfálticos con características similares al de la Avenida Canónigo Ramos.

La implementación de este proyecto de investigación permitirá generar un sistema de mantenimiento y reparación de pavimentos asfálticos que logre alargar la vida útil de estos; pues este hará que el usuario tenga comodidad y seguridad al conducir.

CAPÍTULO III

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. PAVIMENTO

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior.

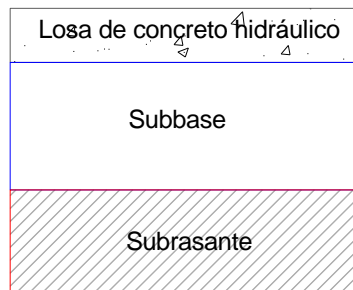
La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

3.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: RÍGIDOS y ASFÁLTICOS.

El pavimento rígido.- Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

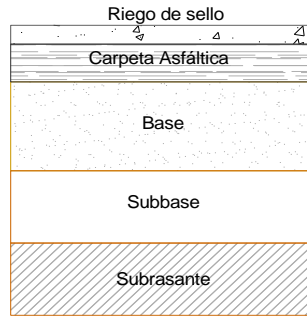
Gráfico 1: Pavimento rígido



Fuente: Manual de Pavimentos de la Universidad
Nacional de Ingeniería Ing. Corros Maylin

El Pavimento Asfáltico.- Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

Gráfico 2: Pavimento flexible



Fuente: Manual de Pavimentos de la Universidad
Nacional de Ingeniería Ing. Corros Maylin

3.3. CAUSAS QUE GENERAN EL DETERIORO PREMATURO DEL ASFALTO.

El diseño y construcción de carreteras incluye un amplio abanico de variables y condicionantes que deben ser tomados en cuenta, la más importantes es la durabilidad prevista.

Las razones por las que los pavimentos no llegan a su período de diseño pueden ser las siguientes:

- Subdiseño.
- Defectos de construcción.
- Volumen mayor del proyectado.
- Cargas mayores de las proyectadas.
- Deficiencia en los programas periódicos de mantenimiento.
- Mal funcionamiento del drenaje.

En general todos estos problemas van ocasionando el agrietamiento paulatino de la carpeta o riego de sello.

La solución a estos problemas es generalmente a posteriori y consiste en hacer cuadros y levantarlos para poner nuevo material de carpeta o hasta de base y en

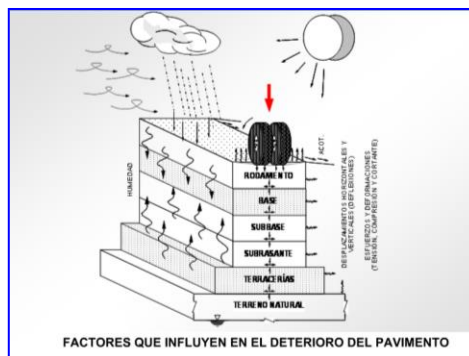
algunos casos es necesario llegar a reconstruir tramos completos de caminos o calles desde las terracerías debido al nivel de deterioro que presentan, con los consiguientes costos, molestias a los usuarios y dejando superficies llenas de deformaciones, que causan molestias al tráfico.

El mantenimiento oportuno de acuerdo al proyecto original haría que estos problemas se redujeran notablemente. Sin embargo en muchos casos un presupuesto insuficiente asignado para estos programas ocasiona relegar los trabajos de mantenimiento, lo que altera el buen comportamiento del diseño, por la falta de estos trabajos, redundando en daños prematuros y mayores al pavimento¹.

3.4. TIPOLOGÍAS DE DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

Los deterioros de los pavimentos asfálticos se deben a una serie de factores como lo pueden ser el medioambiente (lluvia, gradientes de temperatura), tráfico (cargas por eje, presión de inflado de los neumáticos, intensidad), materiales inadecuados, procesos de elaboración de las mezclas inapropiados, técnicas de construcción deficientes (transporte, extensión y compactación), fórmula de trabajo deficiente.

Gráfico 3. Factores que influyen en el deterioro del pavimento



Fuente: Manual de Pavimentos de la Universidad Nacional de Ingeniería Ing. Corros Maylin

¹ Fuente: <http://www.grupo-ps.com/html/asfinfoASI.php>

Todos estos defectos se pueden detectar una vez que se haya concluido la obra, como por ejemplo una mala textura superficial, geometría, aspecto y también estos defectos se pueden detectar en un periodo considerable de tiempo durante la vida de servicio del pavimento, los cuales son objeto de estudios y clasificaciones cada vez más rigurosas, indican la patología en general del firme.

Se mencionan a continuación los deterioros o fallos debidos solamente a formulaciones defectuosas de las mezclas asfálticas y de su puesta en obra.

3.4.1. Fallos en la construcción.

Durante la fase de construcción y puesta en obra de las mezclas asfálticas se pueden producir errores y fallos accidentales, como:

a. Exudaciones.

La exudación se caracteriza por la presencia de ligante libre o polvo mineral incorporado en la superficie del pavimento. Las superficies ricas en asfalto, especialmente en tiempo húmedo, pueden llegar a ser deslizantes si han perdido su textura.

Las causas de las exudaciones son las siguientes:

- Exceso de ligante asfáltico.
- Escaso contenido de vacíos.
- Migración de los ligantes asfálticos de las capas inferiores debido a partes exudadas en las capas inferiores.
- Dotaciones irregulares en los tratamientos de adherencia entre capas asfálticas y ligante asfáltico libre, por mala adhesividad con los agregados pétreos.

b. Segregaciones.

La segregación, disgregación y peladura, es la separación de las partículas minerales de la superficie del pavimento. El agregado fino, se separa de las partículas de mayor tamaño, lo que da lugar a una apariencia de capa de pavimento erosionada y rugosa.

Las causas de este defecto son las siguientes:

- Esfuerzos cortantes horizontales en la superficie de rodadura, debido a la acción de los neumáticos de los vehículos.
- Entrada de agua en el pavimento a través de los huecos de la propia mezcla. La presión hidrostática considerable creada por las sollicitaciones del tráfico puede causar la separación de las partículas minerales de la capa superficial. Este tipo de disgregación ocurre inmediatamente después de la puesta en obra de la capa asfáltica, con malas condiciones climatológicas o compactación escasa. La extensión de la disgregación puede limitarse con el tiempo.
- Emisiones y vertidos de carburantes de los vehículos con el tiempo, de forma que los disolventes actúan contaminando los ligantes asfálticos.
- Las segregaciones importantes pueden crear una dificultad al tráfico. Aparte de la incomodidad para los vehículos, estos suelen producir un incremento en el mismo deterioro.

Otros factores que contribuyen a la segregación son los siguientes:

- Bajo contenido de ligante asfáltico.
- Agregados absorbentes que reducen el contenido efectivo de ligante asfáltico en la mezcla.
- Alta viscosidad del ligante asfáltico que llega a producir una mezcla frágil.
- Contaminación de ligante asfáltico como resultado de partículas de fuel que no se han quemado en la planta asfáltica.
- Sobrecalentamiento en la manipulación, que haya envejecido al ligante asfáltico.
- Mala granulometría de la mezcla con insuficiencia de finos.

- Baja compactación del material que aumenta la permeabilidad, acelera el envejecimiento del ligante asfáltico y no permite la cohesión adecuada del mismo.
- Mala calidad del mortero formado por agregado fino, polvo y ligante asfáltico, que se traduce por una escasa resistencia después de sometido a la acción del agua. El mortero superficial puede desaparecer a causa de la abrasión.

Gráfico 4: Segregación en pavimentos asfálticos.



Fuente: Capítulo 3 mezclas asfálticas Alejandro Padilla Rodríguez.

c. **Desenvuelta o Desplazamiento de los agregados pétreos.**

El desplazamiento del ligante asfáltico por el agua se puede producir al disminuir la adhesividad entre él y la superficie mineral de las partículas. El ligante es desplazado por el agua o por el vapor de agua y a veces por la combinación de algún agente que haya contaminado el pavimento.

Se identifica de la forma siguiente:

La desenvuelta por el agua puede observarse visualmente cuando afecta a las partículas del árido grueso.

En escasas ocasiones el desplazamiento se acompaña de manchas exudadas del ligante en la superficie del pavimento. Existen diferentes causas por las que el agua puede desplazar al asfalto en su contacto con las superficies minerales del agregado:

- Agua interior o exterior al agregado pétreo.
- Tipo de agregado pétreo
- Agregados sucios: El ligante no se adhiere bien a las partículas que tienen una película de polvo.
- Emulsificación.
- Alto contenido de vacíos:
- Agua libre: El agua libre existe como consecuencia de un drenaje inadecuado del pavimento.
- Ciertas composiciones químicas de los ligantes.

d. Textura superficial inadecuada.

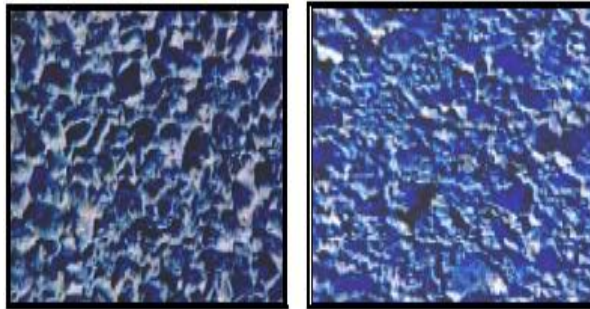
La textura de la superficie de rodadura es una característica esencial para la seguridad de la rodadura de los vehículos. Se ha convenido en distinguir unas texturas tipo, según su profundidad media:

1. Microtextura, con profundidad media en círculo de arena de aproximadamente 0.4, se evaluará determinando el coeficiente de rozamiento longitudinal con el Péndulo TRL (Británico), según la norma ASTM E303.
2. Macrotextura, con profundidad media en círculo de arena de aproximadamente 0.7. Se evaluará con el ensayo del círculo de arena o mancha de arena.
3. Megatextura.
4. Combinación posible de las anteriores texturas.

Las causas de una textura inadecuada son las siguientes:

- Pulimento de los agregados, por ser blandos.
- Y/o granulometría con excesivos finos.
- Exceso de ligante en superficie.
- Segregaciones de la mezcla en la puesta en obra.
- Contaminaciones de la superficie.

Gráfico 5. Textura superficial inadecuada en pavimentos asfálticos.



Fuente: Capítulo 3 mezclas asfálticas Alejandro Padilla Rodríguez.

e. Agrietamientos y Fisuras.

El agrietamiento y fisuración es un mecanismo habitual de fallo mecánico por fatiga de una capa de pavimento. Aparte de ello, las grietas prematuras indican un problema de diseño o de construcción de la mezcla asfáltica. Las causas son las siguientes:

- Las grietas se producen por unas tensiones mayores que la tensión de rotura de la mezcla.
- Las grietas comienzan en la zona donde la tracción por flexión es máxima y progresan bajo las cargas repetidas. Se suele formar un mapa de grietas formado por un conjunto de grietas longitudinales y transversales.
- La deformación elástica transversal se produce con las flexiones de la capa de pavimento.

- La grieta inicial comienza longitudinalmente al lado exterior de la huella de la rueda. Esta grieta es seguida por otra paralela en el borde interior de la huella.
- El uso del asfalto de alta viscosidad puede ocasionar que las mezclas sean menos resistentes al efecto acumulado de las flexiones.
- Los cambios extremos de temperaturas pueden causar en un pavimento cambios de volumen que producen grietas térmicas que, usualmente son transversales.
- La combinación de grietas longitudinales y de transversales, puede formar elementos o losas rectangulares independientes.
- También se producen grietas longitudinales en las juntas de trabajo. Ocurren cuando las juntas se compactan de forma insuficiente y/o a baja temperatura. Cuando crecen las grietas longitudinales, el agua penetra en el firme, deteriorándolo.
- Las grietas generalizadas en las zonas de rodadura pueden ser causadas también por una inadecuada compactación, o mal diseño, de las capas inferiores que puede agravarse con la presencia de agua, más que por típico fenómeno de fatiga. En éste caso, en la capa inferior se refleja el asentamiento, deformación o agrietamiento causado por las malas prestaciones mecánicas.

f. Bombeo de finos.

Aunque este es un defecto muy habitual en los pavimentos de concreto hidráulico, también puede producirse en las grietas de las capas superiores asfálticas rígidas, si el soporte tiene exceso de finos, humedad u otras contaminaciones. También se ha detectado muy frecuentemente el fenómeno en las grietas reflejadas de las bases tratadas con cemento, línea débil por la que penetra el agua, deteriorando la base.

g. Deformaciones plásticas.

Son las variaciones permanentes del perfil superficial de la capa de mezcla asfáltica por acumulación de deformaciones permanentes y/o por desplazamiento de la masa de la misma.

El material puede también desplazarse por deslizamiento de las capas inferiores debido a presiones horizontales. Este desplazamiento está causado algunas veces por suciedad, contaminaciones o excesiva cantidad de ligante en el tratamiento de adherencia de la superficie inferior. El desplazamiento puede ocurrir en la unión de un pavimento rígido y un pavimento asfáltico tal como sucede en algunas losas de aproximación de los puentes. Este desplazamiento ocurre frecuentemente en las zonas de las intersecciones donde las fuerzas horizontales de los vehículos son más elevadas.

Las causas de las deformaciones plásticas son las siguientes:

- Contenido inadecuado de vacíos en las mezclas convencionales (menos del 3%). Excesivo contenido de vacíos (mayor del 8%) en estas mismas mezclas.
- Baja viscosidad de los ligantes asfálticos.
- Errores en el proyecto de la mezcla, ya que las propiedades del ligantes no son las mismas a la temperatura de los ensayos que a la temperatura del servicio en obra. En definitiva se dispone de un ligante más blando que el que estaba previsto.
- Contaminación del ligante asfáltico con partículas de fuel no quemado.
- Insuficiente estabilidad del material todavía caliente cuando se ha permitido el paso anticipado del tráfico.
- Excesiva consolidación bajo tráfico de las capas del firme.
- Tiempo de aplicación de la carga más prologado que el previsto. Las mezclas bituminosas tienen respuestas más elásticas a las cargas de corta duración y

menos elásticas a las cargas lentas. Por ésta razón, las deformaciones plásticas se presentan sobre todo en las rampas y en otras zonas de tráfico lento.

- Insuficiente dureza del árido que determina fenómenos atrición y formación de finos con disminución simultanea de huecos.
- Degradaciones variadas del agregado pétreo.

3.5. EVALUACIÓN FUNCIONAL.

La primera etapa de esta investigación corresponde a la evaluación funcional, la cual no es más que la inspección visual que permitan determinar las características superficiales del mismo, traducidas en parámetros como: textura, rugosidad, fricción, severidad, además de la extensión y el nivel de gravedad del daño etc, que tienden a evaluar la calidad de rodaje del pavimento, la cual a pesar de estar asociada con su capacidad estructural no necesariamente es un indicativo de ésta, en vista que pueden existir sectores con buena calidad de rodaje y sin embargo poseer una estructura débil, que con el paso de la carga se fatigará y presentará un agrietamiento severo. Para realizar esta etapa se va a emplear las metodologías PAVER y el índice de capacidad del pavimento P.C.I., PASER y VIZIR, y que a continuación se detallan:

3.5.1. EVALUACIÓN VISUAL MÉTODO PAVER.

El método de evaluación visual de pavimento llamado PAVER fue desarrollado en el Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los EE.UU. (USACERL), siendo esta una herramienta de uso militar y civil. Desde su implementación en 1980, ha obtenido una aceptación rápida en los círculos militares y civiles a través del mundo.

El sistema PAVER para calificar la condición del pavimento utiliza como complemento el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Desarrollado por la USACERL.

El PCI tiene como objetivo principal dar una gradación para así poder identificar la condición que en ese momento presenta el pavimento. Este índice genera una medida que califica la condición funcional- operacional y la gradación va de 0 a 100.

Este índice de calificación está basado en la densidad de las fallas en el área estudiada, el valor de deducción del pavimento, que depende de cada y uno de los tipos de fallas y de cada nivel de severidad.

3.5.1.1. PROCESO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO MÉTODO PAVER UTILIZANDO COMO COMPLEMENTO EL PCI.

El concepto básico del sistema PAVER puede resumirse en los siguientes pasos:

- a) Para una red vial dada, se identifican los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
- b) Definir el número de fallas posibles, de cada tipo de pavimento.
- c) Para cada falla se define:
 - El tipo de falla (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento).
 - La intensidad de la falla, el nivel de severidad (Bajo, Mediano, Alto).
 - La cantidad de la falla (medida o contada).

Estos datos se registran en Formularios diseñados para ello.

- d) Se define el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo a:

$$PCI = 100 - CDV$$

- e) Siendo CDV el Valor de Deducción Corregido, el cual se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas. En el *Anexo 1* se muestran las tablas de CDV, para cada tipo de falla.

- f) Por medio de un muestreo estadístico de las secciones de pavimento que forman los tramos de la red vial y los conceptos de los pasos anteriores, se establece el valor de PCI para cada una de las secciones encuestadas.
- g) Idealmente, un pavimento “nuevo” tiene un PCI cercano a 100, mientras que uno muy deteriorado puede tener un PCI de 20 – 30 o un valor inferior.

3.5.1.2. INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO, DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y ÁREAS DE CADA SECCIÓN DE MEDICIÓN DE PCI.

En la práctica para realizar la medición del PCI muchos de los manuales de evaluación nos recomiendan utilizar el método aleatorio como el principal. Pero este método presenta varios inconvenientes tales como la exclusión de unidades de muestreo en muy mal estado y representativos o la toma de muestras que solo se presentan una vez, incluyéndolas de forma inapropiada. Es por ello que se recomienda dividir en secciones la longitud total de la vía en estudio sin excluir ningún tramo.

3.5.1.3. FALLAS Y CAUSAS CONSIDERADAS POR EL MÉTODO PAVER-PCI EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

A continuación se muestra una tabla con las fallas consideradas en pavimentos asfálticos, por el método PAVER y PCI, y que en este proyecto se manipularan para su evaluación funcional:

Tabla 1: Pavimentos asfálticos-método PCI fallas consideradas

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	UNIDAD DE MEDIDA
1	Grieta Piel De Cocodrilo	m ²
2	Exudación De Asfalto	m ²
3	Grietas De Contracción (BLOQUE)	m ²
4	Elevaciones-Hundimiento	m ²
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas De Borde	m ²
8	Grietas De Reflexión De Juntas	m ²
9	Desnivel Calzada-Hombrillo	m ²
10	Grietas Longitudinales Y Transversales	M
11	Baches Y Zanjas Reparadas	m ²
12	Agregados Pulidos	m ²
13	Huecos	N°
14	Cruce De Rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación Por Empuje	m ²
17	Grietas Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación Y Desintegración	m ²

Fuente: MANUAL DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la construcción. ELABORADO por IIng. Maylin Corros B. Ing. Ernesto Urbáez P. e Ing. Gustavo Corredor M. Mayo 2009.

Se describe a continuación las características y parámetros a considerar en cada una de las fallas expuestas en la tabla anterior (Tabla 1).

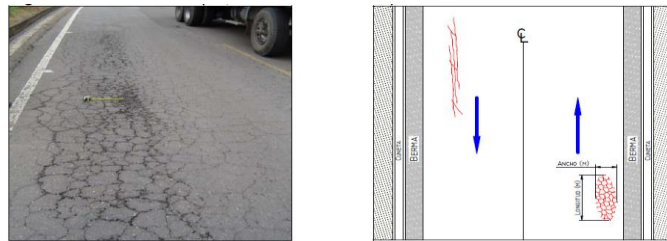
1. Piel de cocodrilo.- Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas.

Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.

La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural.

Este tipo de daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido.

Gráfico 6. Piel de cocodrilo



Fuente: MANUAL DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Universidad Nacional de Ingeniería Gustavo Corredor M. Mayo 2009

CAUSAS:

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.²
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.

² Fuente: MANUAL DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la construcción. Programa de Captación Académica. Maestría en Vías terrestres Módulo II ELABORADO por Ing. Maylin Corros B. Ing. Ernesto Urbáez P. e Ing. Gustavo Corredor M. Mayo 2009.

- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

Todos estos factores pueden reducir la capacidad estructural o inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, haciendo que ante el paso del tránsito se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento que se pueden manifestar mediante fisuración.

Severidad

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela e interconectada. Las grietas no están “descascaradas”, es decir, no presentan pérdida del material a lo largo de sus lados.

Nivel de severidad Medio (M):

Desarrollo posterior del nivel anterior (L), en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente “descascaradas”. Inicia el proceso de interconexión.

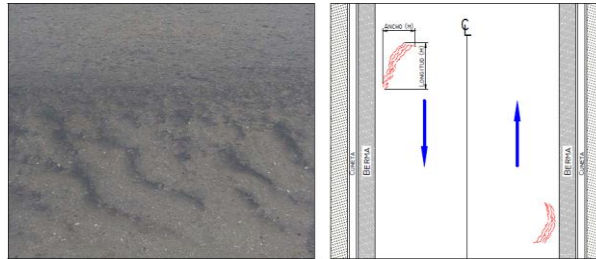
Nivel de severidad Alto (High): (H)

Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y “descascarados” los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el efecto del tránsito. Pueden venir acompañadas de ahuellamiento.

2. Exudación del asfalto (EX).- Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente

brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

Gráfico 7: Exudación.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de la mezcla sea bajo; sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

La mancha ha ocurrido solamente en un grado muy ligero, siendo apreciable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los neumáticos de los vehículos.

Nivel de severidad Medio: (M)

La mancha ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

Nivel de severidad Alto (High): (H)

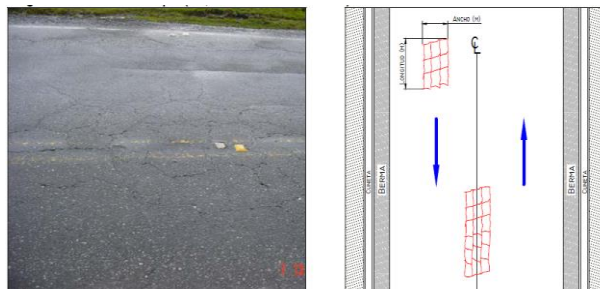
La mancha ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

3. Grietas De Contracción (BLOQUE).- Cuando se presenta este tipo daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m.

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito.

Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados, ángulos agudos y por pedazos muy pequeños.

Gráfico 8: Grietas de Contracción (BLOQUE).



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

- La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo - deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido significativamente, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.
- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

Severidad

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Las Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. y rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

Nivel de severidad Medio: M

Las grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm. y 76.0 mm., sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas.

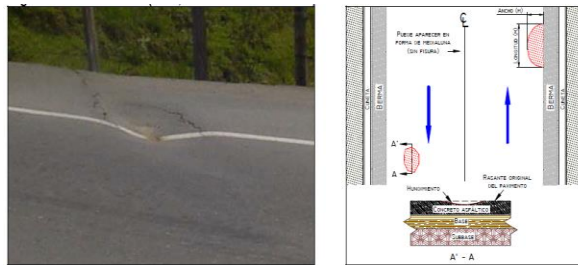
Nivel de severidad Alto (High): H

Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm. de ancho. Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

4. Elevaciones-Hundimiento.-Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna.

Gráfico 9: Elevaciones-Hundimiento.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento

- Asentamientos de la subrasante.
- Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.
- Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- Diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.
- Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada.
- Inestabilidad de la banca.

- Circulación de tránsito muy pesado.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.

Nivel de severidad Medio: M

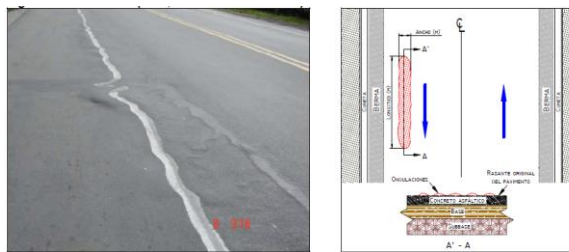
Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.

Nivel de severidad Alto (High): H

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.

- 5. Corrugaciones.**-También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1.0 m.

Gráfico 10: Corrugaciones.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

- La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por

mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos suelen presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.

- Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento. Además también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje

Nivel de severidad Medio: M

Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.

Nivel de severidad Alto (High): H

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje

6. Depresiones.- Son pequeñas áreas que han bajado respecto del plano general de la superficie y que no constituyen baches abiertos. Se originan por asentamientos de la base o la subrasante.

CAUSAS:

Cuando las delimitan líneas rectas, probablemente la causa se encuentra en que se construyó una zanja u otro trabajo similar. La carpeta se levanta formando una superficie convexa, por un aumento de volumen del suelo de la subrasante, causado por la existencia de un suelo expansivo con la humedad o en zonas frías, por congelamiento del suelo.

Gráfico 11: Depresiones.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Máxima profundidad de la depresión: 13.0 a 25.0 mm.

Nivel de severidad Medio: M

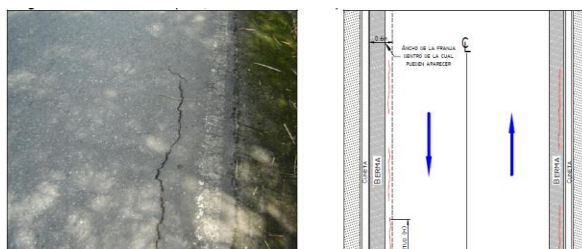
Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51 mm.

Nivel de severidad Alto (High): H

Profundidad de la depresión: Más de 51 mm.

7. Grietas de Borde.- Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada. Generalmente se localizan dentro de una franja paralela al borde.

Gráfico 12: Grietas de Borde.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobre carpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.3 m a 0.6 m del borde de la calzada.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Grietas de baja severidad sin disgregación.

Nivel de severidad Medio: M

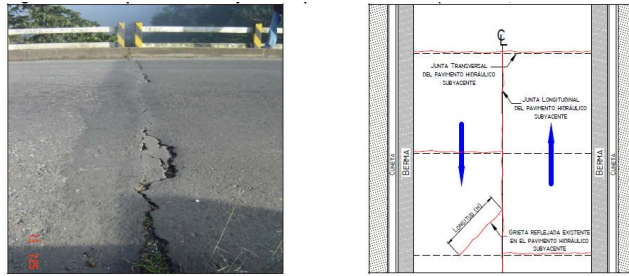
Grietas de media severidad con algo de disgregación y rotura de los bordes.

Nivel de severidad Alto (High): H

Considerable rotura de borde y disgregación en las grietas

8. Grietas de Reflexión de Juntas.- Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas concreto rígido; tales fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas de dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando existen grietas en las placas de concreto rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular.

Gráfico 13: Grietas de Reflexión de Juntas.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

Son generadas por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígidos o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. y grietas rellenas de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).

Nivel de severidad Medio: M

Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm, Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas. Y grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.

Nivel de severidad Alto (High): H

Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

O una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma está severamente fracturada.

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

Gráfico 14: Desnivel Calzada-Hombrillo.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

En general, este tipo de fisuras se producen por inestabilidad de la banca o por efectos locales de desecación, aunque entre otras causas se pueden mencionar las siguientes:

- Falla lateral del talud en zonas de terraplén.
- Falla del talud en zonas de corte a media ladera.
- Ausencia o falla de obras de contención de la banca.
- Desecación producida por la presencia de árboles muy cerca al borde de la vía.
- Consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención.

SEVERIDAD.

Nivel de severidad Bajo (Low): L

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo está entre 25.0 y 51.0 mm.

Nivel de severidad Medio: M

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo está entre 51.0 y 102.0 mm.

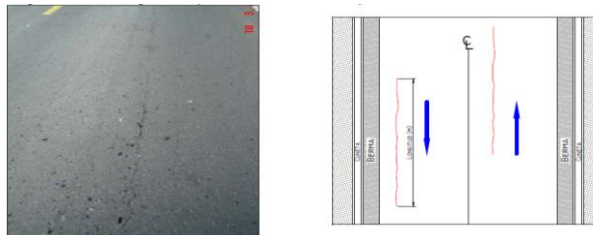
Nivel de severidad Alto (High): H

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo es mayor de 102.0 mm.

10. Grietas Longitudinales y Transversales.- Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado.

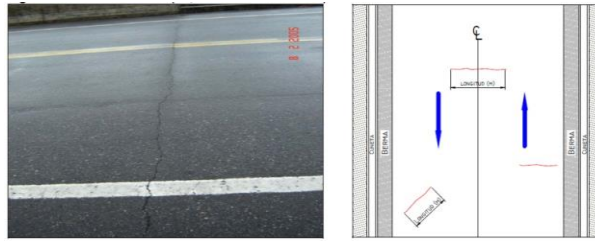
La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Gráfico 15: Grietas longitudinal.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

Gráfico 16: Grietas transversal.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

Las causas más comunes a ambos tipos de fisuras, son:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler (material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz No. 200) o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.
- Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito.
- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

- Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
- Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).

Nivel de severidad Medio: M

- Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas adyacentes pequeñas.
- Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.

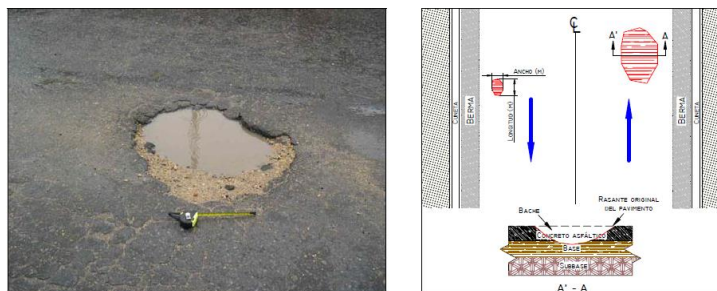
Nivel de severidad Alto (High): H

- Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta.
- Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
- Una grieta de cualquier ancho; el pavimento alrededor de la misma está severamente fracturado.

11. Baches y Zanjas Reparadas.- Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.

Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

Gráfico 17: Baches y Zanjas Reparadas.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.

También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) o de una deficiencia de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles.

SEVERIDAD.

Nivel de severidad Bajo (Low): L

El bache está en buena condición y es satisfactorio. El efecto sobre la calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

Nivel de severidad Medio: M

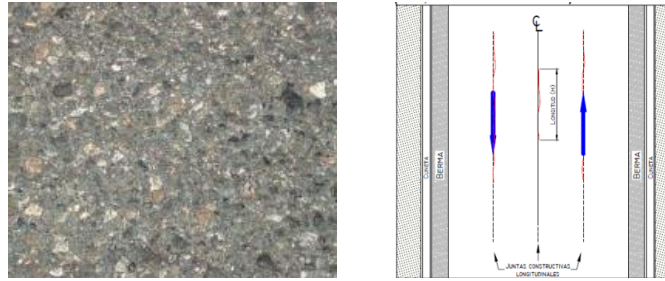
El bache está moderadamente deteriorado o el efecto sobre la calidad del tránsito se califica como de severidad media

Nivel de severidad Alto (High): H

El bache está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

12. Agregados Pulidos.- Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con los neumáticos del vehículo se reduce considerablemente.

Gráfico 18: Agregados Pulidos.



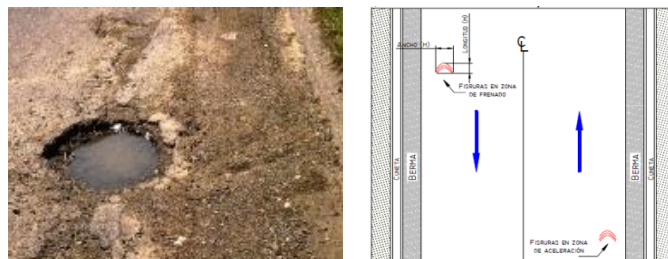
Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

No se define ningún nivel de severidad, sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto

13. Huecos.- Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

Gráfico 19: Huecos.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm. están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla siguiente:

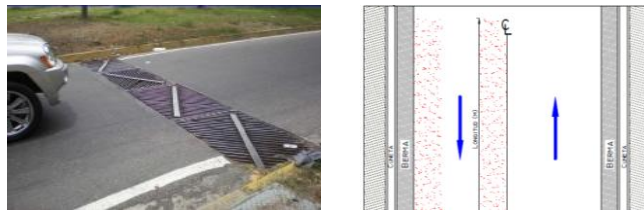
Tabla 2. Profundidad y el diámetro de huecos para la calificación de la severidad

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

Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos

14. Cruce de Rieles.-Los defectos asociados al cruce de sumideros de rejilla son depresiones o abultamientos en el plano de contacto entre el pavimento de la calzada y el sumidero, que afectan la calidad de rodaje.

Gráfico 20: Cruce de Rieles.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.

Nivel de severidad Medio: M

Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.

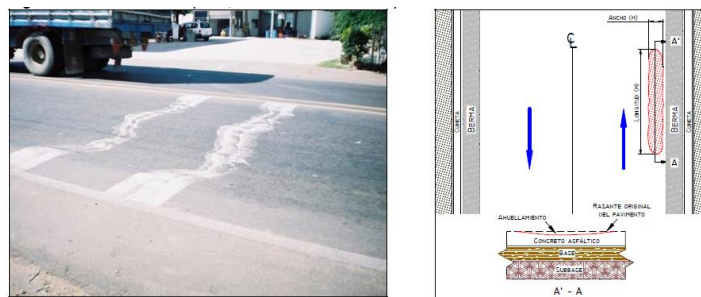
Nivel de severidad Alto (High): H

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.

15. Ahuellamiento.- El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilano por almacenamiento de agua.

Gráfico 21: Ahuellamiento.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados.

Además, la falla estructural del pavimento puede manifestarse con daños de este tipo debido a una deficiencia de diseño, la cual se manifiesta cuando la vía está sometida a cargas de tránsito muy altas.

SEVERIDAD

Dependen de la profundidad promedio del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

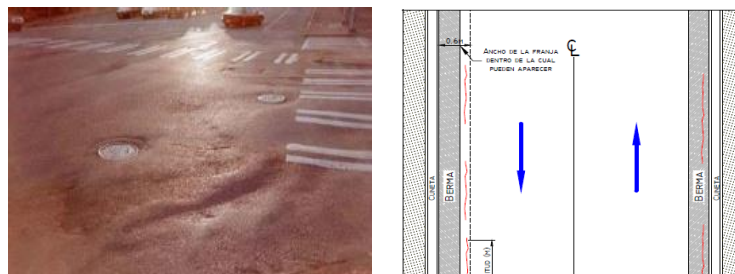
H > 25.0 mm.

La profundidad promedio del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad promedio.

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

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

Gráfico 22: Deformación por Empuje.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.

Nivel de severidad Medio: M

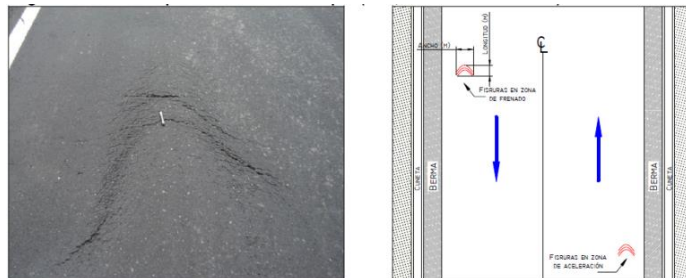
Producen un efecto medio en la calidad de rodaje

Nivel de severidad Alto (High): H

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.

17. Grietas por Deslizamiento.- Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenado de los vehículos lo que conlleva a que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o en intersecciones.

Gráfico 23: Grietas por deslizamiento.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

- Estas fisuras se presentan usualmente cuando existe una mezcla en la superficie de baja resistencia o por la escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.
- Se pueden generar ante el paso de tránsito muy pesado y muy lento, en zonas de frenado y acelerado de los vehículos.
- Espesores de carpeta muy bajos.
- Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica
- Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.
- Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Ancho promedio de la grieta menor que 10,0 mm.

Nivel de severidad Medio: M

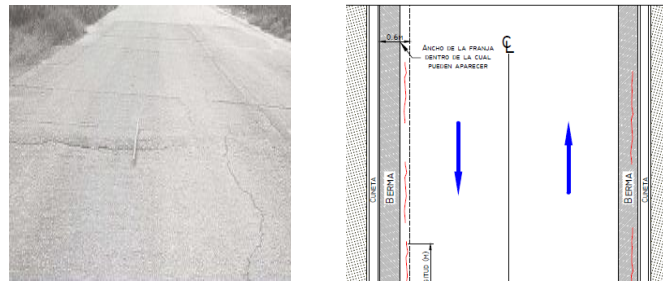
- Ancho promedio de la grieta entre 10,0 mm y 38,0 mm.
- El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

Nivel de severidad Alta (High): H

- Ancho promedio de la grieta es mayor de 38,0 mm.
- El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

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

Gráfico 24: Hinchamiento



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. Un hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento: si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba del vehículo.

Nivel de severidad Medio: M

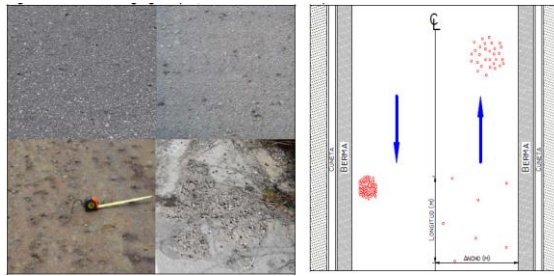
El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

Nivel de severidad alto (High): H

El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

19. Disgregación y Desintegración.- Corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos.

Gráfico 25: Disgregación y Desintegración



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

SEVERIDAD

Nivel de severidad Bajo (Low): L

Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

Nivel de severidad medio: M

Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y “ahuecada”. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

Nivel de severidad alto (High): H

Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente “ahuecada”. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm. y profundidades menores que 13.0 mm. Áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.³

3.5.1.4. DETERMINACIÓN DEL “VALOR DE DEDUCCIÓN” PARA CADA FALLA MEDIDA, A PARTIR DE SU SEVERIDAD, DENSIDAD Y DEL GRÁFICO CORRESPONDIENTE.

Cálculo de la Densidad

La densidad de una falla en la muestra es indispensable para el cálculo del PCI de esa muestra y esta se calcula dependiendo de la medida en la que se tome la falla de la siguiente manera:

1. La densidad de fallas medidas en unidades de área (pies²o m²) se calcula:

$$Densidad = \frac{\text{Área de la falla (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}}{\text{Área de la muestra (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}} \times 100$$

³ Fuente: MANUAL DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la construcción. Programa de Captación Académica. Maestría en Vías terrestres Módulo II ELABORADO por Ing. Maylin Corros B. Ing. Ernesto Urbáez P. e Ing. Gustavo Corredor M. Mayo 2009.

2. La densidad de fallas medidas en unidades de longitud (pies o metros)tales como fisuramientos varios, desnivel carril/espaldón, etc, se calcula:

$$Densidad = \frac{Longitud\ de\ la\ falla\ (pies\ ó\ m) \times 0.30m\ (1\ pie)}{Área\ de\ la\ muestra\ (pies^2\ ó\ m^2)} \times 100$$

Ancho de influencia representativo de la falla = 0.30 m = 1 pie

3. La densidad de fallas medidas en unidades (número) tal como baches, se calcula:⁴

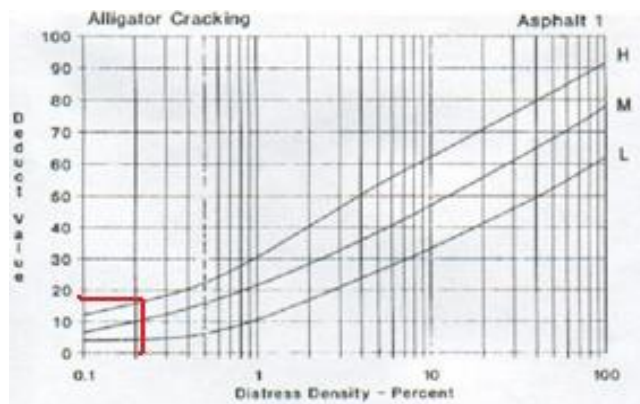
$$Densidad = \frac{Número\ de\ baches}{Área\ de\ la\ muestra\ (pies^2\ ó\ m^2)} \times 100$$

Cálculo del valor de deducción.

Totalizar cada tipo falla y nivel de severidad de daño y registrarlo. El daño puede medirse en área, longitud o por número, según las fallas consideradas.

Calculada la densidad de las fallas se prosigue con la determinación del valor de deducción con ayuda del siguiente gráfico.

Gráfico 26: Valor de deducción.



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos Asfálticos

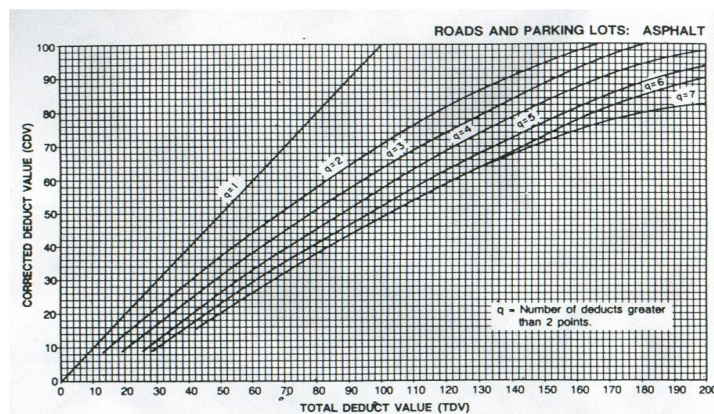
⁴ Evaluación Vía Santa Teresita-Los Elenes por el Método Paver, Universidad Nacional de Chimborazo, 2012.

Cálculo del valor de deducción corregido (VDC), en función del VDT y del número de valores de VDT.

Encontrado o calculado el VDT (valor de deducción total, es la suma de todos los valores de deducción), a continuación se identifica el valor de **q** (que son todos aquellos valores de deducción mayores que 2).

Con el gráfico **VDC (valor de deducción corregida)**, se coloca el valor de **VDT** e intersectando con la curva de **q** correspondiente se obtiene el **VDC**, así:

Gráfico 27: Valor de Deducción Corregido



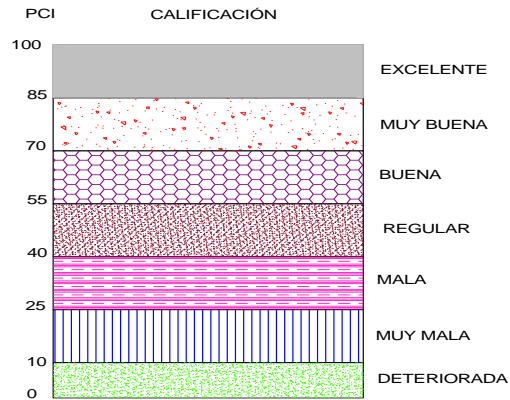
Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos Asfálticos

Finalmente el cálculo del PCI se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - VDC$$

Con el valor del PCI calculado se procede a calificar la condición del pavimento considerando lo que a continuación se plantea:

Gráfico 28: Calificación PCI



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

3.5.1.5. FORMATOS QUE SE UTILIZA PARA LA INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS MÉTODO PAVER-PCI

A continuación se muestra el FORMATO que se utiliza para la inspección de pavimentos, identificación del tipo de falla, magnitud.

Tabla 3. Formato para la Inspección de pavimentos método PAVER

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD									
VIA: <u>Av. Canónigo Ramos</u>			CODIGO: <u>001 S</u>						
FECHA: <u>27 de marzo de 2012</u>			UNIDAD N°: <u>1</u>						
HECHO POR: <u>Olga Calero</u> <u>Mayra Guamán</u>			AREA DE LA MUESTRA: <u>0 m2</u>						
TIPOS DE FALLAS									
1. Grieta Piel De Cocodrilo m2					11. Baches Y Zanjas Reparadas m2				
2. Exudación De Asfalto m2					12. Agregados Pulidos m2				
3. Grietas De Contracción (BLOQUE) m2					13. Huecos N°				
4. Elevaciones-Hundimiento m2					14. Cruce De Rieles m2				
5. Corrugaciones m2					15. Ahuellamiento m2				
6. Depresiones m2					16. Deformación Por Empuje m2				
7. Grietas De Borde m2					17. Grietas Deslizamiento m2				
8. Grietas De Reflexión De Juntas m2					18. Hinchamiento m2				
9. Desnivel Calzada-Hombrillo m2					19. Disgregación Y Desintegración m2				
10. Grietas Longitudinales Y Transversales m2									
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
N°	GRAFICO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			AREA DE LA FALLA			% DE ÁREA AFECTADA
			L	M	H	L	H (m)	A (m2)	
SUBTOTAL 1									

Realizado Por: Olga Calero – Mayra Guamán

En la siguiente tabla se muestra el FORMATO que se utiliza para la calificación de pavimentos, identificación del tipo de falla, medición de su severidad, magnitud, valor de deducción, valor de deducción total, valor de q, valor de deducción corregida, el cálculo del PCI y finalmente la condición del pavimento asfáltico.

vinculación a una causa. Entender la causa de las condiciones actuales es extremadamente importante en la selección de un adecuado mantenimiento o rehabilitación técnica.

La valoración de la condición de la superficie del pavimento se evalúa con una escala que va de 10 (excelente) hasta una condición de 1 (fallado).

Este índice de calificación depende de cada uno de los tipos de fallas y del nivel de severidad.

3.5.2.1. PROCESO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MÉTODO PASER Y CALIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE.

La evaluación de características como: rugosidad (paseo), la angustia de superficie (condición), características de la superficie de deslizamiento y resistencia de la estructura (pavimento y deflexión). Se resume en los siguientes pasos:

- 1) Para una red vial dada, se identifican los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
- 2) Cada tramo de pavimento tiene un número definido de fallas posibles.

Estos datos se registran en Formularios diseñados para ello y para cada falla se define lo siguiente:

- a) El tipo de falla (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento).
- b) La cantidad de la falla (medida o contada).
- c) La calificación (fracasado, muy pobre, pobre, razonable, bueno, muy bueno y excelente).
- d) Porcentaje de área afectada.

MEDIDAS CORRECTORAS SEGÚN LA VALORACIÓN PASER

1. Por medio de un muestreo estadístico de todas las secciones de pavimento que forman los tramos de la red vial, las encuestas de campo y los conceptos de los pasos anteriores, se establece el valor de PASER para todas las secciones encuestadas. La valoración final de la condición de la superficie del pavimento es la siguiente:

- Valoración de 9 y 10 no requiere mantenimiento.
- Calificación 8 poco o ningún mantenimiento.
- Calificación 7 mantenimiento de rutina, sellado de grietas y parches menores
- Calificación 5 y 6 tratamientos conservadores.
- Calificación 3 y 4 Valoración estructural de mejora y nivelación (superposición o reciclaje)
- Calificación 1 y 2 de Reconstrucción

2. Realizar un resumen final de los tramos analizados de la condición de la superficie del pavimento.

3.5.2.2. INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO, DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y ÁREAS DE CADA SECCIÓN DE MEDICIÓN DE PASER.

Para la división de secciones del área estudiada quedará a criterio del evaluador dependiendo del proyecto en estudio recomendando no excluir ningún tramo de la vía a evaluar.

3.5.2.3. FALLAS CONSIDERADAS POR EL METODO PASER EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

A continuación se muestra una tabla con las fallas y calificación considerada en pavimentos asfálticos, por el método PASER:

Tabla 5. Pavimentos Asfálticos-Método PASER Fallas Y Calificación.

TIPOS DE FALLAS	CALIFICACIÓN PASER
1 Lleno de surcos	1 Fracaso
2 Distorsión	2 Muy pobre
3 Grietas transversales	3 Pobre
4 Grietas de deflexión	4 Razonable
5 Grietas de resbalamiento	5 Razonable
6 Grietas longitudinales	6 Bueno
7 Grietas de bloque	7 Bueno
8 Grietas de cocodrilo	8 Muy bueno
9 Parches	9 Excelente
10 Huecos	10 Excelente

Fuente: MANUAL PASER ASPHALT ROADS, PAVEMENT SURFACE EVALUATION AND RATING, University of Wisconsin Madison. Transportation Information Center.

- 1. Lleno de surcos.-** Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica, el ahuellamiento grave es de más de 2" causado por diseño de base o subrasante pobres.

Gráfico 29: Lleno de surcos.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

CAUSAS:

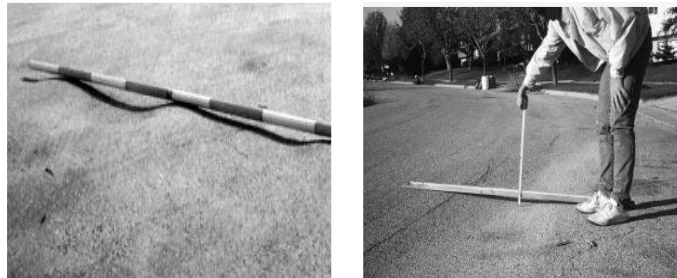
En tratamientos superficiales se da por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado, lo cual genera el desprendimiento de los agregados; en

concreto asfáltico está relacionado con la erosión producida por agua en zonas de alta pendiente.

2. Distorsión.- Ondulación esta se produce por el material desplazado transversalmente a la dirección del tráfico generado. Se pueden desarrollar ondulaciones cuando la mezcla de asfalto es inestable debido a la calidad pobre del agregado o al diseño de la mezcla inadecuada. Reparar por desintegración suave y revestimiento con mezcla asfáltica estable.

Otras distorsiones del pavimento pueden ser causados por la sedimentación, levantamiento por helada, etc. Los parches pueden servir para la reparación temporal del pavimento. La corrección permanente por lo general consiste en la extirpación de la inadecuada subrasante y la reconstrucción.

Gráfico 30: Distorsión.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

3. Grietas transversales.- Una grieta en ángulos aproximadamente rectos a la línea central es una grieta transversal. A menudo son regularmente espaciados. La causa es el movimiento debido a los cambios de temperatura y el endurecimiento del asfalto con el envejecimiento.

Estos por lo general comienzan como rayitas o grietas muy estrechas, con el envejecimiento se van ampliando y si no están adecuadamente selladas y mantenidas, se empieza a desarrollar grietas secundarias o múltiples paralelas a la grieta inicial.

Los bordes de crack pueden seguir deteriorándose por el desmoronamiento y la erosión del pavimento adyacente. Prevenir la entrada de agua y daños por sellado de grietas, que son más de ¼" de ancho.

Gráfico 31: Grietas transversales.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

4. Grietas de reflexión.-Las grietas se reflejan en las capas del patrón debajo del pavimento. Son difíciles de prevenir y corregir. Se pueden corregir con superposiciones gruesas o reconstrucción, generalmente se requiere juntas de hormigón a través de la superposición de elementos bituminosos.

Gráfico 32: Grietas de reflexión.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

5. Grietas de resbalamiento.- Causado por el deslizamiento entre una capa y un subyacente del pavimento. El deslizamiento es más probable que ocurra en las

intersecciones de parada y arranque del tráfico. La reparación se la puede hacer por la eliminación de la superficie superior y resurge con un riego de liga.

Gráfico 33: Grietas de resbalamiento



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

6. Grietas longitudinales.- Las grietas que se ejecutan en la dirección del tráfico son grietas longitudinales. Conocidas también como centro de línea o grietas de carriles son causados por la inadecuada unión durante la construcción. Las grietas longitudinales en la trayectoria de la rueda indican falla por fatiga de las cargas de vehículos pesados.

Las grietas longitudinales dentro de un pie del borde son causadas por el apoyo insuficiente del hombro, mal drenaje o acción de las heladas. Las grietas longitudinales comienzan generalmente como líneas del cabello o variar, se estrecha y amplia, y erosionan con la edad, indican la necesidad del fortalecimiento de una plantilla o reconstrucción.

Gráfico 34: Grietas longitudinales.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

7. Grietas de bloque.- Agrietamiento Bloquear que forma grandes bloques, estas grietas por lo general se cruzan casi en ángulos rectos. Los bloques pueden variar desde 1pie hasta aproximadamente 10 pies o más de diámetro. La separación más estrecha indica el envejecimiento más avanzado causado por contracción y endurecimiento del asfalto con el tiempo. Se puede reparar con Sealcoating durante las primeras etapas para reducir con esto la erosión del asfalto o con superposición o reconstrucción en las etapas avanzadas.

Gráfico 35: Grietas de bloque.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

8. Grietas de cocodrilo.- Son grietas interconectadas, formando pequeños piezas que varían en tamaño desde 1" a 6". Esto es causado por el fracaso de la superficie debido a la carga de tráfico (fatiga) y muy a menudo también debido a la inadecuada base o sub-base de apoyo. Su reparación puede ser excavar zonas localizadas, sustitución de base y superficie. Cuando está falla está presente en grandes áreas se puede recomendar como la mejor solución su reconstrucción. A menudo en este tipo de casos puede ser requerido mejorar el sistema de drenaje que existiese en la vía evaluada.

Gráfico 36: Grietas de cocodrilo.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

9. Parches.- Los parches son una reparación superficial de los huecos con nuevo asfalto. Esto indica un pavimento de defecto o utilidad de la excavación que ha sido reparado. Los parches con agrietamiento, asentamiento o distorsiones o causas subyacentes indican que todavía permanecen fallas. El reciclaje o la reconstrucción se necesitan cuando se muestre una amplia angustia.

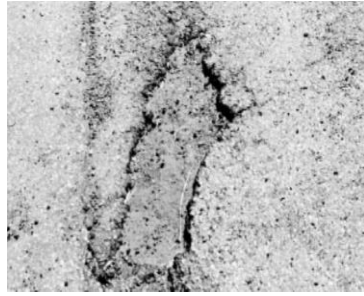
Gráfico 37: Parches.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

10. Huecos.- Son agujeros generados por la pérdida del material del pavimento causada por la carga de tráfico, fatiga y los esfuerzos, a menudo combinado con mal drenaje. Su reparación puede ser la excavación y bacheo.

Gráfico 38: Huecos.



Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

Tabla 6. Sistema de clasificación, características y calificación por la metodología PASER

SUPERFICIE VISIBLE	MALESTAR	ESTADO GENERAL /LAS MEDIDAS DE TRATAMIENTO
10 EXCELENTE	Ninguno	Nueva construcción.
9 EXCELENTE	Ninguno	Superposición recientes. Como nuevo.
8 MUY BUENO	Sin grietas longitudinales, excepto la reflexión de las juntas de pavimentación. Ocasionales grietas transversales, ampliamente espaciados (40" o mayor). Todas las grietas selladas o apretado (abierto menos de ¼ ").	Capa de sellado reciente o nueva mezcla en frío. Poco o ningún mantenimiento necesario.
7 BUENO	Desmoronamiento muy leve o no, la superficie muestra cierto desgaste de tráfico. Grietas longitudinales (abierto ¼") debido a la reflexión de las articulaciones del pavimento. Grietas transversales (abierto ¼") espaciados 10" o más separados, poco o leve desmoronamiento. Parches o remiendos muy pocos en excelentes condiciones	Los primeros signos del envejecimiento. Mantener rellena la grieta.
6 BUENO	Desmoronamiento leve (pérdida de las multas) y el desgaste del tráfico. Grietas longitudinales (abierto ¼"- ½"), algunos separados menos de 10'. Primera señal de craqueo de bloque. Parches ocasionales en buenas condiciones.	Muestra signos de envejecimiento. Se podría prolongar la vida con una capa de sello.
5 RAZONABLE	Moderada a severa pérdida de agregado fino y grueso. Grietas longitudinales y transversales (abierto ½") muestran primeros signos de desmoronamiento leve y grietas secundarias. Los primeros signos de grietas longitudinales cerca del borde del pavimento. Bloque craqueo hasta el 50% de la superficie. Pulido severo. Algunos parches o acuñaamiento en buen estado.	Superficie envejecimiento. Integridad estructural condición. Necesidades capa de sellado delgada o no superpuesta (menos de 2")

<p style="text-align: center;">4 RAZONABLE</p>	<p>Desmoronamiento de superficie severa. Múltiples agrietamientos longitudinales y transversales, con desmoronamiento leve. Grietas longitudinales en el recorrido de la rueda. Formación de grietas de borde (más del 50% de la superficie). Parches en buenas condiciones. Ahuellamiento leve o distorsiones (1/2" de profundidad o menos).</p>	<p>Envejecimiento significativo y primeras señales de la necesidad de fortalecimiento. Ojalá beneficiarse de una superposición estructural (2" o más).</p>
<p style="text-align: center;">3 POBRE</p>	<p>Estrechamente espaciados grietas longitudinales y transversales que muestran a menudo desmoronamiento y la erosión de la grieta. Agrietamiento de bloque severo. Algunos agrietamientos de cocodrilo (menos de 25% de la superficie). Parches en malas condiciones. Baches ocasionales.</p>	<p>Necesidades de parcheo y la reparación antes de la superposición importante. Fresado y eliminación de deterioro se extiende la vida de superposición.</p>
<p style="text-align: center;">2 MUY POBRE</p>	<p>Agrietamiento cocodrilo (más del 25% de la superficie). Distorsiones graves (más de 2" de profundidad). Amplia aplicación de parches en mal estado.</p>	<p>Grave deterioro. Necesita la reconstrucción con una amplia base de reparación. La pulverización del viejo pavimento es eficaz.</p>
<p style="text-align: center;">1 FRACASADO</p>	<p>Dificultad grave con pérdida extensa de integridad de la superficie.</p>	<p>Necesita una total reconstrucción.⁵</p>

Fuente: Manual de evaluación PASER de pavimentos asfálticos.

⁵ MANUAL PASER ASPHALT ROADS, PAVEMENT SURFACE EVALUATION AND RATING, University of Wisconsin Madison. Transportation Information Center, desarrollado por Phil Scherer, planificador de transporte, de la Regional Noroeste de Wisconsin Comisión de Planificación. Producido por el T.I.C. con el apoyo de la Carretera Federal Administración, el Departamento de Transporte de Wisconsin.

Se muestra a continuación el FORMATO que se utiliza para la inspección de pavimentos, identificación del tipo de falla y la medición de su severidad, magnitud y área afectada, aplicando el método Paser

Tabla 7. Formato para la Inspección de pavimentos método PASER

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD																	
VIA: Av. Canónigo Ramos				CODIGO: 001 S													
FECHA: 04 de abril de 2012				UNIDAD N°: 1													
HECHO POR: Olga Calero				AREA DE LA MUESTRA: 160 m ²													
Mayra Guamán																	
TIPOS DE FALLAS				CALIFICACIÓN PASER													
1. Lleno de surcos 2. Distorsión 3. Grietas transversales 4. Grietas de reflexión 5. Grietas de resbalamiento 6. Grietas longitudinales 7. Grietas de bloque 8. Grietas de ovoidrillo 9. Parches 10. Huecos				1 Fracasado 2 Muy Pobre 3 Pobre 4 Razonable 5 Razonable 6 Bueno 7 Bueno 8 Muy Bueno 9 Excelente 10 Excelente													
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES Y CALIFICACIÓN																	
N°	GRAFICO	TIPO DE	CALIFICACIÓN PASER										AREA DE LA FALLA			% DE ÁREA	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	L (m)	H (m)	A (m ²)		
SUBTOTAL 1																	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

3.5.3. EVALUACIÓN VISUAL MÉTODO VIZIR

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación. Este índice ha sido desarrollado por el Laboratorio Central de Ponts et Chaussés France o por sus siglas en inglés LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales.

La clasificación de los deterioros no tiene criterio universal para la valoración de cada uno de estos factores, por esta razón hay diferencias algunas veces importantes entre los criterios adoptados. La metodología VIZIR, clasifica los deterioros en dos categorías A y B.

Los del tipo A, caracterizan una condición estructural del pavimento, ligada a las diversas capas y la subrasante o solo a la carpeta asfáltica.

Los del tipo B, caracterizan deterioros del tipo funcional, que generalmente tienen su origen en deficiencias constructivas y condiciones locales que el tránsito pone en evidencia.

3.5.3.1. PROCESO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO MÉTODO VIZIR Y CALIFICACIÓN DE SUPERFICIE.

La evaluación de características se resume en los siguientes pasos:

1) Para una red vial dada, se identifican los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.

2) Cada tramo de pavimento tiene un número definido de fallas posibles.

Estos datos se registran en Formularios diseñados para ello y para cada falla se define lo siguiente:

- a) El tipo de falla (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento).
- b) La cantidad de la falla (medida o contada).
- c) La calificación (bueno, regular y deficiente).
- d) Porcentaje de área afectada.

3) Por medio de un muestreo estadístico de todas las secciones de pavimento que forman los tramos de la red vial, se establece el valor del VIZIR para todas las secciones encuestadas. La gravedad cuantifica el daño de la condición de la superficie del pavimento con los siguientes valores:

Tabla 8: Calificación para la metodología VIZIR

CALIFICACION VIZIR	
1	Bueno
2	Bueno
3	Regular
4	Regular
5	Deficiente
6	Deficiente
7	Deficiente

Fuente: Manual de Evaluación d pavimentos, Universidad Nacional de Ingeniería, Gustavo Corredor, Mayo 2009

4) Realizar un resumen final de los tramos analizados de la condición de la superficie del pavimento.

3.5.3.2. INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO, DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MUESTRAS Y ÁREAS DE CADA SECCIÓN DE MEDICIÓN POR EL MÉTODO VIZIR.

Para la división de secciones del área estudiada quedará a criterio del evaluador dependiendo del proyecto en estudio recomendando no excluir ningún tramo de la vía a evaluar.

3.5.3.3. FALLAS CONSIDERADAS POR EL METODO VIZIR EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

A continuación se muestra una tabla con las fallas consideradas por el método VIZIR las mismas que son utilizadas y descritas por la metodología PAVER-PCI.

Tabla 9. Pavimentos asfálticos-Método VIZIR. Fallas Consideradas.

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	UNIDAD DE MEDIDA
1	Grieta Piel De Cocodrilo	m ²
2	Exudación De Asfalto	m ²
3	Grietas De Contracción (BLOQUE)	m ²
4	Elevaciones-Hundimiento	m ²
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas De Borde	m ²
8	Grietas De Reflexión De Juntas	m ²
9	Desnivel Calzada-Hombrillo	m ²
10	Grietas Longitudinales Y Transversales	m
11	Baches Y Zanjas Reparadas	m ²
12	Agregados Pulidos	m ²
13	Huecos	N°
14	Cruce De Rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación Por Empuje	m ²
17	Grietas Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación Y Desintegración	m ²

Fuente: MANUAL DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la construcción. Programa de Captación Académica. Gustavo Corredor M. Mayo 2009.

3.5.3.4. FORMATOS QUE SE UTILIZA PARA LA INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA LA METODOLOGÍA VIZIR

El FORMATO que se muestra lo utiliza la metodología VIZIR para la inspección de pavimentos, identificación del tipo de falla y la medición de su severidad, magnitud y el porcentaje del área afectada.

Tabla 10. VIZIR-Inspección de pavimentos, identificación del tipo de falla y la medición de su severidad y magnitud.

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD														
VIA:		Av. Canónigo Ramos					CODIGO:		001 S					
FECHA:		09 de abril de 2012					UNIDAD N°:		1					
HECHO POR:		Olga Calero					AREA DE LA		160 m2					
TIPOS DE FALLAS														
1. Grieta Piel De Cocodrilo m2							11. Baches Y Zanjas Reparadas m2							
2. Exudación De Asfalto m2							12. Agregados Pulidos m2							
3. Grietas De Contracción (BLOQUE) m2							13. Huecos N°							
4. Elevaciones-Hundimiento m2							14. Cruce De Rieles m2							
5. Corrugaciones m2							15. Ahuellamiento m2							
6. Depresiones m2							16. Deformación Por Empuje m2							
7. Grietas De Borde m2							17. Grietas Deslizamiento m2							
8. Grietas De Reflexión De Juntas m2							18. Hinchamiento m2							
9. Desnivel Calzada-Hombrillo m2							19. Disgregación Y Desintegración m2							
10. Grietas Longitudinales Y Transversales m2														
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES														
N°	GRAFICO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD							AREA DE LA FALLA			% DE ÁREA	
			1	2	3	4	5	6	7	L (m)	H (m)	A (m2)		
SUBTOTAL 1														

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

3.6. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DETERMINACIÓN DEL T.P.D.A

ASPECTOS GENERALES

Para realizar el diseño de una carretera o de un tramo se debe tener información de datos sobre el tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad, el volumen máximo de vehículos que una carretera puede absorber. El tráfico en consecuencia afecta directamente a las características del diseño geométrico.

3.6.1. MODO DE TRANSPORTE Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.

TIPOS DE VEHÍCULOS

Los vehículos que circulan por las carreteras influyen el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista, la velocidad que son capaces de desarrollar y las dimensiones que le son propias.

- **Livianos.-** Son los automóviles, camionetas de dos ejes con tracción sencilla y en las cuatro ruedas, así como también camionetas con cajón y camiones livianos de reparto.
- **Buses.-** Son aquellos que tienen dos o más ejes, seis o más ruedas, destinados al transporte de pasajeros, o cualquier vehículo de servicio público.
- **Pesados.-** Son los destinados al transporte de mercadería y carga, poseen dos o más ejes, tienen seis o más ruedas, pueden ser camiones, remolques y semiremolques.

DIMENSIONES DE VEHÍCULOS

Las dimensiones de estos vehículos: largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el galibo vertical bajo estructuras, estas dimensiones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Dimensiones de los vehículos.

	LIVIANOS	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: AASHTO Diseño Geométrico de Vías. Pág. 35

Las dimensiones de los vehículos y su movilidad son factores de incidencia relevante en el diseño.

3.6.2. CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERAS.

De acuerdo a las normas de diseño del Ministerio de Transportes y Obras Públicas para el criterio de las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio, se presenta en la tabla siguiente la relación entre la función jerarquía y la clasificación de las carreteras.

Tabla 12: Clasificación de la carretera en función a la jerarquía

FUNCIÓN	CLASES DE CARRETERAS (SEGÚN EL MTOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	> 8000
COLECTORA	I	3000-8000
	II	1000-3000
	III	300-1000
VECINAL	IV	100- 300
	V	<100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

Tabla 13. Clasificación de la carretera en función del tráfico proyectado.

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clases de Carreteras	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 a 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.	

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

3.6.3. EL TPDA.

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio espera que circule y se ha obtenido por observaciones en un año, que es el volumen de tráfico anual dividido para 365 días.

Para la determinación del TPDA es suficiente establecer el Tráfico en una semana, mediante los volúmenes de tránsito durante los 7 días. El conteo puede ser manual ó automático.

Contadores Automáticos.

Son fijos y que se instalan como estructura empotrada en las casetas de peaje y éste trabaja de la siguiente manera, por cada dos impulsos recibidos registran un vehículo.

Contadores Manuales.

Corresponde al estar en el sitio y poder apreciar la realidad del tráfico, con el cual se puede considerar muchos aspectos para el diseño de la vía.

Período de observación.

Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales.

3.6.3.1. CONTEOS DE TRÁFICO DIARIO (TPD).

Para el conteo del tráfico diario o TPD se establecen sitios estratégicos de conteo, de manera que se contabilice el tipo y cantidad de vehículos que transitan. Los conteos se realizan de manera que posteriormente se asignan los datos recolectados de esta vía a otras con comportamiento similar en cuanto a cantidad de vehículos, cambios en el

La clasificación del tipo de vehículo se realizó, previniendo una nomenclatura en los formularios de registro, siendo la siguiente:

Tabla 15: Nomenclatura del vehículo.

NOMENCLATURA		
CLASIFICACIÓN	CODIGO F1	DESCRIPCION
Livianos:	L-1	Autos
	L-2	Jeeps
	L-3	Camionetas y Furgonetas
	B-1	Buseta (21 pasajeros)
Buses:	B-2	Bus Mediano (32 pasajeros)
	B-3	Bus Grande (<40 pasajeros)
Camión Liviano	2D-A	Camión dos ejes, Capacidad de carga 9.5 Ton.
Camión Mediano	2D-B	Camión dos ejes, Capacidad de carga 18 Ton.
	3 ^a	Camión tres ejes, Capacidad de carga 26 Ton.
Camión Pesado	3S2	Camión cinco ejes, Capacidad de carga 48 Ton.
	3S3	Camión seis ejes, Capacidad de carga 50 Ton.

Fuente: MTOP de Chimborazo.

3.6.3.3. CÁLCULO DE T.P.D.A.

Para la determinación del *T.P.D.A.* se aplica las siguientes fórmulas:

$$TPDA = TPDA_{Futuro} + Tráfico Atraído + Tráfico Generado + Tráfico por Desarrollo$$

1. TRÁFICO FUTURO

Es el *T.P.D.A.* proyectado al número de años de la vida útil de la vía. Entonces con el estudio de tráfico realizado se puede estimar el tráfico futuro, para un determinado periodo de diseño, a este hay que añadir el tráfico por razones de ahorro de tiempo, menor costo de operación y distancia.

$$TPDA_{FUTURO} = TPDA_{actual} \times (1+i)^n$$

Donde:

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años).

Tabla 16. Tasa de crecimiento vehicular para Chimborazo.

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR POR TIPOS			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010 – 2015	3.87	1.32	3.27
2016 - 2020	3.44	1.17	2.90
2021 - 2025	3.10	1.05	2.61
2026 - 2030	2.82	0.96	2.35

Fuente: Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

2. TRÁFICO ATRAÍDO.

Es el tráfico desviado y varia del 10% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

$$\text{Tráfico Atraído} = \text{TPDA Actual} \times 10\%$$

3. TRÁFICO GENERADO.

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, de ninguna manera es mayor al 20% del TPDA actual. Este tráfico es acarreado por el mejoramiento de la vía, el cual se unen al tráfico actual y se producen durante los primeros 2 ó 3 años de la vida útil de la vía.

$$\text{Tráfico Generado} = \text{TPDA Actual} \times 20\%$$

4. TRÁFICO POR DESARROLLO.

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos.

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = (5\% - 7\%) * (\# \text{ de Vehículos desarrollo})$$

3.6.4. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Tabla 17: Tipo de carreteras.

CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO T.P.D.A.
R-I o R-II	más de 8000 vehículos
I	De 3000 a 8000 vehículos
II	De 1000 a 3000 vehículos
III	De 300 a 1000 vehículos
IV	De 100 a 300 vehículos
V	Menos de 100 vehículos
T.P.D.A. es el Volumen del Tráfico Promedio Diario Anual	

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág. 23

3.6.5. VELOCIDAD DE DISEÑO

Es aquella velocidad que se escoge para diseñar la vía, se caracteriza por ser la máxima velocidad que circulan los vehículos en condiciones de seguridad. Una vez seleccionada la velocidad de diseño, todos los elementos deberán relacionarse con ella para obtener un diseño equilibrado.

Se deberá tomar en cuenta para seleccionar la velocidad de diseño los siguientes parámetros:

- 1) Tipo de terreno.
- 2) Orden de vía.
- 3) Volumen de tráfico.

Los caminos vecinales en cambio, se diseña para bajas velocidades, debido a que soportan poco tránsito y por lo tanto, no se justifica la adopción de velocidades de diseño mayores que implique un considerable incremento de los volúmenes de empedrado y tierra , encareciendo la construcción de los mismos ⁶. En la presente tabla las velocidades de diseño y los parámetros considerados:

Tabla 18: Velocidades de Diseño

VELOCIDADES DE DISEÑO ADOPTADAS POR MTOP EN K.P.H.						
TIPO	RECOMENDABLE			ABSOLUTAS		
	L	M	O	L	M	O
R1 o R2 TPDA > 8000	120	90	110	110	80	90
I 3000 - 8000 TPDA	110	80	100	100	60	80
II 1000 - 3000 TPDA	100	70	90	90	50	80
III 300 - 1000 TPDA	90	60	80	80	40	60
IV 100 – 300 TPDA	80	50	60	60	25	35
V < 100 TPDA	60	40	50	50	25	35

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP – MTOP Pág.31

⁶ FUENTE PIO CUEVAS , 2000

Tabla 19. Valores de Diseño Recomendados para Carreteras.

NORMAS	CLASE I 3000 – 8000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1000-3000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300-1000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100-300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾											
	RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25	60	50	40	50	35	25	60	50	40	50	35	25
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20	110	75	42	75	30	20
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	41	55	35	25	70	55	41	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	585	690	585	415	690	640	490	640	585	345	640	585	415	585	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	210	150	110			
Peralte	MÁXIMO = 10 %																		10% (Para V > 50 KPH) 8%(Para V < 50 KPH)																	
Coefficiente "K" para: ²																																				
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	13	10	6	10	5	3
Longitudinal ³ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	6	8	14	6	8	14
Gradiente Longitudinal ⁴ mínima (%)	0.50 %																																			
Ancho de pavimento (m)	7.30			7.30			7.00			6.70			6.70			6.00			6.00						4 ⁽⁸⁾											
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B. Capa granular o empedrado						Capa granular o empedrado											
Ancho de espaldones ⁵ estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	0.6 (C.V. Tipo 6 y 7)						-											
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0						2.0						2.4 (C.V. Tipo 6 y 7)						4.0											
	2.0 ⁽⁶⁾ - 4.0						2.0 – 4.0						2.0 – 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5 E)																	
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 ⁽⁶⁾ - 4.0						2.0 – 4.0						2.0 – 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5 E)						-											
Curva de transición	ÚSENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes	Carga de diseño	H.S. – 20 – 44: HS – MOP: HS – 25																																		
	Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSIÓN DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																		
	Ancho de aceras (m) ⁽⁷⁾	0.50 m mínimo a cada lado																																		
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha les																																			

LL= TERRENO PLANO O= TERRENO ONDULADO M= TERRENO MONTAÑOSO

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP - MTO Anexos 2-R.

3.6.6. Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación según la AASHTO (American Association of State Higways Officials) se la puede determinar mediante las siguientes expresiones, dependiendo del tráfico existente en el proyecto.

Tabla 20. Velocidades de Diseño

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	
TPDA	V _c
< 1000	$0.8V_d + 6.5$
1000-3000	$1.32V_d^{0.89}$
> 3000	V _d

Fuente: Cuaderno de Ingeniería Vial cuarto curso Unach

Donde:

V_c = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

V_d. = Velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

3.7. Evaluación Estructural.

Son defectos en la superficie originados en la degradación de una o más capas en una magnitud tal que puede considerar que se ha vencido el periodo de diseño.

Ensayos Realizados.

Para la evaluación de la estructura de la vía se aplica los siguientes ensayos:

- CONTENIDO DE HUMEDAD
- ABRASIÓN.
- GRANULOMETRÍA.
- COMPACTACIÓN.
- CBR (Ensayo de relación de Soporte de California).

- PELADURA.
- DENSIDAD DE NÚCLEOS ASFÁLTICOS

3.7.1. Contenido de Humedad.

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje. En Japón se han registrado contenidos de humedad de más de mil por ciento, esto indica grandes problemas de suelo debido a que el peso del agua supera quince veces el peso del material sólido.

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable. Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad. El material debe permanecer un periodo de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche.

Cumplidas ya las 12 horas de secado de la muestra de tamaño normal se procede a retirar y pesar, para así obtener el peso del suelo seco. El peso del agua será la diferencia entre el peso de la muestra en estado natural y la muestra seca de suelo.

Para la ejecución de este ensayo se debe utilizar las siguientes normas: MOP E-120, AASHO T-93.

Fórmula Utilizada.

Fórmula utilizada para el cálculo del porcentaje de humedad contenido de humedad del suelo expresado como porcentaje:

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_r} \times 100$$

Donde:

W_a = masa en g del suelo seco al aire + recipiente.

W_b = masa en g del suelo seco a 110°C + recipiente.

W_r = masa en g del recipiente.

3.7.2. Abrasión.

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE de los agregados.

Esta es importante porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá el agregado.

El ensayo que se aplicará a continuación da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que este sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas y las esferas de acero. Esto nos indica si el agregado grueso a utilizar es el adecuado para el diseño de mezcla y la fabricación de concreto.

La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra

importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros.

Para determinar la dureza se utiliza un método indirecto cuyo procedimiento se encuentra descrito en la Norma ASTM C-131 para los agregados gruesos. Dicho método más conocido como el de la Máquina de los Ángeles, consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de bolas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

Una carga abrasiva consiste en esfera de fundición o de acero de unos 48 mm de diámetro y entre 390 y 445 gramos de masa, cuya cantidad depende del material que se ensaya, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 21. Masa de esferas.

<i>TIPO</i>	<i>NÚMEROS DE ESFERAS</i>	<i>MASA DE LAS ESFERAS (grs)</i>
<i>A</i>	<i>12</i>	<i>5000 ± 25</i>
<i>B</i>	<i>11</i>	<i>4584 ± 25</i>
<i>C</i>	<i>8</i>	<i>3330 ± 25</i>
<i>D</i>	<i>6</i>	<i>2500 ± 15</i>

Fuente: Construaprende internet http://www.construaprende.com/Lab/12/Prac12_2.htm

Norma Utilizada.

ASTM C-131

Fórmulas utilizadas.

$$= P_{inicial} - P_{retieneTamizN12}$$
$$\% desgaste = \frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$$

Donde:

P_a = la masa de la muestra seca antes del ensayo (gr)

P_b = la masa de la muestra seca después del ensayo, lo que retiene el tamiz N° 12.

3.7.3. Granulometría.

El término agregados comprende las arenas, gravas naturales y la piedra triturada utilizada para preparar morteros y concretos.

Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo. Para clasificar a los constituyentes del suelo según su tamaño de partícula se han establecido muchas clasificaciones granulométricas. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción.

Para la gradación de los agregados se utilizan una serie de tamices que están especificados en la Norma AASHO T-27, INEN 6-96.

Este ensayo cubre la determinación de la distribución por tamaño de agregado fino y grueso mediante el proceso de tamizado, consiste en la que la muestra de agregado seco (masa conocida) es separada y colocada en una serie de tamices colocados en

orden descendente (desde el más grande al más pequeño) y así determinar la distribución de tamaños por partículas en función de la masa seca inicial y esta es porcentual.

Se presenta en la tabla los tamices normalizados por el INEN y las equivalencias aceptadas con los tamices dados por la norma ASTM E 11-1977, utilizados para realizar el análisis granulométrico de los áridos.

Tabla 22. Tamices normalizados por el INEN y la ASTM

INEN	ASTM
106 mm	106 mm (4.24 pulg.)
90 mm	90 mm (3 ½ pulg.)
75 mm	75 mm (3 pulg.)
63 mm	63 mm (2 ½ pulg.)
53 mm	53 mm (2.12 pulg.)
37.5 mm	
26.5 mm	26.5 mm (1.06 pulg.)
19 mm	19 mm (¾ pulg.)
13.2 mm	13.2 mm (Nº 4)
9.5 mm	9.5 mm (Nº 8)
4.75 mm	4.75 mm (Nº 16)
2.36 mm	2.36 mm (Nº 30)
1.18 mm	1.18 mm (Nº 50)
600 µm	600 µm (Nº 100)
300 µm	300 µm (Nº 200)
150 µm	150
75 µm	75 m

Fuente: Norma ASTM E 11-1977

La serie de tamices utilizados para agregado grueso son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", # 4 y para agregado fino son # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200.

PARA AGREGADO GRUESO.

a. Tamaño máximo (TM).

Se define como la abertura del menor tamiz por el cual pasa el 100% de la muestra.

b. Tamaño Máximo Nominal (TMN).

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos.

- El TMN no debe ser mayor que 1/5 de la dimensión menor de la estructura, comprendida entre los lados de una formaleta.
- El TMN no debe ser mayor que 1/3 del espesor de una losa.
- El TMN no debe ser mayor que 3/45 del espaciamiento libre máximo entre las barras de refuerzo.

Normas Utilizadas.

AASHO T-27

INEN 6-96

Fórmulas Utilizadas

$$Fórmula \% Retenido = \frac{Pesodematerialretenidoentamiz}{Pesototaldela muestra} \times 100$$

$$Fórmula \% PASA = 100 - \% Retenido Acumulado$$

3.7.4. Compactación.

La compactación no es desde luego el único método de mejora de los terrenos, aunque sí uno de los más económicos y populares.

La compactación somete al suelo a un golpeo o empaquetamiento que hace que expulse el aire de sus poros.

Los métodos usados para la compactación de los suelos dependen del tipo de materiales con los que se trabaje en cada caso; es así que los materiales puramente friccionantes, como la arena, se compactan eficientemente por métodos vibratorios, en tanto que en los suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso, de manera que el ingeniero tiene posibilidad de elegir entre muchos, los implementos adecuados a cada caso particular.

Relaciones Humedad-Densidad (Compactación)

Estos ensayos tienen por finalidad determinar la relación humedad-densidad de un suelo compactado en un molde normalizado mediante un pisón de masa normalizada, en caída libre y con una energía específica de compactación.

En la década de los años 30, R.R. Proctor desarrolló un método estandarizado para determinar el contenido de humedad óptimo y la correspondiente DMCS. Hoy, la AASHTO ha estandarizado mucho más el método desarrollado por Proctor en el llamado ensayo Proctor estándar y además ha introducido el ensayo Proctor modificado, debido a una mayor envergadura de las estructuras proyectadas, que requieren una mayor capacidad de soporte del suelo, para soportar las cargas y limitar los asentamientos.

El ensayo consiste en compactar en un molde de volumen (60mm 2 3/8") conocido muestras de un mismo suelo, pero con distintas humedades y con la misma energía de compactación. Se registran las densidades secas y el contenido de humedad de cada molde (ideal 5), graficando los resultados, donde el punto más alto de la curva representa la DMCS y su proyección en la abscisa la humedad óptima.

Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de la compactación que asegurarán las propiedades del terreno buscadas. Esto se traduce en determinar cuál es la humedad que se requiere para conseguir con una energía de compactación la densidad seca máxima que puede tener dicho terreno. A esta humedad se la define como humedad óptima, y es con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada. Igualmente se define como densidad seca máxima aquella que se obtiene para la humedad óptima.

Se comprueba que al ir aumentando la humedad y compactando, la densidad seca va aumentando hasta llegar a un punto de máximo para el par densidad seca máxima-humedad óptima, a partir de este punto un aumento de humedad no supone mayor densidad seca sino al contrario una disminución de ésta.

Normas Utilizadas

MOP E-120

AASHO T-93

Fórmulas utilizadas.

Contenido de humedad

$$w(\%) = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_r} * 100$$

Densidad de la muestra

$$\delta = \frac{(molde + muestra) - peso \text{ del molde}}{volumen}$$

Densidad seca

$$\delta_{seca} = \frac{\delta}{w_{promedio} + 100} \times 100$$

Donde:

δ = densidad de la muestra

3.7.5. Ensayo de Relación de Soporte de California CBR.

El ensayo CBR (ensayo de Relación de Soporte de California), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte pero, de la aseveración anterior, es evidente que éste número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica al estado en el cuál se encontraba el suelo durante el ensayo. De paso, es interesante comentar que el experimento puede hacerse en el terreno o en un suelo compactado.

El número CBR (o simplemente CBR) se obtiene como la relación de la carga unitaria (en lbs/plg²) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

El C.B.R. varía de acuerdo a la compactación del suelo su contenido de humedad al compactar y cuando se realiza el ensayo.

De ésta ecuación se puede ver que el CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son los siguientes:

Tabla 23. Valores de Carga Unitaria.

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm ²	Psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>

El CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5 mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm. es mayor el ensayo debería repetirse. Si un segundo ensayo, produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5.0 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptima para el suelo específico determinado. Utilizando el ensayo de compactación.

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropuertos.

En la sección 403 y 404 de las especificaciones para estructuras del pavimento nos manifiesta que la capacidad de soporte para Subbase de agregados debe ser correspondiente a un CBR igual o mayor del 30%, y para Base de agregados el valor de soporte CBR deberá ser mayor o igual al 80%.

Normas Utilizadas.

AASHTO T99-70

AASHTO T180-70

ASTM D698-70 Y D1557-70

Fórmulas Utilizadas.

$$CBR = \frac{Carga\ Unitaria\ Del\ Ensayo}{Carga\ Unitaria\ Patron} \times 100$$

3.7.6. Peladura.

Este método, describe el procedimiento de recubrimiento e inmersión estática para medir la retención de una película bituminosa por un agregado en presencia de agua. El procedimiento se aplica a asfaltos líquidos y semisólidos.

Todos los agregados son porosos, y algunos son más que otros. La porosidad se determina sumergiendo los agregados en un baño y determinando la cantidad de asfalto que se adhiera.

La capacidad de un agregado para adherirse con el asfalto es un factor importante que debe ser cuantificado en el diseño de mezclas asfálticas. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuará absorbiendo asfalto después del mezclado inicial, disminuyendo la cantidad de asfalto para ligar las demás partículas de agregado. Por ello, un agregado más poroso requiere cantidades mayores de asfalto que las que requiere un agregado con menos porosidad.

El concepto de adherencia en el diseño de mezclas asfálticas está relacionado a la afinidad del agregado por el asfalto, es la tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto. Las calizas y las dolomitas tienen alta afinidad con el asfalto sin embargo también son hidrofóbicas (repelen el agua) porque resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de sus superficies.

3.7.7. Ensayo de densidades de núcleos Asfálticos utilizando parafina

Todas las mezclas asfálticas están compuestas por al menos tres elementos: el agregado, el ligante asfáltico y el aire, y sus propiedades ingenieriles dependen fuertemente de la proporción volumétrica de estos tres componentes, además de las características propias del ligante y del agregado.

Las proporciones se expresan en términos de porcentaje del peso, siendo muy importante las conversiones para determinar los respectivos volúmenes de cada uno de ellos.

Entendemos por densidad aparente la densidad de la muestra "in situ", es decir la densidad de la muestra en su lugar de origen, por tanto esta la hemos de calcular en muestras inalteradas. Para calcular la densidad aparente de una muestra primero la pesamos, a continuación la cubrimos con una capa de parafina sumergiéndola en una cazuela con parafina caliente por tal de impermeabilizarla. Una vez hemos impermeabilizado la muestra con la parafina caliente la volvemos a pesar y la diferencia de peso dividida por la densidad será el volumen que hemos añadido. Después tomamos la muestra parafinada y la pesamos con una balanza hidrostática lo que nos dará el volumen total de la muestra. Para conocer la densidad aparente dividimos el peso calculado al inicio por su volumen

Para este ensayo se escogen los núcleos de asfalto, secos y limpios (retirar los residuos de las otras capas o de agregados), a los que se les sumergen en parafina (con densidad de 0.9 g/cm^3), hasta cubrirlos completamente.

CAPITULO IV

4. METODOLOGÍA

4.1. TIPO DE ESTUDIO

- **Fase Descriptiva.-** Fase donde se definen los procedimientos para evaluar las fallas y causas del deterioro prematuro de la Av. Canónigo Ramos, entre la Av. 11 de Noviembre a la Av. Monseñor Leónidas Proaño Bay-Pas.
- **Fase de Campo.-** Aplicada a cada uno de los carriles de la Av. Canónigo Ramos, en donde se recopiló datos reales para obtener el estado actual de las fallas de la estructura del pavimento asfáltico.
- **Fase Exploratoria.-** se realizaron varias visitas de monitoreo minucioso in situ de la Av. Canónigo Ramos, desde la Av. 11 de Noviembre a la Av. Monseñor Leónidas Proaño Bay-Pas, para obtener información del estado físico en el que se encuentra. Además se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio para determinar las causas que ocasionan el deterioro prematuro del pavimento asfáltico.
- **Fase Explicativa.-** Fase donde se interrelacionaron los datos obtenidos para ser analizados.
- **Fase Evaluativa.-** Fase donde se evalúa los resultados encontrados de la condición funcional y estructural de la Avenida Canónigo Ramos.
- **Fase Concluyente.-** Al finalizar la investigación se determinara las diferentes causas que ocasionan el deterioro prematuro del pavimento asfáltico, para recomendar una propuesta adecuada de reparación o mantenimiento, evitar la

aparición de nuevas fallas y prolongar la vida útil de los pavimentos asfálticos.

Estos seis tipos de estudio van interrelacionados entre sí ya que todos se basan en el análisis que integra las especificaciones para el análisis de fallas en pavimentos asfálticos por medio de diferentes métodos de análisis y la investigación de las diversas causas por las cuales se producen.

4.2. Población y Muestra

Población.

Este proyecto de investigación está delimitado por una longitud de 1.520 metros por cada carril (izquierdo y derecho), a lo largo de la Avenida Canónigo Ramos, desde la Avenida 11 de Noviembre a la Av. Monseñor Leónidas Proaño-By Pas.

Para la aplicación de los métodos de Evaluación funcional PAVER-PCI, PASER, VIZIR se procedió a dividir la longitud total de la vía en muestras de secciones de 100m longitudinales, sin la exclusión de ningún tramo para obtener un resultado de la situación actual lo más real posible. (ver anexo 7)

En la evaluación estructural se realizó para la recolección de muestras dos cavidades cuadradas (0.80 x 0.80 m) en los dos carriles de la Avenida Canónigo Ramos, en los sectores donde mayor deterioro se presenta. De la misma forma se extrajo dos núcleos por carril de los sectores más deteriorados.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

4.3.1. Variables independientes.

Tabla 24. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES	ÍTEM
INDEPENDIENTE			
Diseño de espesores de la estructura del pavimento asfáltico.	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales utilizados en su construcción. • Procesos constructivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de accidentes de tránsito por año. 	¿Cuál es el deterioro actual?
Condiciones de drenaje y evacuación de agua superficial.	<ul style="list-style-type: none"> • Agentes ambientales (estados del clima). • Tipo de fundación (estable e inestable). • Subrasante inestable. • Drenaje y evacuación de agua superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de mantenimiento de los vehículos por año. • Gastos de mantenimiento anual de la avenida. 	¿Cuál es el costo beneficios de la avenida?
DEPENDIENTE			
Deterioro de la estructura del pavimento asfáltico.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del deterioro actual de la estructura del pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos in situ del deterioro actual. • Ensayos. • Planos. 	¿Cuál es el porcentaje total del deterioro actual?

Elaborado: Olga Calero- Mayra Guamán

4.4. PROCEDIMIENTOS

CONDICIONES ACTUALES DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO.

Levantamiento fotográfico.

Se realizó el levantamiento de los daños existentes sobre la capa de rodadura del pavimento asfáltico, dentro de los siguientes tramos: inicio PR 00+0.00 (Intersección Avenida Monseñor Leónidas Proaño y Canónigo Ramos) y punto final PR 1+520 (Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos).

Se recopila información del estado actual del deterioro del pavimento asfáltico de la Avenida Canónigo Ramos en sus dos carriles, realizando un reconocimiento visual, y

descriptivo del tipo de fallas existentes con sus respectivas dimensiones y severidad, para lo cual se requiere:

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Recolección del registro fotográfico.
- Análisis de datos de campo.

Instrumentos:

- Cámara Fotográfica.
- Libreta de apuntes.
- Cinta.
- Flexómetro.
- Regla metálica de 3m de longitud.
- Equipo de seguridad industrial (chalecos reflectivos, cascos, conos y triángulos de seguridad)

4.4.1 EVALUACIÓN FUNCIONAL

4.4.1.1. Evaluación visual método PAVER.

Utilizando las Tabla 3 y 4, se procederá a valorar por el método de evaluación visual de pavimento llamado PAVER, para calificar la condición del pavimento, que utiliza como complemento el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual genera una medida que califica la condición funcional- operacional y la gradación va de 0 a 100. Este índice de calificación está basado en la densidad de las fallas del área estudiada, el valor de deducción del pavimento depende de los tipos de fallas y del nivel de severidad.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Identificar los tramos y secciones que serán objeto de estudio.
- Realizar el inventario de fallas por muestreo.
- Análisis de datos de campo de acuerdo a la metodología PAVER-PCI.
- Realizar el informe final.

Instrumentos:

- Computador.
- Regla.
- Curvas para el cálculo del CDV para pavimentos asfálticos.
- Manual de evaluación por método PAVER.
- Formato para calificación Paver-PCI

4.4.1.2. Evaluación Visual Método PASER.

Con la Tabla 7, se procederá a valorar por el método PASER mediante la inspección visual, para evaluar las condiciones de la superficie del pavimento. Entender la causa de las condiciones actuales es extremadamente importante en la selección de un adecuado mantenimiento o rehabilitación técnica.

La valoración de la condición de la superficie del pavimento se encuentra en una escala que varía de 10 (excelente) hasta una condición de 1 (fallado).

Este índice de calificación depende de cada uno de los tipos de fallas y del nivel de severidad.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Identificar los tramos y secciones que serán objeto de estudio.
- Realizar el inventario de fallas por muestreo.
- Análisis de datos de campo de acuerdo a la metodología PASER.
- Realizar el informe final.

Instrumentos:

- Computadora.
- Manual de evaluación Metodología PASER.
- Formato de evaluación PASER.

4.4.1.3. Evaluación Visual Método VIZIR.

Aplicando el formato de la Tabla 10, se procederá a valorar el índice que representa la degradación superficial del pavimento, representando así una condición que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

La metodología VIZIR, clasifica los deterioros en dos categorías A y B. Se utilizará la categoría tipo B, debido a que esta caracteriza los deterioros del tipo funcional, que generalmente tienen su origen en deficiencias constructivas y condiciones locales que el tránsito pone en evidencia.

A los tipos de deterioros se les asigna un número que representa la gravedad del problema y estará en el rango de 7 a 1.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Identificar los tramos y secciones que serán objeto de estudio.
- Realizar el inventario de fallas por muestreo.
- Análisis de datos de campo de acuerdo a la metodología VIZIR.
- Realizar el informe final.

Instrumentos:

- Computadora.
- Manual de evaluación Vizir.
- Formato de evaluación.

4.4.2. Conteo Vehicular (TPDA).

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio espera que circule y se ha obtenido por observaciones en un año, que es el volumen de tráfico anual dividido para 365 días.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Establecer el período de evaluación del tráfico de la Avenida Canónigo Ramos. (una semana, contadas manualmente de 6am a 6pm).
- Determinar y ubicar las estaciones de conteo. (Intersección Avenida Monseñor Leónidas Proaño y Canónigo Ramos y en la Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos).
- Realizar el conteo manual en las estaciones asignadas para ello.
- Tabular y realizar los respectivos cálculos.

Instrumentos:

- Libreta de apuntes.
- Formato presentado en la Tabla 14.
- Lápiz.
- Borrador.

4.4.3. Recopilación de material de la estructura del pavimento asfáltico.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Previamente se obtuvo el permiso pertinente para poder realizar los cortes necesarios y recolectar las muestras, el mismo que fue otorgado por el Director de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba.
- Recolección de muestras de base y subbase de la Avenida Canónigo Ramos, con cortes dos por cada carril, con las siguientes dimensiones 0.80cm*0.80cm*0.30cm para recoger la cantidad necesaria.

Las muestras se tomaron en las siguientes abscisas:

Carril izquierdo:

Abscisa 1: 0+520m

Abscisa 2: 0+720m

Carril derecho:

Abscisa 1: 0+520m

Abscisa 2: 0+820m

Instrumentos:

- Moladora.
- Generador de luz.
- Pico.
- Pala.
- Lonas.
- Barra.
- Flexómetro.
- Chalecos reflectivos.
- Conos de seguridad.

4.4.3.1. Ensayos Realizados en el Laboratorio.

Se procedió a realizar los ensayos pertinentes en el Laboratorio de Suelos y Geotecnia del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOP).

Se ejecutaron los siguientes ensayos para el material de base y sub-base:

- CONTENIDO DE HUMEDAD
- ABRASIÓN.
- GRANULOMETRÍA.
- COMPACTACIÓN.
- CBR.
- PELADURA.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**Técnicas:**

- Recolectar las muestras de base y subbase de la Avenida Canónigo Ramos.

- Realizar los ensayos respectivos tomando en consideración las normas y especificaciones establecidas para cada uno de los ensayos.
- Recopilar datos y resultados obtenidos.
- Tabular resultados.
- Realizar el informe final de cada uno de los ensayos.

Instrumentos

- Normas y especificaciones establecidas para cada ensayo.
- Consultas en páginas Web sobre ensayos de suelos y pavimentos.
- Informes de Ensayos de Materiales y Suelo.
- Formato de recolección y tabulación de datos, aplicados en el Laboratorio del MTOP.

4.4.3.2. Ensayos realizados en campo.

Previamente se obtuvo el permiso pertinente para realizar la extracción de núcleos necesarios para esta investigación, el mismo que fue otorgado por el Director de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba.

a. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas:

- Recolectar los cilindros que serán objeto de nuestro estudio, realizando 4 cortes circulares en el pavimento asfáltico 2 cortes por cada carril, con las siguientes dimensiones 0.10 cm de diámetro* el espesor de la carpeta asfáltica.

- Realizar los ensayos respectivos, aplicando las normas y especificaciones establecidas, cada ensayo consta detalladamente en *Anexo 6*.
- Recopilar datos y resultados obtenidos.
- Tabular resultados.
- Realizar el informe final de cada uno de los ensayos.

Instrumentos:

- Extractor de núcleos.
- Camioneta.
- Agua.
- Gasolina.
- Material de relleno.
- Normas especificaciones.

4.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el respectivo procesamiento de datos se utiliza el método analítico, inductivo y deductivo.

1. *Condiciones Actuales del Pavimento Asfáltico.*

a. Levantamiento fotográfico.

Se estudiará cada uno de los elementos geométricos, estado actual de la estructura del pavimento asfáltico y se analizará in situ las fallas y en oficina las fotografías, usando las técnicas e instrumentos adecuados para ello.

2. *Evaluación Funcional.*

Se procedió a realizar el abscisado a cada 100m por todo el ancho de la calzada, tomando como punto de inicio PR 00+0.00 (Intersección Avenida Monseñor

Leónidas Proaño y Canónigo Ramos) y tomando como punto final PR 1+520 (Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos), ya que los dos carriles son paralelos, se hizo el conteo total de las fallas que se encuentra dentro de la longitud de abscisado con el mismo punto de inicio y final.

Para posteriormente analizar, calificar, resumir y representar gráficamente un resumen en porcentaje las fallas de cada uno de los métodos de evaluación y finalmente con esto realizar una comparación entre los métodos que se aplicaron.




4.5.1. Evaluación visual método PAVER.

- Identificación de los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
- Cuantificar y calificar los tipos de fallas existentes en el carril derecho y en el carril izquierdo (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento), la intensidad de la falla, el nivel de severidad (Bajo, Mediano, Alto). La cantidad de la falla (medida o contada).
- Definir el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo a:
$$PCI = 100 - CDV.$$
- Siendo CDV el Valor de Deducción Corregido, el cual se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas.
- Establecer el valor de PCI para cada una de las secciones encuestadas.
- Finalmente se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo, en los dos sentidos de los tramos evaluados.
- Finalmente se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo, en los dos sentidos de los tramos evaluados.

A continuación se presenta con un ejemplo ilustrativo los formatos en los que se procesa y analiza los datos recopilados para aplicar el método Paver y complemento del mismo el cálculo del PCI.

Inspección del pavimento, identificación del tipo de falla y medición de su severidad y magnitud

Tabla 25. Evaluación por el Método Paver y Calificación de la Severidad.

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD									
VIA:		Av. Canónigo Ramos		CODIGO:			005 S		
FECHA:		27 de marzo de 2012		UNIDAD N°:			5		
HECHO POR:		Olga Calero		AREA DE LA MUESTRA:			1000 m2		
		Mayra Guamán							
TIPOS DE FALLAS									
1. Grieta Piel De Cocodrilo m2 2. Exudación De Asfalto m2 3. Grietas De Contracción (BLOQUE) m2 4. Elevaciones-Hundimiento m2 5. Corrugaciones m2 6. Depresiones m2 7. Grietas De Borde m2 8. Grietas De Reflexión De Juntas m2 9. Desnivel Calzada-Hombrillo m2 10. Grietas Longitudinales Y Transversales m2					11. Baches Y Zanjas Reparadas m2 12. Agregados Pulidos m2 13. Huecos N° 14. Cruce De Rieles m2 15. Ahuellamiento m2 16. Deformación Por Empuje m2 17. Grietas Deslizamiento m2 18. Hinchamiento m2 19. Disgregación Y Desintegración m2				
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
N°	GRAFICO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			AREA DE LA FALLA			% DE ÁREA
			L	M	H	L (m)	H (m)	A (m2)	
1		1			x	1.16	0.60	0.70	0.07%
2		1			x	1.70	0.90	1.53	0.15%
3		11			x	100.00	7.00	700.00	70.00%
SUBTOTAL 5									70.22%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

La información recolectada en cada una de las unidades de muestreo se presenta con más detalle en el *Anexo 2*.

Determinación y Cálculo del PCI

Determinación del “Valor de Deducción” para cada falla medida, a partir de su severidad, densidad y del gráfico correspondiente.

Cálculo de la densidad

La densidad de una falla en la muestra es indispensable para el cálculo del PCI de esa muestra y esta se calcula dependiendo de la medida en la que se tome la falla de las siguientes maneras:

1. La densidad de fallas medidas en unidades de área (pies² o m²) se calcula:

$$Densidad = \frac{\text{Área de la falla (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}}{\text{Área de la muestra (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}} \times 100$$

2. La densidad de fallas medidas en unidades de longitud (pies o metros) tales como fisuramientos varios, desnivel carril/espaldón, etc., se calcula:

$$Densidad = \frac{\text{Longitud de la falla (pies ó m)} \times 0.30 \text{ m (1 pie)}}{\text{Área de la muestra (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}} \times 100$$

Ancho de influencia representativo de la falla = 0.30 m = 1 pie

3. La densidad de fallas medidas en unidades (número) tal como baches, se calcula:

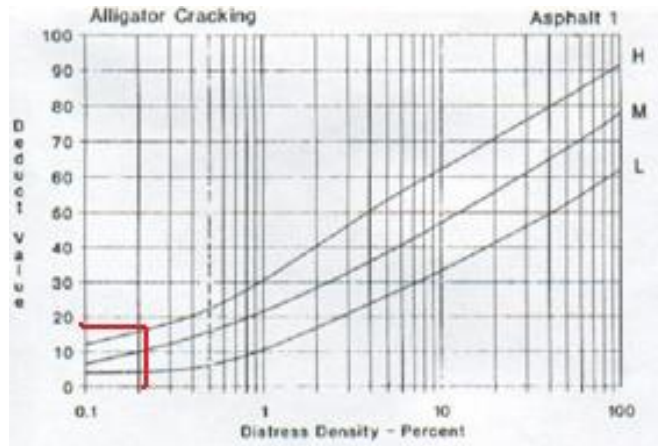
$$Densidad = \frac{\text{Número de baches}}{\text{Área de la muestra (pies}^2 \text{ ó m}^2\text{)}} \times 100$$

Calculo del valor de deducción.

El valor de deducción se calcula con la densidad, tipo de falla y severidad, basándose en las gráficas llamadas “VALOR DE DEDUCCIÓN” y existe una gráfica para cada tipo de falla (*ver Anexo 1*).

Calculada la densidad de las fallas se prosigue con la determinación del valor de deducción. En este caso tenemos que la densidad es 0.22% y con una severidad alta (H) por lo tanto se obtiene un valor de deducción de 18 y lo observamos a en el siguiente gráfico:

Gráfico 39: Valor de Deducción



Fuente: VÁQUEZ, Luis, ingepav. Universidad Nacional de Colombia

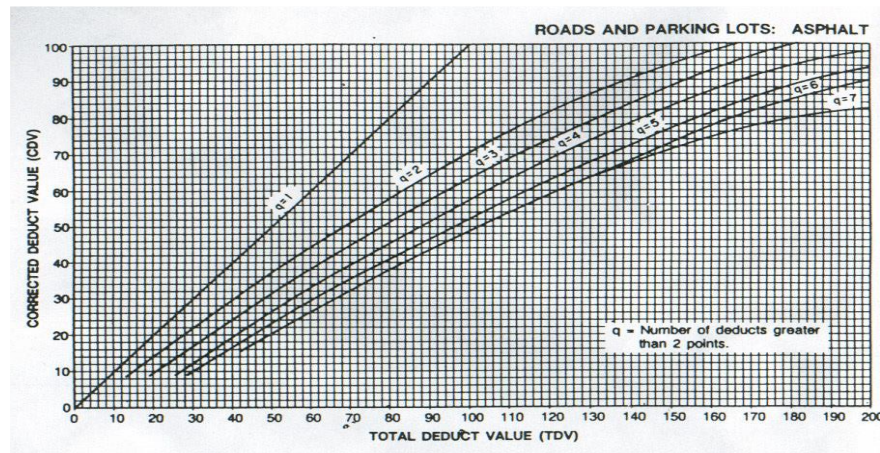
Cálculo del valor de deducción corregido (VDC).

El cálculo del valor de deducción corregido (VDC), se realiza en función del VDT (el valor de deducción total) y del número de valores de VDT que sean mayores que dos (2).

El valor de deducción total (VDT), es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla.

Encontrado o calculado el VDT, se identifica el Valor Total de Deducción, el mismo y con el gráfico del Valor de Deducción Corregida, se coloca el valor de VDT e intersecando con la curva correspondiente se obtiene el VDC, en el siguiente gráfico:

Gráfico 40: Valor Total De Deducción



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos Asfálticos

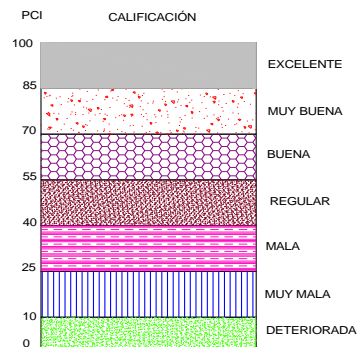
Cálculo del PCI.

Finalmente se realiza el cálculo del PCI, de la siguiente forma:

$$PCI = 100 - VDC$$

Con el valor del PCI calculado se procede a calificar la condición del pavimento considerando lo que a continuación se plantea.

Gráfico 41: Condición del pavimento.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Finalmente todos los calculos detallados anteriormente, para cada unidad de muestreo, se registran en el siguiente formato, y el registro de cada unidad de muestreo se puede observar en el *Anexo 2*:

Tabla 26. Condición del Pavimento por PCI

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD						
VIA:	Av. Canónigo Ramos		CODIGO:	005 S		
FECHA:	27 de marzo de 2012		UNIDAD N°:	5		
HECHO POR:	Olga Calero		AREA DE LA MUESTRA:	1000 m ²		
Mayra Guamán						
TIPOS DE FALLAS						
1. Grieta Piel De Cocodrilo m ²			11. Baches Y Zanjas Reparadas m ²			
2. Exudación De Asfalto m ²			12. Agregados Pulidos m ²			
3. Grietas De Contracción (BLOQUE) m ²			13. Huecos N°			
4. Elevaciones-Hundimiento m ²			14. Cruce De Rieles m ²			
5. Corrugaciones m ²			15. Ahuellamiento m ²			
6. Depresiones m ²			16. Deformación Por Empuje m ²			
7. Grietas De Borde m ²			17. Grietas Deslizamiento m ²			
8. Grietas De Reflexión De Juntas m ²			18. Hinchamiento m ²			
9. Desnivel Calzada-Hombrillo m ²			19. Disgregación Y Desintegración m ²			
10. Grietas Longitudinales Y Transversales m ²						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES						
	1	11	-	-	-	-
	1H	1H				
	1H					
BAJA (L)	0	0				
MEDIA (M)	0	0				
ALTA (H)	2	1				
CÁLCULO DEL PCI						
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	PCI= 100 – VDC	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	
1	0.00%	L	-	30	MALA	
	0.00%	M	-			
	0.22%	H	18			
11	0.00%	L	-			
	0.00%	M	-			
	70.00%	H	80			
-	0.00%	L	-			
	0.00%	M	-			
	0.00%	H	-			
-	0.00%	L	-			
	0.00%	M	-			
	0.00%	H	-			
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)			98			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)			70			

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

4.5.2. Evaluación Visual Método PASER.



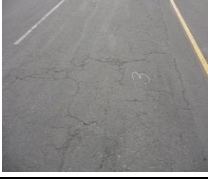
- Realizar un recorrido de la vía e identificar de los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
- Cuantificar y calificar los tipos de fallas existentes en el carril derecho y en el carril izquierdo (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento), la intensidad de la falla, el nivel de severidad (Bajo, Mediano, Alto).La cantidad de la falla (medida o contada).
- Valorar por el método PASER mediante la inspección visual y evaluar las condiciones de la superficie del pavimento, utilizando la Tabla 7. La valoración de la condición de la superficie del pavimento es con la siguiente escala que va de 10 (excelente) hasta una condición de 1 (fallado).
- Finalmente se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo, en los dos sentidos de los tramos evaluados.

Inspección del pavimento, determinación del número de fallas y áreas de cada sección de medición de PASER.

A continuación se presenta con un ejemplo ilustrativo la evaluación por el método PASER, de la inspección, identificación, el tipo de falla, medición, calificación y su magnitud de las unidades de muestreo.

Finalmente se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo, en los dos sentidos de los tramos evaluados ver *Anexo 3*.

Tabla 27. Método PASER, identificación, tipo de falla, medición, calificación y magnitud.

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU CALIFICACIÓN PASER Y MAGNITUD POR METODOLOGÍA PASER																	
VIA:		Av.Canónigo Ramos				CÓDIGO:		001 B									
FECHA:		04 de abril de 2012				UNIDAD N°:		1									
HECHO POR:		Olga Calero				ÁREA DE LA MUESTRA:		1000									
		Mayra Guamán															
TIPOS DE FALLAS							CALIFICACIÓN PASER										
1. Lleno de surcos 2. Distorsión 3. Grietas transversales 4. Grietas de reflexión 5. Grietas de resbalamiento 6. Grietas longitudinales 7. Grietas de bloque 8. Grietas de cocodrilo 9. Parches 10. Huecos							1. Fracasado 2. Muy Pobre 3. Pobre 4. Razonable 5. Razonable 6. Bueno 7. Bueno 8. Muy Bueno 9. Excelente 10. Excelente										
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																	
N°	GRAFICO	TIPO DE FALLA	CALIFICACIÓN PASER										ÁREA DE LA FALLA			% DE ÁREA AFECTADA	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	L(m)	H(m)	A(m2)		
1		8				X								18.80	3.50	65.80	6.58%
2		10						X						6.00	6.00	36.00	3.60%
3		8				X								18.70	6.00	112.20	11.22%
SUBTOTAL 1																214.00	21.40%

Realizado por: Mayra Guamán-Olga Calero.



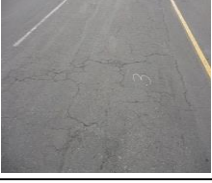
4.5.3. Evaluación Visual Método VIZIR.

Se procederá a valorar el índice que representa la degradación superficial de un pavimento por el método Vizir, que establece una distinción clara entre las fallas estructurales (A) y las fallas funcionales (B). Se utilizará la categoría B que caracterizan deterioros del tipo funcional, que generalmente tienen su origen en deficiencias constructivas y condiciones locales que el tránsito pone en evidencia. Utilizando el formato de la Tabla 10 a los tipos de deterioros se les asigna un número que representa la gravedad del problema.

- Realizar un recorrido de la vía e identificar de los tramos y secciones que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
- Cuantificar y calificar los tipos de fallas existentes en el carril derecho y en el carril izquierdo (señalando el No. de código de acuerdo al tipo de pavimento), la intensidad de la falla, el nivel de severidad (Bajo, Mediano, Alto). La cantidad de la falla (medida o contada).
- Valorar por el método VIZIR mediante la inspección visual y evaluar las condiciones de la superficie del pavimento, utilizando la Tabla 10. La valoración de la condición de la superficie del pavimento es con la siguiente escala que va de 7 hasta una condición de 1.
- Finalmente se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo, en los dos sentidos de los tramos evaluados.

A continuación se presenta con un ejemplo el procesamiento de daños de la metodología VIZIR, utilizando el siguiente formato, toda la evaluación de cada una de las unidades de muestreo se presentan en el *Anexo 4*.

Tabla 28. Método VIZIR, identificación, tipo de falla, severidad, calificación y magnitud.

INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD MÉTODO VIZIR															
VIA:		Av. Canónigo Ramos					CODIGO:		001 B						
FECHA:		09 de abril de 2012					UNIDAD N°:		1						
HECHO POR:		Olga Calero Mayra Guamán					AREA DE LA MUESTRA:		1000 m2						
TIPOS DE FALLAS															
1. Grieta Piel De Cocodrilo m2 2. Exudación De Asfalto m2 3. Grietas De Contracción (BLOQUE) m2 4. Elevaciones-Hundimiento m2 5. Corrugaciones m2 6. Depresiones m2 7. Grietas De Borde m2 8. Grietas De Reflexión De Juntas m2 9. Desnivel Calzada-Hombriño m2 10. Grietas Longitudinales Y Transversales m2							11. Baches Y Zanjas Reparadas m2 12. Agregados Pulidos m2 13. Huecos N° 14. Cruce De Rieles m2 15. Ahuellamiento m2 16. Deformación Por Empuje m2 17. Grietas Deslizamiento m2 18. Hinchamiento m2 19. Disgregación Y Desintegración m2								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES															
N°	GRAFICO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD							AREA DE LA FALLA			% DE ÁREA AFECTADA		
			1	2	3	4	5	6	7	L	H	A			
1		1							X			18.80	3.50	65.80	6.58%
2		10							X			6.00	6.00	36.00	3.60%
3		1							X			18.70	6.00	112.20	11.22%
SUBTOTAL 1													214.00	21.40%	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

4.5.4. Conteo Vehicular (TPDA)

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio circula y se ha obtenido por observaciones durante una semana.

Se determinó la ubicación de dos estaciones de registro de vehículos en los siguientes sitios: Intersección Avenida Monseñor Leónidas Proaño y Canónigo Ramos y en la Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos.

Tabla 29. Estaciones De Registro De Los Vehículos

ESTACIÓN	TRAMO	UBICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACIÓN
1	Intersección Avenida Monseñor Leónidas Proaño y Canónigo Ramos	Barrio 24 de Mayo (Km. 0.00)	09 de Abril del 2012	15 de Abril del 2012
2	Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos	Los Álamos (Km. 1.520)	09 de Abril del 2012	15 de Abril del 2012

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Se realizó un conteo vehicular en las ubicaciones antes mencionadas; para determinar el número y tipo de transporte que circula por esta vía, el período por el que se hizo el conteo es de 06h00 a 18h00 durante los 7 días de la semana, empezando el día lunes 09 de abril del 2012 hasta el día domingo 15 de abril del 2012; para cada carril (bajada y subida).

Se proceso la información en periodos de doce horas para cada dirección de movimiento y día. En cada reporte se registró la composición de los flujos del tráfico.

Conteo Visual del Flujo Vehicular

Por razones de tiempo y dinero se realiza el conteo vehicular de forma visual, siendo esta una medición en la que no solo se obtiene el total de vehículos que circulan por el punto sino que se obtiene un conteo clasificado.

Se trata de la contabilización del número de cada tipo de vehículo que pasa por las estaciones determinadas durante el tiempo de medición, para ello se utiliza el formato presentado en la Tabla 14.

4.5.4.1. Cálculo del T.P.D.A.

Luego de haber realizado el conteo vehicular visual se procede a realizar el cálculo del valor del TPDA y de sus componentes, para ello se realizó el siguiente procedimiento y tomando en consideración las características propias de la vía en estudio.

$$TPDA = TPDA_{Futuro} + Tráfico Atraído + Tráfico Generado + Tráfico por Desarrollo$$

1. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas estima que la tasa de crecimiento vehicular en el Ecuador, para nuestro proyecto vamos a determinar el tráfico futuro con los promedios del índice de crecimiento por tipos.

Tabla 30. Tasa de Crecimiento Vehicular para Chimborazo

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR POR TIPOS			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010 – 2015	3.87	1.32	3.27
2016 - 2020	4.17	2.94	2.59
2021 - 2025	4.17	2.94	2.59
2026 - 2030	4.17	2.94	2.59

Fuente: Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

2. TRÁFICO FUTURO

Es el T.P.D.A. proyectado al número de años de la vida útil de la vía, en este caso será un periodo de diseño de 20 años. Entonces con el estudio de tráfico realizado se puede estimar el tráfico futuro, para a un determinado período de diseño, a este hay que añadir el tráfico por razones de ahorro de tiempo, menor costo de operación y distancia.

$$TPDA_{FUTURO} = TPDA_{actual} \times (1+i)^n$$

Donde:

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años)

2.1. TRÁFICO FUTURO EN NUESTRO PROYECTO:

Tabla 31. (Estación 1) Datos para el cálculo del tráfico futuro.

TIPO DE VEHICULO	TPDA ACTUAL	UNIDAD
Livianos (L-1,L-2,L-3,B-1)	8861	Vehículo/Día
Buses (B2)	433	Vehículo/Día
Camiones (2D - A , 2D - A)	527	Vehículo/Día
Índice de crecimiento anual (livianos)	Ver la tabla 30.de las tasas de crecimiento vehicular.	
Índice de crecimiento anual (Buses)		
Índice de crecimiento anual (Camiones)		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tráfico Futuro para diez años:

Periodode diseño= 10 años

$$\text{TráficoFuturo} = \text{TPDA Actual}(1+i)^n$$

$$\text{TráficoFuturo} = 8861(1+0.0344)^{10} + 433(1+0.0117)^{10} + 527(1+0.029)^{10}$$

$$\text{TráficoFuturo} = 13614 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{dia}} \right)$$

Tráfico Futuro para veinte años:

Periodode diseño= 20 años

$$\text{TráficoFuturo} = \text{TPDA Actual}(1+i)^n$$

$$\text{TráficoFuturo} = 8861(1+0.0282)^{20} + 433(1+0.0096)^{20} + 527(1+0.0235)^{20}$$

$$\text{TráficoFuturo} = 16816 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{dia}} \right)$$

Tabla 32. (Estación 2)Tabla de datos para el cálculo del tráfico futuro.

TIPO DE VEHICULO	TPDA ACTUAL	UNIDAD
Livianos (L-1,L-2,L-3,B-1)	16785	Vehículo/Día
Buses (B2)	531	Vehículo/Día
Camiones (2D - A , 2D - A)	702	Vehículo/Día
Índice de crecimiento anual (livianos)	Ver la tabla 30.de las tasas de crecimiento vehicular.	
Índice de crecimiento anual (Buses)		
Índice de crecimiento anual (Camiones)		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tráfico Futuro para diez años:

Periodo de diseño = 10 años

$$\text{Tráfico Futuro} = \text{TPDA Actual} (1+i)^n$$

$$\text{Tráfico Futuro} = 16785(1+0.0344)^{10} + 531(1+0.0117)^{10} + 702(1+0.029)^{10}$$

$$\text{Tráfico Futuro} = 25072 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Tráfico Futuro para veinte años:

Periodo de diseño = 20 años

$$\text{Tráfico Futuro} = \text{TPDA Actual} (1+i)^n$$

$$\text{Tráfico Futuro} = 16785(1+0.0344)^{20} + 531(1+0.0096)^{20} + 702(1+0.0235)^{20}$$

$$\text{Tráfico Futuro} = 31035 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Detallamos a continuación el cálculo de cada uno de los componentes de la fórmula del TPDA del proyecto.

1. TRÁFICO ATRAÍDO

Es el tráfico desviado y varia del 10% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

Estación 1.

$$\text{Tráfico Atraído} = \text{TPDA Actual} \times 25\%$$

$$\text{Tráfico Atraído} = 9821 \times 0.25 = 2455.18\%$$

$$\text{Tráfico Atraído} = 2455 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Estación 2.

$$\text{Tráfico Atraído} = \text{TPDA Actual} \times 25\%$$

$$\text{Tráfico Atraído} = 18019 \times 0.25 = 4504.71\%$$

$$\text{Tráfico Atraído} = 4505 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

2. TRÁFICO GENERADO

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, de ninguna manera es mayor al 20% del TPDA actual. Este tráfico es acarreado por el mejoramiento de la vía, el cual se unen al tráfico actual y se producen durante los primeros 2 ó 3 años de la vida útil de la vía.

Estación 1.

$$\text{Tráfico Generado} = \text{TPDA Actual} \times 20\%$$

$$\text{Tráfico Generado} = 9821 \times 0.20\% = 1964.14\%$$

$$\text{Tráfico Generado} = 1964 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Estación 2.

$$\text{Tráfico Generado} = \text{TPDA Actual} \times 20\%$$

$$\text{Tráfico Generado} = 18019 \times 0.20\% = 3603.77\%$$

$$\text{Tráfico Generado} = 3604 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

3. TRÁFICO POR DESARROLLO

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Básicamente este sector se trata de una de las arterias viales importantes para el descongestionamiento vehicular, y alivianar el tráfico vehicular en las entradas y salidas de los vehículos que ingresan y salen de la ciudad de Riobamba, además se considera la ubicación a futuro del Terminal vehicular a este sector.

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = (5\% - 7\%) * (\# \text{ de Vehículos de desarrollo})$$

Estación 1

Actualmente salen vehículos cargados = 9294 Vehículos

Adoptamos el 7% para garantizar el incremento que podría generarse.

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 9294 \times 0.07$$

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 650.60$$

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 651 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Estación 2

Actualmente salen vehículos cargados = 9294 Vehículos

Adoptamos el 7% para garantizar el incremento que podría generarse.

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 17316 \times 0.07$$

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 1212.2$$

$$\text{Tráfico por Desarrollo} = 1212 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Cálculo del TPDA del proyecto

Luego de haber realizado el cálculo de los componentes de la fórmula del TPDA reemplazamos y obtenemos:

Estación 1.

$$TPDA_{proyecto} = TPDA_{Futuro} + Tráfico\ Atraído + Tráfico\ Generado + Tráfico\ por\ Desarrollo$$

$$TPDA_{proyecto} = 16816 + 2455 + 1964 + 651$$

$$TPDA_{proyecto} = 18684 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Estación 2.

$$TPDA_{proyecto} = TPDA_{Futuro} + Tráfico\ Atraído + Tráfico\ Generado + Tráfico\ por\ Desarrollo$$

$$TPDA_{proyecto} = 31035 + 4505 + 3604 + 1212$$

$$TPDA_{proyecto} = 35043 \left(\frac{\text{Vehículos}}{\text{día}} \right)$$

Con los resultados obtenidos del cálculo del tráfico diario y determinado los parámetros para el cálculo del TPDA del proyecto, éste corresponde a un **TPDA_{actual} = 18019** (Vehículo/día) y **TPDA_{proyecto} = 35043** (Vehículo/día).

4.5.4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Con **TPDA_{proyecto} = 35043** (Vehículo/día) corresponde a una vía **R-I o R-II (Corredor Arterial o autopista)** correspondientemente a las normas establecidas por el MTOP, que se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 33. Tipo De Carreteras

CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO T.P.D.A.
R-I o R-II	Más de 8000 vehículos
I	De 3000 a 8000 vehículos
II	De 1000 a 3000 vehículos
III	De 300 a 1000 vehículos
IV	De 100 a 300 vehículos
V	Menos de 100 vehículos
T.P.D.A. es el Volumen del Tráfico Promedio Diario Anual	

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP.

Tabla 34. Tipo De Jerarquía

FUNCIÓN	CLASES DE CARRETERAS	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	> 8000
COLECTORA	I	3000-8000
	II	1000-3000
	III	300-1000
VECINAL	IV	100- 300
	V	<100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP.

4.5.4.3. VELOCIDAD DE DISEÑO

Se escoge para diseñar la vía, se caracteriza por ser la máxima velocidad que circulan los vehículos en condiciones de seguridad. Una vez seleccionada la velocidad de diseño, todos los elementos deberán relacionarse con ella para obtener un diseño equilibrado.

Se deberá tomar en cuenta para escoger la velocidad de diseño a:

1. Tipo de terreno.
2. Orden de vía.
3. Volumen de tráfico.

En nuestro proyecto tenemos que la velocidad de diseño es de 120 K.P.H, como podemos observa en la siguiente tabla:

Tabla 35. Velocidades de diseño.

VELOCIDADES DE DISEÑO ADOPTADAS POR MTOP EN K.P.H.						
TIPO	RECOMENDABLE			ABSOLUTAS		
	L	M	O	L	M	O
R1 o R2 TPDA > 8000	120	90	110	110	80	90
I 3000 - 8000 TPDA	110	80	100	100	60	80
II 1000 - 3000 TPDA	100	70	90	90	50	80
III 300 - 1000 TPDA	90	60	80	80	40	60
IV 100 – 300 TPDA	80	50	60	60	25	35
V < 100 TPDA	60	40	50	50	25	35

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

Tabla 36. Valores de diseño recomendados para carretera.

NORMAS	CLASE I 3000 – 8000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1000-3000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300-1000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100-300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾								
	RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA			RECOMENDABLE			ABOLUTA					
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25	60	50	40	50	35	25			
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20			
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	41	55	35	25			
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	585	690	585	415	690	640	490	640	585	345	640	585	415	585	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110			
Peralte	MÁXIMO = 10 %																		10% (Para V > 50 KPH) 8%(Para V < 50 KPH)														
Coefficiente "K" para: ²																																	
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2			
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3			
Longitudinal ³ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14			
Gradiente Longitudinal ⁴ mínima (%)	0.50 %																																
Ancho de pavimento (m)	7.30			7.30			7.00			6.70			6.70			6.00			6.00						4 ⁽⁸⁾								
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B. Capa granular o empedrado						Capa granular o empedrado								
Ancho de espaldones ⁵ estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	0.6 (C.V. Tipo 6 y 7)									-					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0						2.0						2.4 (C.V. Tipo 6 y 7)						4.0								
	2.0 ⁽⁶⁾ - 4.0						2.0 – 4.0						2.0 – 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5 E)														
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 ⁽⁶⁾ - 4.0						2.0 – 4.0						2.0 – 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5 E)						-								
Curva de transición	ÚSENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																
Puentes	Carga de diseño	H.S. – 20 – 44: HS – MOP: HS – 25																															
	Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSIÓN DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																															
	Ancho de aceras (m) ⁽⁷⁾	0.50 m mínimo a cada lado																															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha les																																

LL= TERRENO PLANO O= TERRENO ONDULADO M= TERRENO MONTAÑOSO

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP - MTO Anexos 2-R.

4.5.4.4. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

La velocidad de circulación según la AASHTO (American Association of State Higways Officials) se la puede determinar mediante las siguientes expresiones, dependiendo del tráfico existente en el proyecto:

Tabla 37. Velocidades de Diseño

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	
TPDA	Vc
< 1000	$0.8Vd + 6.5$
1000-3000	$1.32Vd^{0.89}$
> 3000	Vd

Fuente: Cuaderno de Ingeniería Vial cuarto curso Unach

En donde:

Vc = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

Vd . = Velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

En nuestro proyecto:

T.P.D.A. = 18019 Vehículos / día

Donde la velocidad de circulación actual es igual a la velocidad de diseño.

4.5.5. RECOPIACIÓN DE MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO.

Las muestras se recogieron separadamente de base y sub-base, para realizar los ensayos respectivos en el laboratorio.

4.5.5.1. ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO.

Se procedió a realizar los ensayos pertinentes en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOB), los mismos que se enlistan a continuación:

- CONTENIDO DE HUMEDAD
- ABRASIÓN.
- GRANULOMETRÍA.
- COMPACTACIÓN.
- CBR.
- PELADURA.
- DENSIDAD DE NÚCLEOS DE ASFALTO CON PARAFINA.

Para cada uno de los ensayos mencionados anteriormente se realizó un informe respectivo en el que se detallan las técnicas, instrumentos, procesos y análisis de los datos y resultados obtenidos, cada uno de ellos se presenta en el Anexo 6. Informes de Laboratorio, es por eso que no se presentan nuevamente en este punto.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS.

Luego de finalizar la estructuración de los datos recopilados en el campo para la evaluación funcional, se continúa con los resultados que son los diagnósticos para cada uno de los tramos (2) teniendo en cuenta las distintas metodologías empleadas, siendo estas el método PAVER-PCI, PASER y VIZIR, los cuales contribuyeron a dar una calificación al estado actual de la vía.

Como segunda fase se realiza la evaluación estructural del pavimento, como herramientas de evaluación se aplicó los siguientes ensayos del material de Base y Subbase: Contenido de Humedad, Abrasión, Granulometría, Compactación, CBR, Peladura.

Para la calificación de la condición de la carpeta asfáltica se extrajo núcleos para los Ensayos de Densidad, Compactación, espesores utilizados en la carpeta asfáltica.

Con el procesamiento y análisis de los datos arrojados en la evaluación funcional y estructural de la Avenida Canónigo Ramos se realizará conclusiones y recomendaciones del trabajo efectuado.

5.1 Evaluación del Tramo I: Pavimento Flexible, desde la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pas a la Avenida 11 de Noviembre (0+000 – 1.420 + 100).

5.1.1 Evaluación de la condición de superficies de rodadura.

En esta investigación se realizó el inventario de los tipos de daño, severidad y calificación de la carpeta de rodadura según el método aplicado, la longitud total evaluada suman 3040 m distribuidos de la siguiente manera:

Tramo I: Pavimento Flexible, desde la Avenida Monseñor Leónidas Proaño a la Avenida 11 de Noviembre (0+0.00 – 1.420 + 100).

Tramo II: Pavimento Flexible, desde la Avenida 11 de Noviembre a la Avenida Monseñor Leónidas Proaño (1.420 + 100 – 0+0.00).

Luego de realizar un inventario de los daños registrados en la zona de estudio, se registraron 32 unidades de muestreo (16 unidades en cada tramo) la unidad de muestreo tiene como longitud 100 m y un ancho de 10 m para así poder realizar la evaluación funcional, tomando en consideración la evaluación total de la vía.

a. Evaluación de la superficie de rodadura por el método Paver - PCI.

En este tramo se registraron 16 unidades de muestreo, presentándose lo siguientes tipos de daño:

Tabla 38. Daños Tramo 1 por Paver – PCI.

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD DE DAÑO			ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	L	M	H			
Grieta Piel de Cocodrilo		1292.78	2006.29	3299.07	21.76%	57.72%
Grietas de Contracción (BLOQUE)	71.16	264.92	198.18	534.26	3.52%	9.35%
Grietas Longitudinales y Transversales	79.81	514.74	450.71	1045.26	6.89%	18.29%
Baches y Zanjas Reparadas		102.63	728.06	830.68	5.48%	14.53%
Huecos			3.40	3.40	0.02%	0.06%
Grietas Deslizamiento		1.90		1.90	0.01%	0.03%
Disgregación y Desintegración			0.85	0.85	0.01%	0.01%
TOTAL				5715.43	37.70%	100.00%

Realizado por: Olga Calero- Mayra Guamán.

Se puede notar aquí, que el tipo de daño que ocupa mayor porcentaje de área es la Grieta Piel de Cocodrilo con un 57.72%, seguido de Grietas Longitudinales y Transversales con un 18.29%, no muy lejos están los Baches y Zanjas Reparadas con un 14.53% y las grietas de Contracción (Bloque) con un 9.35%; en menor proporción se presentaron Huecos, Grietas de deslizamiento, Disgregación y Desintegración.

La columna donde se encuentra el porcentaje de Tipo de daño representa la cantidad que ocupa sobre la totalidad de los daños.

b. Resumen de las unidades de muestreo y su condición.

Luego de aplicar la metodología PCI y obtener la clasificación de los daños encontrados, se obtuvo una tabla de resumen, donde se puede apreciar mejor las unidades de muestreo y su estado.

Tabla 39. TRAMO1: Calificación por metodología PCI para cada unidad de muestreo.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

MÉTODO PCI

VIA:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	CODIGO:	<u>SUBIDA</u>
FECHA:	<u>27 de marzo de 2012</u>	UNIDAD N°:	<u>SUBIDA</u>
HECHO POR:	<u>Olga Calero</u>	LONGITUD DE LA VIA:	<u>1520m</u>
	<u>Mayra Guamán</u>		

TRAMO	VIA		VDT	VDC	PCI	CONDICIÓN	
	ANCHO (m)	LARGO (m)					
k+0.00+0.20	8	20	124.18	100.0	0.00	DETERIORADA	
k+0.2+100	10	100	163.53	74.80	25.20	MALA	
k+0.120+100	10	100	124.81	70.65	29.35	MALA	
k+0.220+100	10	100	143.85	70.00	30.00	MALA	
k+0.320+100	10	100	98.00	70.00	30.00	MALA	
k+0.420+100	10	100	72.71	73.24	26.76	MALA	
k+0.520+100	10	100	72.71	73.24	26.76	MALA	
k+0.620+100	10	100	91.97	65.76	34.24	MALA	
k+0.720+100	10	100	88.96	64.70	35.30	MALA	
k+0.820+100	10	100	176.96	97.45	2.55	DETERIORADA	
k+0.920+100	10	100	186.41	86.02	13.98	MUY MALA	
k+1.020+100	10	100	80.57	55.06	44.94	REGULAR	
k+1.120+100	10	100	12.19	9.02	90.98	EXCELENTE	
k+1.220+100	10	100	28.40	16.20	83.80	MUY BUENA	
k+1.320+100	10	100	33.40	12.20	87.80	EXCELENTE	
k+1.420+100	10	100	127.64	72.45	27.55	MALA	
PROMEDIO					36.83	MALA	

PCI CALIFICACIÓN

100 EXCELENTE
85 MUY BUENA
70 BUENA
55 REGULAR
40 MALA
25 MUY MALA
10 DETERIORADA
0

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

En la Tabla 38 presentada se puede observar en detalle la calificación y la condición para cada unidad de muestreo realizada en el Tramo 1, según el PCI, además del

promedio de todo el tramo en general que tiene una calificación de **36,83** dando así una condición MALA.

c. Estado de daños y porcentaje de cada unidad de muestreo.

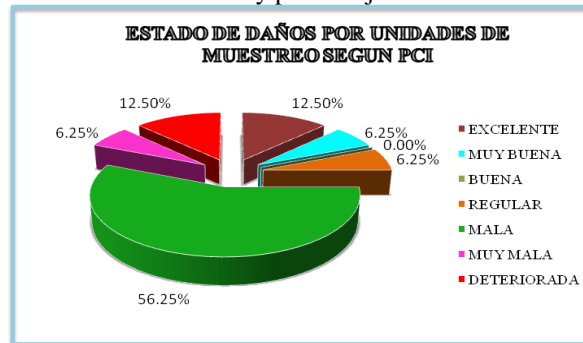
Tabla 40. TRAMO 1: Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo.

ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN PCI TRAMO 1			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
EXCELENTE	2	200	12.50%
MUY BUENA	1	100	6.25%
BUENA	0	0	0.00%
REGULAR	1	100	6.25%
MALA	9	900	56.25%
MUY MALA	1	100	6.25%
DETERIORADA	2	120	12.50%
TOTAL	16	1520	100.00%
PROMEDIO	MALA	36.83	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

d. Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo.

Gráfico 42. TRAMO 1: Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En la Tabla 40 se muestra un resumen del estado de daños por unidades de muestreo según PCI y haciendo un promedio de todo el tramo en general, se puede decir que el Tramo 1 se encuentra en un **ESTADO MALO**, en la Gráfica 42 se observa detalladamente que el 56.25% de las unidades de muestreo se encuentran en condición MALA con una longitud de 900 m, un 12.50 % están en condición EXCELENTE con una longitud de 200m, con el mismo porcentaje tenemos una condición DETERIORADA con una longitud aproximada de 120m, pero también se puede observar que las condiciones MUY BUENA, REGULAR Y MUY MALA tienen un porcentaje 6.25% y longitud de 100 m cada una.

5.1.2 Evaluación de la superficie de rodadura por el método PASER.

Para este tramo se registraron 16 unidades de muestreo, presentándose lo siguientes tipos de daño:

Tabla 41. TRAMO I: Daños por unidad de muestreo método PASER.

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD DE DAÑO										ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Llena de surcos		285.60									285.60	1.88%	5.00%
Grietas transversales						7.40					7.40	0.05%	0.13%
Grietas de reflexión			73.50								73.50	0.48%	1.29%
Grietas de resbalamiento	8.78	47.60			1.90						58.28	0.38%	1.02%
Grietas longitudinales		56.51	392.55	446.80	47.03	17.47					960.36	6.33%	16.80%
Grietas de bloque		134.62	1629.35	49.82	117.74						1931.54	12.74%	33.80%
Grietas de cocodrilo	0.85	1145.51	375.36	15.47		20.75					1557.94	10.28%	27.26%
Parches		17.92	703.02	102.48	13.13	0.86					837.40	5.52%	14.65%
Huecos	3.40										3.40	0.02%	0.06%
TOTAL											5715.43	32.15%	100.00%

Realizado por: Olga Calero-Mayra Guamán.

Se observa en la metodología PASER el tipo de daño que ocupa mayor porcentaje de área es las Grietas de Bloque con un **33.80 %**, seguido de las Grietas piel de cocodrilo con un 27.26%, no muy lejos están las Grietas Longitudinales con un 16.80% y lo con un 14.65% los Parches, en menores porcentajes los daños siguientes: Llena de surcos, Grietas Transversales, Grietas de reflexión, Grietas de resbalamiento y huecos.

a. Detalle de clasificación en el Tramo 1.

Ahora, a modo comparativo se muestra una tabla del detalle de la clasificación del Tramo 1 aplicando el método PASER:

Tabla 42. TRAMO 1: Clasificación según PASER

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

MÉTODO PASER

VIA:	Av.Canónigo Ramos	CODIGO:	Subida
FECHA:	04 de abril de 2012	UNIDAD N°:	Subida
HECHO POR:	Olga Calero	LONGITUD DE LA VIA:	1520m
	Mayra Guamán		

TRAMO	VIA		CALIFICACIÓN	CONDICIÓN
	ANCHO	LARGO		
k+0.00+0.20	8	20	3.5	POBRE
k+0.2+100	10	100	4.08	RAZONABLE
k+0.120+100	10	100	2.64	MUY POBRE
k+0.220+100	10	100	3.08	POBRE
k+0.320+100	10	100	2.33	MUY POBRE
k+0.420+100	10	100	3	POBRE
k+0.520+100	10	100	3	POBRE
k+0.620+100	10	100	2.67	MUY POBRE
k+0.720+100	10	100	2.33	MUY POBRE
k+0.820+100	10	100	3	POBRE
k+0.920+100	10	100	2.56	MUY POBRE
k+1.020+100	10	100	3.67	POBRE
k+1.120+100	10	100	4.33	RAZONABLE
k+1.220+100	10	100	3.43	POBRE
k+1.320+100	10	100	4.75	RAZONABLE
k+1.420+100	10	100	4	RAZONABLE
PROMEDIO			3.44	POBRE

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Basado en esta tabla se puede hacer entonces un resumen de los daños encontrados y clasificados según la Metodología PASER:

b. Estado de las unidades de muestreo.

Tabla 43. TRAMO I. Estado de las unidades de muestreo método PASER.

ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN PASER TRAMO I			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
FRACASADO	-	-	0.00%
MUY POBRE	5	500	31.25%
POBRE	7	620	43.75%
RAZONABLE	4	400	25.00%
RAZONABLE	-	-	0.00%
BUENO	-	-	0.00%
BUENO	-	-	0.00%
MUY BUENO	-	-	0.00%
EXCELENTE	-	-	0.00%
EXCELENTE	-	-	0.00%
TOTAL	16	1520	75.00%
PROMEDIO	POBRE	3.44	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

c. Estado de daños por unidad de muestreo.

Gráfico 43. TRAMO 1 Estado de las unidades de muestreo



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Se puede apreciar en la *Tabla 43* que el **43.75%** de las unidades de muestreo con una longitud de 620m se encuentra en un estado POBRE, seguido por un **31.25 %** que se encuentra en estado muy pobre y de longitud 500m y el **25%** restante presenta un estado razonable. Estos estados se pueden apreciar de mejor manera en la *Gráfica 43*.

5.1.3 Evaluación de la superficie de rodadura por el método VIZIR.

Se registraron 16 unidades de muestreo en este tramo, y se presentan los tipos de daño de la siguiente manera:

a. Tipos y condición de daños.

Tabla 44 . TRAMO 1. Daños según VIZIR

TIPO DE DAÑO	CONDICIÓN DE DAÑO			ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE			
Grieta Piel de Cocodrilo	-	225.47	3073.60	3299.07	21.76%	57.72%
Grietas de Contracción (BLOQUE)	-	203.55	330.71	534.26	3.52%	9.35%
Grietas Longitudinales y Transversales	-	509.38	618.16	1127.54	7.44%	19.73%
Baches y Zanjas Reparadas	-	19.17	729.24	748.40	4.94%	13.09%
Huecos			3.40	3.40	0.02%	0.06%
Grietas Deslizamiento		-	1.90	1.90	0.01%	0.03%
Disgregación y Desintegración			0.85	0.85	0.01%	0.01%
TOTAL				5715.43	37.70%	100.00%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Se observa en la metodología **VIZIR** que el tipo de daño que ocupa el mayor porcentaje de áreas es la Grieta Piel de Cocodrilo con un **57.72%**, seguido de las Grietas Longitudinales y Transversales con un **19.73 %**, en tercer lugar los Baches y

zanjas reparadas con un **13.09%** y no muy lejos de este las Grietas de contracción (BLOQUE) con un **9.35%**, con porcentajes de menor cuantía los huecos, grietas de deslizamiento, Disgregación y Desintegración.

b. Resumen de la inspección y calificación.

Tabla 45. Calificación según VIZIR

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

MÉTODO VIZIR

VIA:	Av. Canónigo Ramos	CODIGO:	Subida
FECHA:	09 de abril de 2012	UNIDAD N°:	Subida
HECHO POR:	Olga Calero	LONGITUD DE LA VIA:	1520m
	Mayra Guamán		

TRAMO	VIA		CALIFICACIÓN	CONDICIÓN
	ANCHO	LARGO		
k+0.00+0.20	8	20	5.50	DEFICIENTE
k+0.2+100	10	100	4.92	REGULAR
k+0.120+100	10	100	5.91	DEFICIENTE
k+0.220+100	10	100	5.00	DEFICIENTE
k+0.320+100	10	100	7.00	DEFICIENTE
k+0.420+100	10	100	6.00	DEFICIENTE
k+0.520+100	10	100	6.00	DEFICIENTE
k+0.620+100	10	100	6.00	DEFICIENTE
k+0.720+100	10	100	6.67	DEFICIENTE
k+0.820+100	10	100	5.50	DEFICIENTE
k+0.920+100	10	100	5.56	DEFICIENTE
k+1.020+100	10	100	4.50	REGULAR
k+1.120+100	10	100	4.83	REGULAR
k+1.220+100	10	100	5.00	DEFICIENTE
k+1.320+100	10	100	4.50	REGULAR
k+1.420+100	10	100	5.00	DEFICIENTE
PROMEDIO			5.25	DEFICIENTE

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

c. Resumen del estado de daños y porcentajes de cada unidad de muestreo.

En base a la Tabla 45, se puede hacer entonces un resumen de los daños encontrados y clasificados según la metodología de evaluación funcional VIZIR así:

Tabla 46: Estado de las unidades de muestreo VIZIR.

ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN VIZIR TRAMO I			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
BUENO	0	0	0.00%
REGULAR	4	400	31.25%
DEFICIENTE	12	1120	68.75%
TOTAL	16	1520	100.00%
PROMEDIO	DEFICIENTE	5.25	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

d. Estado de daños por unidad de muestreo.

Gráfico 44. Estado de daño por unidades de muestreo según metodología VIZIR.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En la tabla 46 y en la gráfica 44 se puede apreciar que el **68.75%** de las unidades de muestreo, con un longitud de 1020m se encuentran en un estado Deficiente y un 31.25% presentan un estado Regular que corresponde a una longitud de 500m.

TRAMO II: Pavimento Flexible, desde la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pass a la Avenida 11 de Noviembre (1.420 + 100 – 0+000).

5.1.4 Evaluación de la Superficie de Rodadura POR PCI.

Este tramo presenta 16 unidades de muestreo, donde se pudieron observar los siguientes daños:

a. Evaluación de la superficie de rodadura por el método Paver - PCI.

Tabla 47. Daños Tramo II por Método PAVER – PCI.

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD DE DAÑO			ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	L	M	H			
Grieta Piel De Cocodrilo	93.55	647.58	1872.53	2613.66	17.24%	58.66%
Exudación De Asfalto	-	-	266.00	266.00	1.75%	5.97%
Elevaciones-Hundimiento	-	-	32.30	32.30	0.21%	0.72%
Grietas De Borde	62.81	89.13	135.66	287.60	1.90%	6.46%
Grietas Longitudinales Y Transversales	7.68	324.42	741.85	1073.95	7.08%	24.10%
Baches Y Zanjas Reparadas	0.40	18.07	125.54	144.01	0.95%	3.23%
Disgregación Y Desintegración	5.44	-	32.43	37.87	0.25%	0.85%
TOTAL				4455.37	29.39%	100.00%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

En la presente tabla se puede observar que de las 16 muestras estudiadas con un **29.39%** presentaron daños significativos, entre los cuales la Grieta Piel de Cocodrilo fue la que presentó el mayor porcentaje de afección con un **58.66%**, seguido de las grietas longitudinales y transversales con un **24.10%** a continuación están las grietas

de borde con un **6.46%**, no muy lejana de esta está el daño por Exudación del asfalto con un **5.97%** y en menor proporción están las fallas: Elevaciones-Hundimiento, Baches y Zanjas Reparadas, disgregación y desintegración.

La columna donde se encuentra el porcentaje de Tipo de Daño representa la cantidad que ocupa sobre la totalidad de los daños.

b. Resumen de las unidades de muestreo y su condición.

En la siguiente tabla se puede observar todos los daños que se presentaron en este tramo:

Tabla 48. Clasificación de los daños por PCI.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD						
MÉTODO PCI						
VIA:		Av. Canónigo Ramos		CODIGO:		Bajada
FECHA:		27 de marzo de 2012		UNIDAD N°:		Bajada
HECHO POR:		Olga Calero Mayra Guamán		LONGITUD DE LA VIA:		1520m
TRAMO	VIA		VDT	VDC	PCI	CONDICIÓN
	ANCHO	LARGO				
k+0.00+0.20	8	20	130.06	79.20	20.80	MUY MALA
k+0.2+100	10	100	68.00	45.00	55.00	BUENA
k+0.120+100	10	100	162.63	61.00	39.00	MALA
k+0.220+100	10	100	42.50	29.00	71.00	MUY BUENA
k+0.320+100	10	100	155.70	88.00	12.00	MUY MALA
k+0.420+100	10	100	111.40	56.00	44.00	REGULAR
k+0.520+100	10	100	146.10	78.00	22.00	MUY MALA
k+0.620+100	10	100	69.00	61.00	39.00	MALA
k+0.720+100	10	100	109.80	68.00	32.00	MALA
k+0.820+100	10	100	204.90	90.00	10.00	DETERIORADO
k+0.920+100	10	100	60.00	33.00	67.00	BUENA
k+1.020+100	10	100	68.10	50.00	50.00	REGULAR
k+1.120+100	10	100	16.70	12.00	88.00	EXCELENTE
k+1.220+100	10	100	199.00	80.00	20.00	MUY MALA

k+1.320+100	10	100	50.80	31.21	68.79	BUENA
k+1.420+100	10	100	123.32	49.59	50.41	REGULAR
PROMEDIO					43.06	REGULAR

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

En la *Tabla 48* se presenta la calificación que recibe cada una de las unidades de muestreo aplicando la metodología PCI para Pavimento Flexible, dando un calificación promedio de 43.06 lo cual significa que el estado de la vía se encuentra REGULAR.

c. Estado de daños y porcentaje de cada unidad de muestreo.

Tabla 49. Estado de las unidades de muestreo

ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN PCI TRAMO II			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
EXCELENTE	1	100	6.25%
MUY BUENA	1	100	6.25%
BUENA	3	300	18.75%
REGULAR	3	300	18.75%
MALA	3	300	18.75%
MUY MALA	4	320	25.00%
DETERIORADA	1	100	6.25%
TOTAL	16	1520	100.00%
PROMEDIO	REGULAR	43.06	

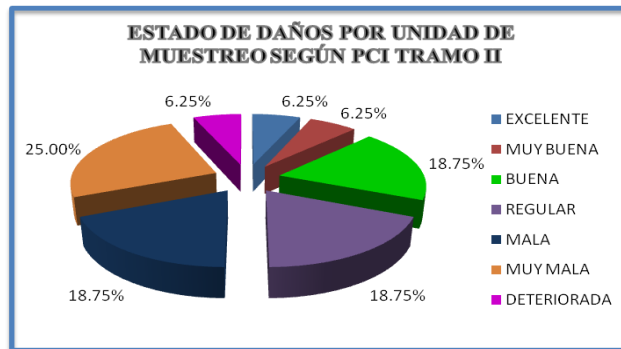
Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Como se puede notar en la *tabla 49*, de las 16 unidades de muestreo que se tomaron para el estudio, el 25% se encuentra en un estado Muy Malo según la calificación de PCI, con un 18.75% se encuentran los estados Bueno, Regular y Malo, en un estado

Excelente, Muy Buena y Deteriorada se encuentra el 6.25% cada uno, de las unidades de muestreo. En promedio, este tramo de vía se encuentra con un 43.06 en condiciones Regulares.

d. Estado y porcentaje de cada unidad de muestreo.

Gráfico 45. Estado de las unidades de Muestreo (PCI).



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Es esta gráfica se puede apreciar de mejor manera el resultado de las calificaciones encontradas, según las calificaciones otorgadas por PCI, el tramo II en general se encuentra en condiciones Regulares para cumplir con su función.

5.1.5 Evaluación de la superficie de rodadura según PASER

En este tramo se registraron 16 unidades de muestreo presentándose los siguientes tipos de daños:

Tabla 50. Daños TRAMO II por Metodología PASER.

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD DE DAÑO										ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Llena de surcos							0.40				0.40	0.00%	0.01%
Distorsión	32.30	24.42									56.72	0.37%	1.27%
Grietas longitudinales	38.27	135.81	128.03	87.81	110.88	78.82	144.28	12.48	96.00	75.33	907.71	5.99%	20.37%
Grietas de bloque		224.79					34.65				259.44	1.71%	5.82%
Grietas de cocodrilo	858.68	356.72	706.00	122.49	325.95	116.05	108.19	399.31	19.01		3012.39	19.87%	67.61%
Parches	0.34	6.15	2.75	4.09	10.86						24.19	0.16%	0.54%
Huecos	26.82	69.44	44.80	0.85	36.00	11.05		5.58			194.54	1.28%	4.37%
TOTAL											4455.37	29.39%	100.00%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Se puede apreciar que el tipo de daño que mayor porcentaje de áreas es las grietas de cocodrilo con un 67.61%, seguido de las grietas longitudinales con un 20.37% en tercer lugar las Grietas de Bloques con un 5.82%, no muy lejos se encuentran Los huecos con 4.37%, en menor proporción se presentaron llena de surcos, distorsión y parches.

a. Tabla del detalle de la clasificación del Tramo II.

Luego de aplicar la evaluación funcional según PASER y obtener la clasificación de los daños encontrados, se obtuvo una tabla de resumen, donde se puede apreciar mejor las unidades de muestreo, su estado, longitud y demás características importantes:

Tabla 51. Clasificación por metodología PASER.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

MÉTODO PASER			
VIA:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	CODIGO:	<u>Bajada</u>
FECHA:	<u>04 de abril de 2012</u>	UNIDAD N°:	<u>Bajada</u>
HECHO POR:	<u>Olga Calero</u> <u>Mayra Guamán</u>	LONGITUD DE LA VIA:	<u>1520m</u>

<i>TRAMO</i>	<i>VIA</i>		<i>CALIFICACIÓN</i>	<i>CONDICIÓN</i>
	<i>ANCHO</i>	<i>LARGO</i>		
k+0.00+0.20	8	20	5.00	RAZONABLE
k+0.2+100	10	100	6.10	BUENO
k+0.120+100	10	100	7.25	BUENO
k+0.220+100	10	100	4.10	RAZONABLE
k+0.320+100	10	100	4.14	RAZONABLE
k+0.420+100	10	100	3.57	POBRE
k+0.520+100	10	100	4.00	RAZONABLE
k+0.620+100	10	100	2.33	MUY POBRE
k+0.720+100	10	100	2.40	MUY POBRE
k+0.820+100	10	100	3.88	POBRE
k+0.920+100	10	100	3.14	POBRE
k+1.020+100	10	100	4.00	RAZONABLE
k+1.120+100	10	100	4.14	RAZONABLE
k+1.220+100	10	100	3.00	POBRE
k+1.320+100	10	100	4.86	RAZONABLE
k+1.420+100	10	100	4.70	RAZONABLE
PROMEDIO			4.53	RAZONABLE

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

b. Estado de las unidades de muestreo.

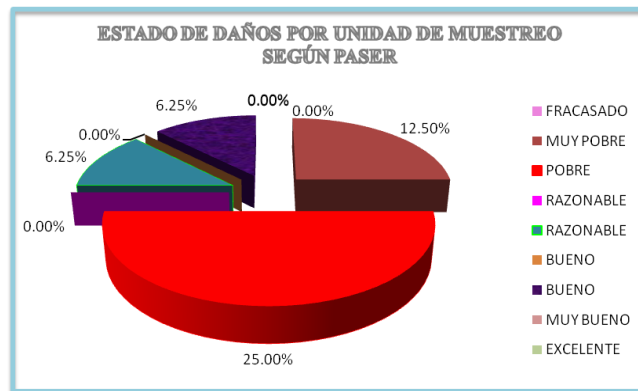
Tabla 52. Estado y porcentaje de la unidad de muestreo.

ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN PASER TRAMO II			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
FRACASADO	0	0	0.00%
MUY POBRE	2	200	12.50%
POBRE	4	400	25.00%
RAZONABLE	7	700	0.00%
RAZONABLE	1	20	6.25%
BUENO	1	100	0.00%
BUENO	1	100	6.25%
MUY BUENO	-	-	0.00%
EXCELENTE	-	-	0.00%
EXCELENTE	-	-	0.00%
TOTAL	16	1520	50.00%
PROMEDIO	RAZONABLE	4.53	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

c. Estado de daños por unidad de muestreo.

Gráfico 46. Estado de daños por unidades de muestreo.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En la *Tabla 51* se puede observar en detalle la calificación para cada unidad de muestreo según la metodología PASER y en la *Tabla 52* se muestra un resumen de esta clasificación, según la cual y haciendo un promedio de todo el tramo en general, se puede decir que el tramo 2 se encuentra en un estado Razonable y en la *Gráfica 46* se observa con mayor detalle que 25.00% de las unidades de muestreo se encuentran en un estado Pobre, con un 12.50% el estado muy pobre y con 6.25% cada uno de los siguientes daños muy bueno y razonable.

5.1.6 Evaluación de la superficie de rodadura por VIZIR

a. Tipos y condición de daños.

En las 16 unidades de muestreo se presentan los tipos de daño de la siguiente manera.

Tabla 53. Daños según la Clasificación VIZIR.

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD DE DAÑO			ÁREA TOTAL DE DAÑO	% DE ÁREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE			
Grieta Piel de Cocodrilo	5.06	348.04	2260.56	2613.66	17.24%	58.66%
Exudación de Asfalto			266.00	266.00	1.75%	5.97%
Elevaciones-Hundimiento			32.30	32.30	0.21%	0.72%
Grietas de Borde			287.60	287.60	1.90%	6.46%
Grietas Longitudinales y Transversales	46.72	54.91	972.31	1073.95	7.08%	24.10%
Baches y Zanjas Reparadas		17.86	126.15	144.01	0.95%	3.23%
Disgregación y Desintegración			37.87	37.87	0.25%	0.85%
TOTAL				4455.37	29.39%	100%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Se puede notar aquí que como en las metodologías PCI, PASER, que el tipo de daño que mayor porcentaje ocupa de áreas es la Grieta Piel de Cocodrilo con un 58.66%, seguido de las grietas longitudinales y transversales con un 24.10%, las grietas de borde con un 6.46%, en menor porcentaje se encuentran los daños siguientes:

exudación del asfalto, elevaciones-hundimiento, Baches y zanjas reparadas, disgregación y desintegración.

b. Resumen de la inspección y calificación.

A modo comparativo ahora se muestra una tabla del detalle de la clasificación del Tramo II aplicando Método VIZIR.

Tabla 54. Clasificación según VIZIR.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

MÉTODO VIZIR

VIA:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	CODIGO:	<u>BAJADA</u>
FECHA:	<u>09 de abril de 2012</u>	UNIDAD N°:	<u>BAJADA</u>
HECHO POR:	<u>Olga Calero</u>	LONGITUD DE LA VIA:	<u>1520 m</u>
	<u>Mayra Guamán</u>		

<i>TRAMO</i>	<i>VIA</i>		<i>CALIFICACIÓN</i>	<i>CONDICIÓN</i>
	<i>ANCHO</i>	<i>LARGO</i>		
k+0.00+0.20	8	20	5.33	DEFICIENTE
k+0.200+100	10	100	4.90	REGULAR
k+0.120+100	10	100	4.06	REGULAR
k+0.220+100	10	100	3.90	REGULAR
k+0.320+100	10	100	4.86	REGULAR
k+0.420+100	10	100	4.29	REGULAR
k+0.520+100	10	100	4.63	REGULAR
k+0.620+100	10	100	7.00	DEFICIENTE
k+0.720+100	10	100	6.00	DEFICIENTE
k+0.820+100	10	100	4.75	REGULAR
k+0.920+100	10	100	5.71	DEFICIENTE
k+1.020+100	10	100	4.33	REGULAR
k+1.120+100	10	100	4.14	REGULAR
k+1.220+100	10	100	5.20	DEFICIENTE
k+1.320+100	10	100	4.00	REGULAR
k+1.420+100	10	100	4.20	REGULAR
PROMEDIO			4.65	REGULAR

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

c. Resumen del estado de daños y porcentajes de cada unidad de muestreo.

Con base en la tabla anterior se puede hacer un resumen de los daños encontrados y clasificados según Metodología VIZIR así:

Tabla 55. Estado de las unidades de muestreo VIZIR.

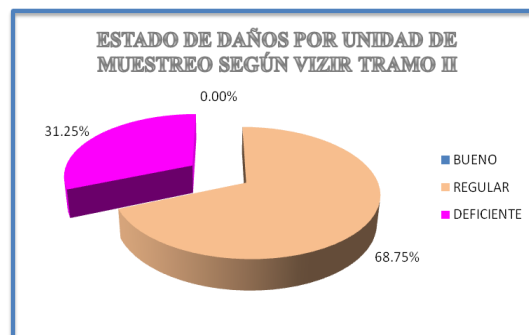
ESTADO DE DAÑOS POR UNIDAD DE MUESTREO SEGÚN VIZIR TRAMO II			
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD	PORCENTAJE
BUENO	0	0	0.00%
REGULAR	11	1100	68.75%
DEFICIENTE	5	420	31.25%
TOTAL	16	1520	100.00%
PROMEDIO	REGULAR	4.65	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Aquí se puede apreciar que el 68.75% de las unidades de muestreo, aproximadamente con una longitud de 1100m se encuentra en Estado Regular, seguido por un 31.25% aproximadamente con una longitud de 420m se encuentra en un Estado Deficiente.

d. Estado de daños por unidad de muestreo.

Gráfico 47. Estado de daño por unidades de muestreo según metodología VIZIR



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En la grafica se puede apreciar muy bien el gran porcentaje sobre el muestreo total del estado Regular con un 68.75% del pavimento.

5.1.7 Comparación Promedio de las Metodologías PCI, PASER Y VIZIR.

5.1.7.1 Comparación Promedio por las Metodologías PCI, PASER Y VIZIR TRAMO I.

Tabla 56. Comparación por promedio por las metodologías Pci, Paser Y Vizir Tramo I.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD								
COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS APLICADOS EN EL TRAMO I								
VIA: <u>Av. Canónigo Ramos</u> FECHA: <u>27 de marzo de 2012</u> HECHO POR: <u>Olga Calero</u> <u>Mayra Guamán</u>			CODIGO: _____ UNIDAD N°: _____ LONGITUD DE LA VIA: _____			<u>SUBIDA</u> <u>SUBIDA</u> <u>1520m</u>		
TRAMO	VIA		PCI	CONDICIÓN	PASER	CONDICIÓN	VIZIR	CONDICIÓN
	ANCHO(m)	LARGO(m)						
k+0.00+0.20	8	20	0.00	DETERIORADA	3.50	POBRE	5.50	DEFICIENTE
k+0.020+100	10	100	25.20	MALA	4.08	RAZONABLE	4.92	REGULAR
k+0.120+100	10	100	29.35	MALA	2.64	MUY POBRE	5.91	DEFICIENTE
k+0.220+100	10	100	30.00	MALA	3.08	POBRE	5.00	DEFICIENTE
k+0.320+100	10	100	30.00	MALA	2.33	MUY POBRE	7.00	DEFICIENTE
k+0.420+100	10	100	26.76	MALA	3.00	POBRE	6.00	DEFICIENTE
k+0.520+100	10	100	26.76	MALA	3.00	POBRE	6.00	DEFICIENTE
k+0.620+100	10	100	34.24	MALA	2.67	MUY POBRE	6.00	DEFICIENTE
k+0.720+100	10	100	35.30	MALA	2.33	MUY POBRE	6.67	DEFICIENTE

k+0.820+100	10	100	2.55	DETERIORADA	3.00	POBRE	5.50	DEFICIENTE
k+0.920+100	10	100	13.98	MUY MALA	2.56	MUY POBRE	5.56	DEFICIENTE
k+1.020+100	10	100	44.94	REGULAR	3.67	POBRE	4.50	REGULAR
k+1.120+100	10	100	90.98	EXCELENTE	4.33	RAZONABLE	4.83	REGULAR
k+1.220+100	10	100	83.80	MUY BUENA	3.43	POBRE	5.00	DEFICIENTE
k+1.320+100	10	100	87.80	EXCELENTE	4.75	RAZONABLE	4.50	REGULAR
k+1.420+100	10	100	27.55	MALA	4.00	RAZONABLE	5.00	DEFICIENTE
RESULTADOS			PCI		PASER		VIZIR	
PROMEDIO			36.83	MALA	3.44	POBRE	5.25	DEFICIENTE

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Haciendo la comparación de las metodologías se obtuvo un promedio igual en cuanto al estado de las unidades de muestreo, y es un estado deficiente, aunque los porcentajes de estas calificaciones no son iguales, fueron suficientes para que se hayan obtenido la misma calificación.

5.1.7.2 Comparación Promedio de las Metodologías PCI Y VIZIR TRAMO II.

Tabla 57: Comparación por promedio por las Metodologías Pci y Vizir Tramo II.

RESUMEN INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y MEDICIÓN DE SU SEVERIDAD Y MAGNITUD

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS APLICADOS EN EL TRAMO II
--

VIA:	Av. Canónigo Ramos	CODIGO:	BAJADA
FECHA:	27 de marzo de 2012	UNIDAD N°:	BAJADA
HECHO POR:	Olga Calero	LONGITUD DE LA VIA:	1520 m
	Mayra Guamán		

TRAMO	VIA		PCI	CONDICIÓN	PASER	CONDICIÓN	VIZIR	CONDICIÓN
	ANCHO	LARGO						
k+0.00+0.20	8	20	20.80	MUY MALA	5.00	RAZONABLE	5.33	DEFICIENTE
k+0.020+100	10	100	55.00	BUENA	6.10	BUENO	4.90	REGULAR
k+0.120+100	10	100	39.00	MALA	7.25	BUENO	4.06	REGULAR
k+0.220+100	10	100	71.00	MUY BUENA	4.10	RAZONABLE	3.90	REGULAR
k+0.320+100	10	100	12.00	MUY MALA	4.14	RAZONABLE	4.86	REGULAR
k+0.420+100	10	100	44.00	REGULAR	3.57	POBRE	4.29	REGULAR
k+0.520+100	10	100	22.00	MUY MALA	4.00	RAZONABLE	4.63	REGULAR
k+0.620+100	10	100	39.00	MALA	2.33	MUY POBRE	7.00	DEFICIENTE
k+0.720+100	10	100	32.00	MALA	2.40	MUY POBRE	6.00	DEFICIENTE

k+0.820+100	10	100	10.00	DETERIORADO	3.88	POBRE	4.75	REGULAR
k+0.920+100	10	100	67.00	BUENA	3.14	POBRE	5.71	DEFICIENTE
k+1.020+100	10	100	50.00	REGULAR	4.00	RAZONABLE	4.33	REGULAR
k+1.120+100	10	100	88.00	EXCELENTE	4.14	RAZONABLE	4.14	REGULAR
k+1.220+100	10	100	20.00	MUY MALA	3.00	POBRE	5.20	DEFICIENTE
k+1.320+100	10	100	68.79	BUENA	4.86	RAZONABLE	4.00	REGULAR
k+1.420+100	10	100	50.41	REGULAR	4.70	RAZONABLE	4.20	REGULAR
RESULTADOS			PCI		PASER		VIZIR	
PROMEDIO			43.06	REGULAR	4.53	RAZONABLE	4.65	REGULAR

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Al realizar la comparación de las metodologías se obtuvo un promedio igual en cuanto al estado de las unidades de muestreo, y es un estado Regular nótese entonces que este tramo se encuentra en mejor estado, aunque los porcentajes de estas calificaciones no son iguales, fueron suficientes para que se hayan obtenido la misma calificación.

5.2 Estudio de Tráfico y Determinación del T.P.D.A.

Para realizar el diseño de una carretera o de un tramo se debe tener información de datos sobre el tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad, con el volumen máximo de vehículos que una carretera puede absorber. El tráfico en consecuencia afecta directamente a las características del diseño geométrico, por ende al funcionamiento correcto de la vía.

5.3 Estaciones de Conteo.

Se determinó la ubicación de dos estaciones de registro de vehículos y se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 58. Estaciones de Registro de los Vehículos.

ESTACIÓN	TRAMO:	UBICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACIÓN
1	Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos.	Barrio 24 de mayo (Km 0.00)	9 de Abril del 2012	15 de Abril del 2012
2	Intersección Avenida 11 de Noviembre y Canónigo Ramos.	Los Álamos (Km 1.520)	9 de Abril del 2012	15 de Abril del 2012

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

5.3.1 Resultados del Tráfico Actual Promedio Diario de la Estación N° 1.

Con los datos obtenidos, se pudo obtener el número de vehículos diario en una semana de actividad normal, que se representa en la siguiente tabla:

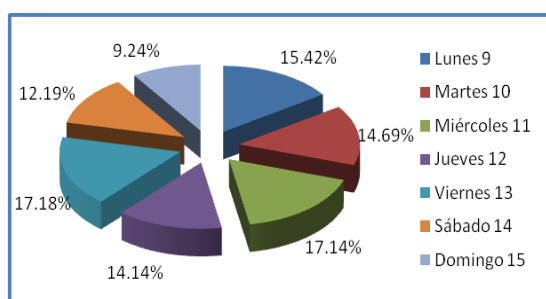
Tabla 59. Resultados del Estudio del Tráfico Estación N° 1, Abril – 2012

ESTACIÓN N° 1 INTERSECCION AVENIDA BY PAS Y CANONIGO RAMOS						
TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		Total	PORCENTAJE %
Día	Autos L-1 Jeep L-2 Camionetas L-3 Busetas B-1	Buses B2	Camión Liviano 2D - A	Camión Mediano 2D - B		
Lunes 9	8901	537	372	177	9987	14.53%
Martes 10	8307	459	282	138	9186	13.36%
Miércoles 11	10599	453	546	108	11706	17.03%
Jueves 12	10221	486	774	78	11559	16.81%
Viernes 13	9495	627	462	231	10815	15.73%
Sábado 14	8283	318	252	75	8928	12.99%
Domingo 15	6219	153	141	51	6564	9.55%
Total	62025	3033	2829	858	68745	100.00%
Sumatoria del Tráfico					68745	
Tráfico Actual Promedio Diario					9821	

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

Como se especificó anteriormente que cada uno de los conteos se los realizará en las estaciones 1 y 2. Por lo que tenemos como sumatoria del tráfico 68745 vehículos de lo que se obtiene un Tráfico Actual Promedio Diario de 9821 vehículos/día.

Gráfico 48. Estudio de tráfico estación N°1 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos, Abril – 2012



Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

Del Gráfico 48 se puntualiza y se observa que los días con más tráfico vehicular son los días Miércoles con un 17.03% no muy lejano los días jueves con un 16.81%, el días Viernes con un 15.73%, tomando en consideración que solo los días domingos

son los que varían en mayor magnitud deduciendo así que en este día es en el que menor tráfico se contabiliza.

5.3.2 Resultados del Tráfico Actual Promedio Diario de la Estación N° 2.

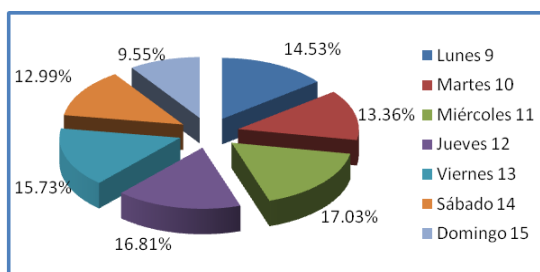
Tabla 60. Resultados del Estudio del Tráfico Estación N° 2 Intersección Avenida 11 de noviembre y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012.

ESTACIÓN N° 2 INTERSECCION CANÓNIGO RAMOS Y AV.11 DE NOVIEMBRE						
TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		Total	PORCENTAJE %
Día	Autos L-1 Jeep L-2 Camionetas L-3 Busetas B-1	Buses B2	Camión Liviano 2D - A	Camión Mediano 2D - B		
Lunes 9	18096	651	570	132	19449	15.42%
Martes 10	17316	597	483	138	18534	14.69%
Miércoles 11	20199	576	705	135	21615	17.14%
Jueves 12	16491	486	774	78	17829	14.14%
Viernes 13	20001	741	720	204	21666	17.18%
Sábado 14	14403	417	432	129	15381	12.19%
Domingo 15	10989	252	321	96	11658	9.24%
Total	117495	3720	4005	912	126132	100%
Sumatoria del Tráfico					126132	
Tráfico Actual Promedio Diario					18019	

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

En la estación 2 se registra mayor cantidad de tráfico vehicular teniendo una sumatoria de 126132 vehículos de lo cual se tiene un Tráfico Actual Promedio Diario de 18019 vehículos/día, siendo este resultado mayor en casi un 50% de la estación 1.

Gráfico 49. Estudio del Tráfico Estación N° 2 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012



Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

Los días con mayor afluencia de tráfico se registran en los días Viernes y Miércoles con un 17.18% y 17.14% respectivamente, y considerando que el día Domingo como en la estación anterior es en el que se presenta menor tráfico representando esto un 9.24%.

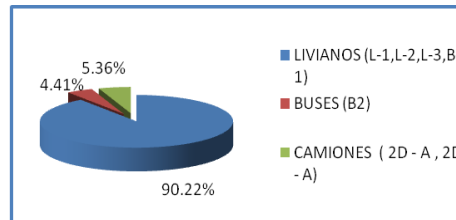
5.3.3 Tráfico actual acumulado en 7 días en la Estación N° 1.

Tabla 61. Tráfico Actual Acumulado 7 días estación N° 1 Intersección Avenida By Pass Y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012.

TRÁFICO ACTUAL ACUMULADO 7 DIAS		
LIVIANOS (L-1,L-2,L-3,B-1)	62025	90.22%
BUSES (B2)	3033	4.41%
CAMIONES (2D - A , 2D - A)	3687	5.36%
Total	68745	100.00%

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

Gráfico 50. Tráfico actual acumulado de 7 días.



Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán

Los vehículos que con un 89.89% transitan por la estación 1 son los vehículos livianos (L1, L2, L-3,B-1) que durante los siete días de conteo fueron 59731 vehículos. En menor porcentaje tenemos a los camiones con un 5.55% (3687 camiones) y buses con un 4.56% (3033 buses).

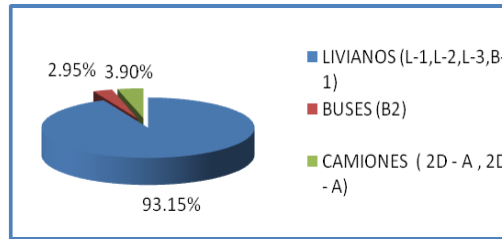
5.3.4 Tráfico actual acumulado en 7 días en la Estación N° 2.

Tabla 62. Tráfico Actual Acumulado 7 Días Estación N° 2 Intersección Avenida By Pass y Canónigo Ramos, ABRIL – 2012

TRÁFICO ACTUAL ACUMULADO 7 DIAS		
LIVIANOS (L-1,L-2,L-3,B-1)	117495	93.15%
BUSES (B2)	3720	2.95%
CAMIONES (2D - A , 2D - A)	4917	3.90%
Total	126132	100.00%

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

Gráfico 51. Tráfico actual acumulado de 7 días.



Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

El tráfico actual acumulado en 7 días por vehículos se presenta en un porcentaje mayor los vehículos livianos con un 93.15%, los camiones y buses en porcentajes de 3.90% y 2.95% respectivamente, que están en menor cuantía.

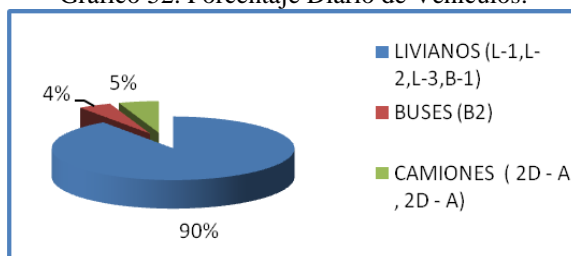
5.3.5 Tráfico actual acumulado en 1 día en la Estación N° 1.

Tabla 63. Número de Vehículos Diario Estación N° 1 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos.

TRÁFICO ACTUAL ACUMULADO 1 DIA		
LIVIANOS (L-1,L-2,L-3,B-1)	8861	90%
BUSES (B2)	433	4%
CAMIONES (2D - A , 2D - A)	527	5%
T.P.D.A ACTUAL ACUMULADO	9821	100%

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán

Gráfico 52. Porcentaje Diario de Vehículos.



Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

El Tráfico actual acumulado diario en la estación 1 es de 9821 vehículos siendo esta cifra menor en un 52.68% de lo registrado en la estación 2 con 18019 vehículos, en las dos estaciones se presenta con porcentajes mayores que los vehículos livianos son los que transitan en cantidad.

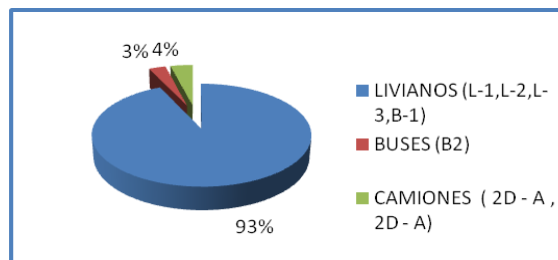
5.3.6 Tráfico actual acumulado en 1 día en la Estación N° 2.

Tabla 64. Número de Vehículos Diario Estación N° 2 Intersección Avenida By Pas y Canónigo Ramos.

TRÁFICO ACTUAL ACUMULADO 1 DÍA		
LIVIANOS (L-1,L-2,L-3,B-1)	16785	93%
BUSES (B2)	531	3%
CAMIONES (2D - A, 2D - A)	702	4%
T.P.D.A ACTUAL ACUMULADO	18019	100%

Realizado por: Mayra Guamán-Olga Calero.

Gráfico 53. Porcentaje Total Diario de Vehículos.



Realizado por: Mayra Guamán-Olga Calero.

El Tráfico actual acumulado diario en la estación 2 es de 18019 vehículos, en las dos estaciones se presenta con porcentajes mayores los vehículos livianos siendo los que transitan más por este sector.

5.4 Tráfico Futuro.

Para realizar cada uno de los cálculos y detalles del Tráfico de las estaciones definidas en la tabla de estaciones de conteo, se obtiene lo siguiente;

a. Estación 1.

Tabla 65. Tabla del tráfico futuro.

TIPO DE VEHICULO	TPDA ACTUAL	UNIDAD
Livianos (L-1,L-2,L-3,B-1)	8861	Vehículo/Día
Buses (B2)	433	Vehículo/Día
Camiones (2D – A , 2D – A)	527	Vehículo/Día
Índice de crecimiento anual (livianos)	Ver índices en la Tabla 30	
Índice de crecimiento anual (Buses)		
Índice de crecimiento anual (Camiones)		
Tráfico futuro para diez años	13614	Vehículo/Día
Tráfico futuro para veinte años	16816	Vehículo/Día

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

b. Estación 2.

Tabla 66. Tabla de datos para el cálculo del tráfico futuro.

TIPO DE VEHICULO	TPDA ACTUAL	UNIDAD
Livianos (L-1,L-2,L-3,B-1)	16785	Vehículo/Día
Buses (B2)	531	Vehículo/Día
Camiones (2D - A , 2D - A)	702	Vehículo/Día
Índice de crecimiento anual (livianos)	Ver índices de crecimiento vehicular en la Tabla 30	
Índice de crecimiento anual (Buses)		
Índice de crecimiento anual (Camiones)		
Tráfico futuro para diez años	25072	Vehículo/Día
Tráfico futuro para veinte años	31035	Vehículo/Día

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

El tráfico futuro calculado para las dos estaciones nos da que la Estación 2 acoge al doble de vehículos que la Estación 1. Siendo para veinte años en la estación 1 un tráfico de 16816 vehículos/día y en la estación 2 un tráfico de 31035 vehículos/día. A continuación se detalla cada uno de los componentes de la fórmula del TPDA del proyecto.

Tabla 67. Componentes de la Fórmula del TPDA.

Tráfico atraído		UNIDAD
Estación 1	2455	Vehículo/Día
Estación 2	4505	Vehículo/Día
Tráfico generado		
Estación 1	1964	Vehículo/Día
Estación 2	3604	Vehículo/Día
Tráfico por desarrollo		
Estación 1	651	Vehículo/Día
Estación 2	1212	Vehículo/Día
TPDA DEL PROYECTO		
Estación 1	18684	Vehículo/Día
Estación 2	35043	Vehículo/Día
Velocidad de circulación actual	120	K.P.H

Realizado por: Olga Calero–Mayra Guamán.

Con los resultados obtenidos del cálculo del tráfico diario y determinado los parámetros para el cálculo del TPDA del proyecto, éste corresponde a un **TPDA_{actual} = 18019 (Vehículo/día)** y **TPDA_{proyecto} = 35043 (Vehículo/día)**, que corresponde a una vía de **RI o RII**, correspondientemente a las normas establecidas por el MTOP, con una velocidad de circulación actual de 120 K.P.H.

5.5 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA AVENIDA CANÓNIGO RAMOS.

Terminado el inventario de los tipos de daño, severidad y calificación de la carpeta de rodadura según el método aplicado, se continúa con la evaluación estructural así:

El segundo período corresponde la evaluación estructural del pavimento, como herramientas de evaluación se aplicó los siguientes ensayos del material de Base y Subbase: Contenido de Humedad, Abrasión, Granulometría, Compactación, CBR y Peladura. Para la calificación de la condición de la Carpeta Asfáltica se extrajeron núcleos para los ensayos de Densidad, Propiedades de las mezclas Asfálticas, espesores utilizados en la Carpeta Asfáltica.

5.5.1 Ensayo para determinar el Contenido de Humedad del Suelo.

a. Carril Izquierdo

Tabla 68. Contenido Promedio de Agua Carril Izquierdo.

CONTENIDO DE AGUA					
CARRIL	IZQUIERDO				
MUESTRA N°	1		2		
Recipiente N°	C	K	V	E	
Tara+Suelo H.	gr	194.90	221.80	283.00	265.50
Tara+Suelo S.	gr	191.80	217.60	275.80	260.03
Peso tara	gr	33.00	33.40	35.00	33.50
Cont. De Agua	%	1.95	2.28	2.99	2.41
Cont. Prom. Agua	%	2.12		2.70	
Cont. Prom. Agua Carril	%	2.41			

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Para la elaboración de los ensayos se realiza la toma de dos muestras por carril.

En el ensayo de contenido de humedad para el carril Izquierdo se obtuvo un contenido de humedad promedio para el carril Izquierdo de 2.41%.

b. Carril Derecho.

Tabla 69. Contenido Promedio de Agua Carril Derecho.

CONTENIDO DE AGUA					
CARRIL		DERECHO			
MUESTRA N°		1		2	
Recipiente N°		T	U	N	F
Tara+Suelo H.	gr	272.30	254.00	244.20	228.20
Tara+Suelo S.	gr	266.35	248.30	235.55	219.80
Peso tara	gr	36.00	33.50	32.80	32.80
Cont. de Agua	%	2.58	2.65	4.27	4.49
Cont. Prom. Agua	%	2.62		4.38	
Cont. Prom. Agua Carril	%	3.50			

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

En el carril derecho se obtiene como resultados que el contenido de humedad promedio de este carril es de 3.50%.

5.5.2 Ensayo para la determinación de la resistencia a la Abrasión de agregados utilizando la Máquina de los Ángeles.

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE de los agregados.

Esta es importante porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá el agregado.

a. Carril Izquierdo-Muestra 1.

Tabla 70. Porcentaje de Desgaste de la muestra 1 Carril Izquierdo.

Peso inicial de la muestra	5000	Gr
Gradación	A	
N° de bolas de acero	12	
Tiempo	15	min
Material que retiene tamiz N°12	3546	gr
Porcentaje de desgaste	29.08%	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

b. Carril Derecho - Muestra 2.

Tabla 71. Porcentaje de desgaste de la muestra 2 Carril Derecho

Peso inicial de la muestra	5000	Gr
Gradación	A	
N° de bolas de acero	12	
Tiempo	15	min
Material que retiene tamiz N°12	3576	gr
Porcentaje de desgaste	28.48	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

El porcentaje de desgaste de la muestra es de 29.08% y de 28.48% por lo que se encuentra dentro de los parámetros de las especificaciones (máximo 40% para bases y 50% para subbases).

5.5.3 Ensayo para la determinación de la Granulometría Gruesa o Fina.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto, bases y subbases.

a. Carril Izquierdo, Granulometría de la Base.

Tabla 72. Granulometría de la base del carril izquierdo.

TAMICES N°	Peso Retenido parcial	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
2	0	0	0.000	0.00	100.00
1½	93	93	0.742	0.74	99.26
1	753	846	6.004	6.75	94.00
¾	688	1534	5.486	12.23	94.51
½	1062	2596	8.468	20.70	91.53
3/8	679	3275	5.414	26.11	94.59
#4	1380	4655	11.003	37.12	89.00
Lo que pasa por el tamiz #4	7887		62.885	100.00	37.12
	12542		100.000		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

b. Carril Izquierdo - Granulometría de la Subbase.

Tabla 73. Granulometría de la subbase del carril izquierdo

TAMICES N°	Peso Retenido parcial	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
3	661	661	5.410	5.41	94.59
2	432	1093	3.536	8.95	91.05
1½	649	1742	5.312	14.26	85.74
1	491	2233	4.019	18.28	81.72
¾	672	2905	5.501	23.78	76.22
½	752	3657	6.155	29.93	70.07
3/8	673	4330	5.509	35.44	64.56
#4	1148	5478	9.397	44.84	55.16
Lo que pasa por el tamiz #4	6739		55.161	100.00	0.00
	12217		100.000		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

c. Carril Derecho - Granulometría de la Base.

Tabla 74. Granulometría de base del carril Derecho.

TAMICES N°	Peso Retenido parcial	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
2	0	0	0.000	0.00	100.00
1½	306	306	2.243	2.24	97.76
1	704	1010	5.161	7.40	92.60
¾	759	1769	5.564	12.97	87.03
½	903	2672	6.619	19.59	80.41
3/8	753	3425	5.520	25.11	74.89
#4	1565	4990	11.472	36.58	63.42
Lo que pasa por el tamiz #4	8651.8		63.421	100.00	0.00
	13641.8		100.000		

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán.

d. Carril Derecho – Granulometría de la Subbase.

Tabla 75. Granulometría Subbase del Carril Derecho.

TAMICES N°	Peso Retenido parcial	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
3	463	463	2.978	2.98	97.02
2	1385.5	1848.5	8.911	11.89	88.11
1½	248.5	2097	1.598	13.49	86.51
1	1003	3100	6.451	19.94	80.06
¾	731	3831	4.701	24.64	75.36
½	870	4701	5.595	30.23	69.77
3/8	681	5382	4.380	34.61	65.39
#4	1566	6948	10.071	44.68	55.32
<i>Lo que pasa por el tamiz #4</i>	8601		55.315	100.00	0.00
	15549		100.000		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En el caso de la base el TAMAÑO MÁXIMO se encuentra en el tamiz de 2” ya que el porcentaje que pasa es el 100% y en la muestra de subbase el tamaño máximo está

en el tamiz de 3 (con el 97.02% que pasa en el carril derecho y 94.59% que pasa en el carril izquierdo).

5.5.4 Ensayo de Compactación Método Modificado.

Al compactar variamos la estructura del suelo y también algunas de sus propiedades mecánicas. Alguno de los parámetros del suelo que variarán según sea su compactación son la permeabilidad, el peso específico y la resistencia al corte. Con la compactación buscamos unas propiedades adecuadas del suelo de nuestra estructura así como una uniformidad de éste que siempre disminuirá la posibilidad de que se produzcan asientos diferenciales.

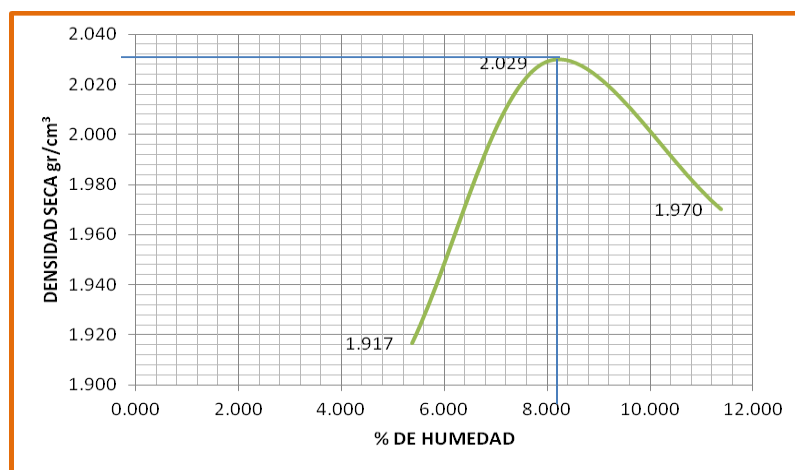
Tabla 76. Ensayo de Compactación Carril Izquierdo Av. Canónigo Ramos.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN			
FECHA:	<u>21 de mayo de 2012</u>	PROC:	<u>MOD.</u>
LOCALIZACIÓN:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	MUESTRA N°:	<u>1</u>
MÉTODO DE ENSAYO:	<u>Modificado</u>	MOLDE	
GOLPES POR CAPA:	<u>57</u>	DIAMETRO:	<u> </u>
N° DE CAPAS:	<u>5</u>	VOLUMEN:	<u>2138</u> cm ³
PESO MARTILLO:	<u>10 lbr</u>	PESO:	<u>6604</u> gr
ALTURA DE CAIDA:	<u>46 cm</u>		
DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. Molde+Suelo gr	10922	11287	11295
Peso Molde gr	6604	6604	6604
Peso Suelo gr	4318	4683	4691
Cont. Prom. Agua %	5.372	7.966	11.370
Densidad Hum. gr/cm ³	2.020	2.190	2.194
Densidad Seca gr/cm ³	1.917	2.029	1.970

CONTENIDO DE AGUA							
MUESTRA N°	1		2		3		
Recipiente N°	N	F	V	E	T	U o M	
Tara+Suelo H. gr	203.10	178.10	263.80	259.800	278.30	303.00	
Tara+Suelo S. gr	195.00	170.20	245.92	244.100	254.00	275.00	
Peso tara gr	32.800	32.800	35.000	33.500	36.000	33.500	
Cont. de Agua %	4.994	5.750	8.477	7.455	11.147	11.594	
Cont. Prom. Agua %	5.372		7.966		11.370		

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 54. Densidad seca Vs. Porcentaje de Humedad.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tabla 77. Densidad Máxima y Humedad Óptima

Densidad Máxima	2.031	gr/cm³
Humedad Óptima	8.172	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

La compactación somete al suelo a un golpeo o empaquetamiento que hace que expulse el aire de sus poros, y en este se obtienen los siguientes resultados, **Densidad Máxima para la muestra de subbase es 2.031 gr/cm³ con una humedad óptima de 8.172 %.**

Tabla 78. Ensayo de compactación Carril Dercho Av. Canónigo Ramos.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

FECHA:	<u>21 de mayo de 2012</u>	PROC:	<u>MOD.</u>
LOCALIZACIÓN:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	MUESTRA N°:	<u>2</u>

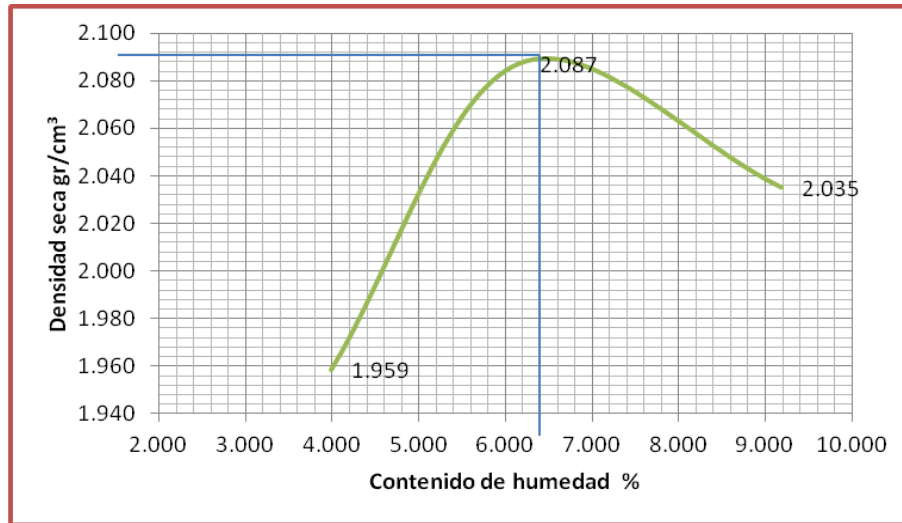
MÉTODO DE ENSAYO:	<u>Modificado</u>	MOLDE	
GOLPES POR CAPA:	<u>57</u>	DIAMETRO:	<u> </u>
N° DE CAPAS:	<u>5</u>	VOLUMEN:	<u>2138</u> cm ³
PESO MARTILLO:	<u>10 lbr</u>	PESO:	<u>6604</u> gr
ALTURA DE CAIDA:	<u>46 cm</u>		

DATOS PARA LA CURVA				
MUESTRA N°		1	2	3
P. Molde+Suelo	gr	10958	11341	11355
Peso Molde	gr	6604	6604	6604
Peso Suelo	gr	4354	4737	4751
Cont. Prom. Agua	%	3.981	6.152	9.189
Densidad Hum.	Gr/cm ³	2.036	2.216	2.222
Densidad Seca	gr/cm ³	1.959	2.087	2.035

CONTENIDO DE AGUA							
MUESTRA N°		1		2		3	
Recipiente N°		C	K	A	TPJ	H	M
Tara+Suelo H.	gr	237.00	252.30	274.55	264.74	277.45	267.30
Tara+Suelo S.	gr	229.30	243.80	259.90	252.00	256.60	247.80
Peso tara	gr	33.000	33.400	33.300	33.800	32.700	32.700
Cont. De Agua	%	3.923	4.040	6.465	5.839	9.312	9.066
Cont. Prom. Agua	%	3.981		6.152		9.189	

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 55. Densidad seca Vs. Contenido de humedad



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Tabla 79. Densidad máxima y Humedad óptima de la muestra de base de la Av. Canónigo Ramos.

Densidad Máxima	2.090	gr/cm ³
Humedad Óptima	6.025	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

La muestra de base luego de ser ensayada se obtuvo los siguientes resultados:
Densidad Máxima 2.090 gr/cm³ con una Humedad Óptima de 6.025%.

5.5.5 Ensayo CBR (ensayo de Relación de Soporte de California).

El C.B.R. varía de acuerdo a la compactación del suelo su contenido de humedad al compactar y cuando se realiza el ensayo.

5.5.5.1

Muestra 1

Tabla 80. Valores De Contenido De Humedad y Densidad Seca Para Ensayo CBR Av. Canónigo Ramos.

ENSAYO C.B.R.

CARRETERA	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	FECHA DE ENSAYO	<u>28/05/2012.</u>
LUGAR DE ORIGEN	<u>Riobamba</u>	SOBRECARGA	<u>10 lbr</u>
TIPO DE MUESTRA	<u>Base</u>	ENSAYADA POR	<u>Olga Calero</u>
COMPACTADA EN EL LABORATORIO	<u>MTPO</u>		<u>Mayra Guamán</u>

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		A	C	TPJ	M	T	N
Peso muestra húmeda + tarro	gr	204.56	186.25	226.60	184.90	183.30	187.60
Peso muestra seca + tarro	gr	191.10	167.15	211.90	170.40	171.50	172.45
Peso muestra húmeda	gr	171.26	153.25	192.80	152.20	147.30	154.80
Peso tarro	gr	33.30	33.00	33.80	32.70	36.00	32.80
Peso muestra seca	gr	157.80	134.15	178.10	137.70	135.50	139.65
Contenido de humedad	%	8.53	14.24	8.25	10.53	8.71	10.85
Promedio contenido de humedad	%	8.53	14.24	8.25	10.53	8.71	10.85

ENSAYO CBR

Molde N°		8		18		9	
Número de capas		5		5		5	
Número de golpes por capas		57		27		11	
		Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo
Peso muestra húmeda + molde	gr	11998	12108	11840	11990	11587	11740
Peso molde	gr	7176	7176	7187	7187	7194	7194
Peso muestra húmeda	gr	4822	4932	4653	4803	4393	4546
Volúmen de la muestra	cm³	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Densidad húmeda	gr/cm³	2.271	2.323	2.192	2.262	2.069	2.141
Densidad seca	gr/cm³	2.09	2.03	2.02	2.05	1.90	1.93

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

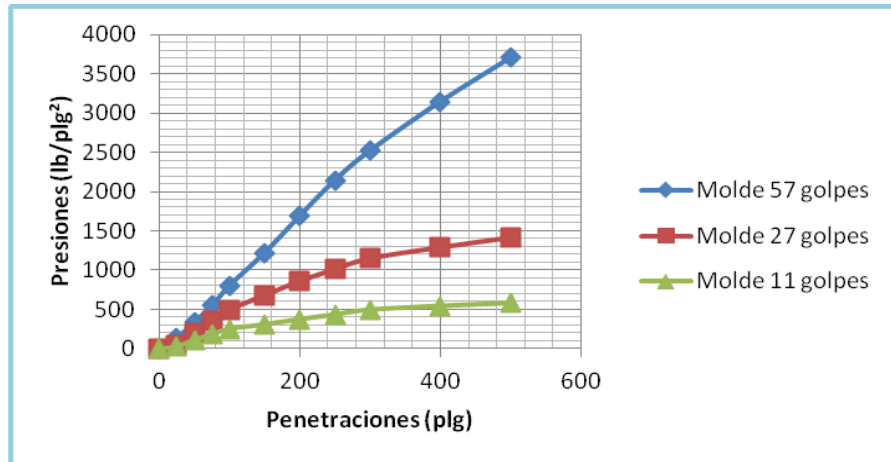
Tabla 81. Presiones para CBR de la base de la Avenida Canónigo Ramos.

PENETRACIÓN					
ALTURA DEL MOLDE:	<u>6"</u>	MATERIAL DE:	<u>Base</u>		
ÁREA DEL PISTÓN:	<u>3"</u>	CARRETERA:	<u>Av. Canónigo Ramos</u>		
FECHA:	<u>28/05/2012.</u>	LUGAR DE ORIGEN:	<u>Riobamba</u>		

TIEMPO		PENETRACION	MOLDE Nº 8					MOLDE Nº P – B					MOLDE Nº C							
			CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES
			Dial	Lbs					Dial	Lbs					Dial	Lbs				
Seg.	Min	Pulg.			Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R			Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R			Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R
		0	0		0				0		0				0		0			
		25	39		137				11		43				7		29			
		50	98		336				56		194				31		110			
		75	160		545				101		346				53		184			
		100	236		801				146		498				73		252			
		150	360		1219				201		683				90		309			
		200	500		1690				255		865				109		373			
		250	634		2142				300		1017				127		434			
		300	746		2519				341		1155				145		494			
		400	931		3143				383		1296				159		542			
		500	1097		3702				420		1421				170		579			

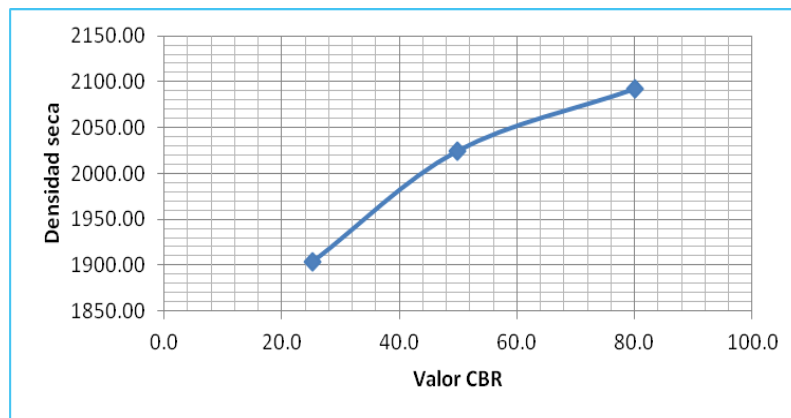
Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Gráfico 56. Curva de penetraciones vs. Presiones Base av. Canónigo Ramos



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 57. Curva Valores CBR vs densidad seca base av. Canónigo Ramos



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Tabla 82. Resultados de CBR base Av. Canónigo Ramos

Densidad Máxima	2090	gr/cm3
Valor CBR	77.80	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

5.5.5.2 Muestra 2

Tabla 83. Contenido De Humedad Y Densidad Seca Para Ensayo CBR Muestra 2 Av. Canónigo Ramos.

ENSAYO C.B.R.			
CARRETERA	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	FECHA DE ENSAYO	<u>28/05/2012.</u>
LUGAR DE ORIGEN	<u>Riobamba</u>	SOBRECARGA	<u>10 lbr</u>
TIPO DE MUESTRA	<u>Base</u>	ENSAYADA POR	<u>Olga Calero</u>
COMPACTADA EN LABORATORIO	<u>MTPO</u>		Mayra Guamán

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		M	V	N	M	E	A
Peso muestra húmeda + tarro	gr	183.50	206.30	173.10	184.90	193.35	190.50
Peso muestra seca + tarro	gr	172.70	190.15	158.20	170.40	180.80	175.45
Peso muestra húmeda	gr	150.80	171.30	140.30	152.20	159.85	157.20
Peso tarro	gr	32.70	35.00	32.80	32.70	33.50	33.30
Peso muestra seca	gr	140.00	155.15	125.40	137.70	147.30	142.15
Contenido de humedad	%	7.71	10.41	11.88	10.53	8.52	10.59
Promedio contenido de humedad	%	7.71	10.41	11.88	10.53	8.52	10.59

ENSAYO CBR

Molde N°		16		12		4. - 84	
Número de capas		5		5		5	
Número de golpes por capas		57		27		11	
		Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo
Peso muestra húmeda + molde	gr	11920	12123	11851	11943	11340	11480
Peso molde	gr	7189	7189	7244	7244	7234	7234
Peso muestra húmeda	gr	4731	4934	4607	4699	4106	4246
Volúmen de la muestra	cm³	2095	2095	2077	2077	2123	2123
Densidad húmeda	gr/cm³	2.258	2.355	2.218	2.262	1.934	2.000
Densidad seca	gr/cm³	2.10	2.13	1.98	2.05	1.78	1.81

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

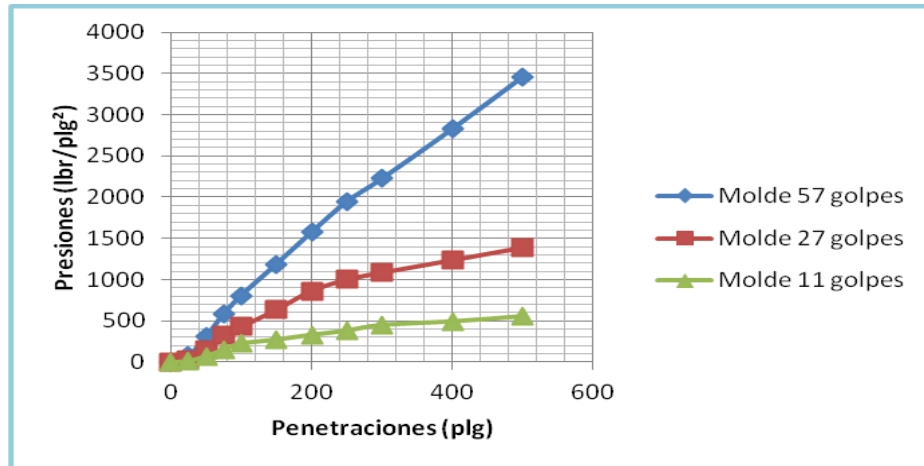
Tabla 84. Presiones para CBR de la Base Muestra 2 Av. Canónigo Ramos.

PENETRACIÓN				
ALTURA DEL MOLDE	<u>6"</u>	MATERIAL DE	<u>Base</u>	
ÁREA DEL PISTÓN	<u>3"</u>	CARRETERA	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	
FECHA	<u>28/05/2012.</u>	LUGAR DE ORIGEN	<u>Riobamba</u>	

TIEMPO		PENETRACION	MOLDE Nº 16						MOLDE Nº 12					MOLDE Nº 4-84						
			CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES
			Dial	Lbs					Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²					Lbs/pulg. ²	C.B.R				
Seg.	Min	Pulg.																		
	0	0	0		0				0		0				0		0			
	20	25	20		73				6		26				3		16			
	124	50	89		306				43		151				19		70			
	205	75	170		579				93		319				43		151			
	273	100	238		808				125		427				65		225			
	386	150	351		1188				186		633				79		272			
	501	200	466		1576				254		862				96		329			
	611	250	576		1947				295		1000				111		380			
	694	300	659		2226				320		1084				131		447			
	873	400	838		2829				365		1236				144		491			
	1060	500	1025		3459				410		1387				162		552			

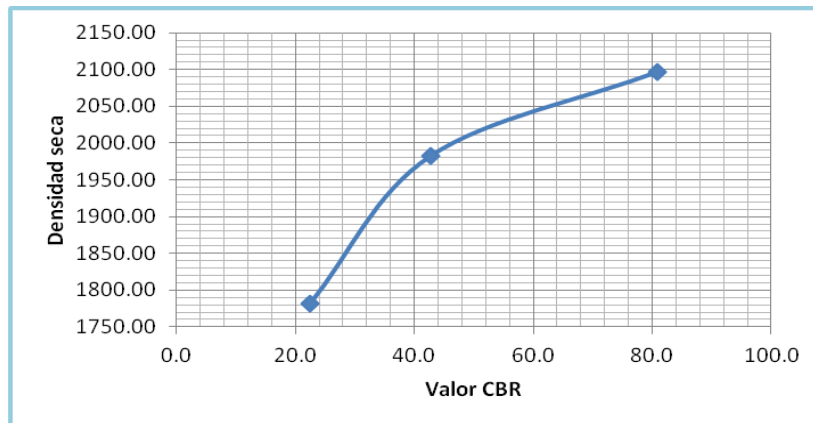
Realizado por: Olga Calero –Mayra Guamán.

Gráfico 58. Penetraciones vs. Presiones de la Base Av. Canónigo Ramos



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Gráfico 59. Valores CBR Vs. Densidad seca muestra 2 Av. Canónigo Ramos.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tabla 85. Resultados de CBR Muestra 2 de la Base Av. Canónigo Ramos.

Densidad Máxima	2.090	gr/cm3
Valor CBR	78.40	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

5.5.5.3

Muestra 3

Tabla 86. Contenido de humedad y densidad seca para subbase Av. Canónigo Ramos.

ENSAYO C.B.R.							
CARRETERA		<u>Av. Canónigo Ramos</u>		FECHA DE ENSAYO		<u>28/05/2012.</u>	
LUGAR DE ORIGEN		<u>Riobamba</u>		SOBRECARGA		<u>10 lbr</u>	
TIPO DE MUESTRA		<u>Subbase</u>		ENSAYADA POR		<u>Olga Calero</u>	
COMPACTADA EN EL LABORATORIO		<u>MTPO</u>				<u>Mayra Guamán</u>	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Tarro N°		V	F	H	A	F	TPJ
Peso muestra húmeda + tarro	gr	200.00	195.00	185.00	215.40	211.00	212.00
Peso muestra seca + tarro	gr	184.70	175.65	168.50	191.80	195.40	191.68
Peso muestra húmeda	gr	165.00	162.20	152.30	182.10	178.20	178.20
Peso tarro	gr	35.00	32.80	32.70	33.30	32.80	33.80
Peso muestra seca	gr	149.70	142.85	135.80	158.50	162.60	157.88
Contenido de humedad	%	10.22	13.55	12.15	14.89	9.59	12.87
Promedio contenido de humedad	%	10.22	13.55	12.15	14.89	9.59	12.87

ENSAYO CBR

Molde N°		10		24		1. - 84	
Número de capas		5		5		5	
Número de golpes por capas		57		27		11	
		Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo
Peso muestra húmeda + molde	gr	11961	12256	11750	12098	10510	10725
Peso molde	gr	7262	7262	7187	7187	7202	7202
Peso muestra húmeda	gr	4699	4994	4563	4911	3308	3523
Volúmen de la muestra	cm³	2077	2123	2123	2123	2106	2106
Densidad húmeda	gr/cm³	2.262	2.352	2.149	2.313	1.571	1.673
Densidad seca	gr/cm³	2.05	2.07	1.92	2.01	1.43	1.48

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

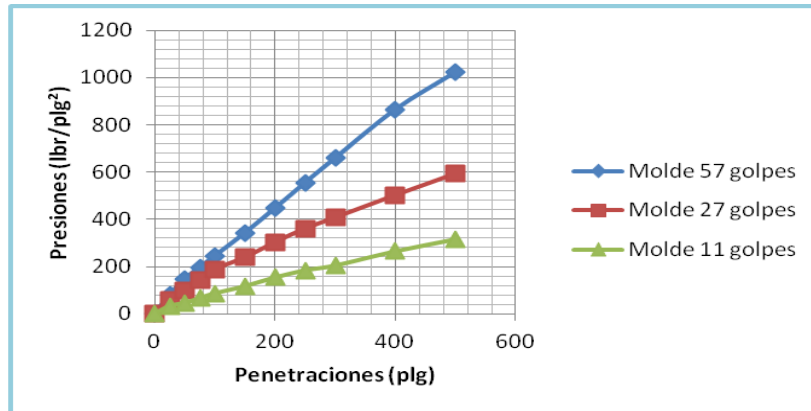
Tabla 87. Presiones para CBR muestra 3 subbase de la Av. Canónigo Ramos

PENETRACIÓN					
ALTURA DEL MOLDE	6"	MATERIAL DE	Subbase		
ÁREA DEL PISTÓN	3"	CARRETERA	Av. Canónigo Ramos		
FECHA	28/05/2012.	LUGAR DE ORIGEN	Riobamba		

TIEMPO		PENETRACION	MOLDE Nº 10						MOLDE Nº 24						MOLDE Nº 1-84					
			CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES
			Dial	Lbs					Dial	Lbs					Dial	Lbs				
Seg.	Min	Pulg.	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R		
	0	0	0		0				0		0				0		0			
	35	25	22		80				15		56				8		33			
	58	50	42		147				28		100				12		46			
	81	75	57		198				40		141				18		66			
	104	100	71		245				54		188				24		87			
	140	150	100		343				69		238				33		117			
	174	200	131		447				88		302				44		154			
	206	250	163		555				105		360				53		184			
	237	300	194		659				119		407				59		205			
	293	400	255		865				147		501				77		265			
	315	500	302		1023				174		592				92		316			

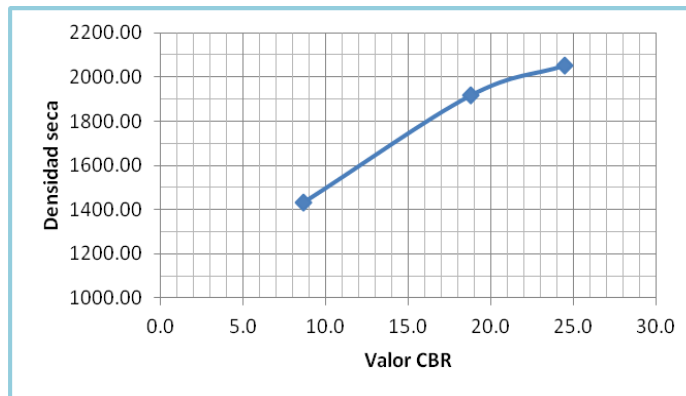
Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 60. Penetraciones Vs Presiones Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 61. Valores CBR Vs Densidad Seca Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tabla 88. Resultados CBR de la Muestra 3 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.

95% de la Densidad Máxima	1929.5	gr/cm ³
Valor CBR	20.3	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

5.5.5.4

Muestra 4

Tabla 89. Contenido de humedad y densidad seca Muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos

ENSAYO C.B.R.

CARRETERA	<u>Av. Canónigo Ramos</u>	FECHA DE ENSAYO	<u>28/05/2012.</u>
LUGAR DE ORIGEN	<u>Riobamba</u>	SOBRECARGA	<u>10 lbr</u>
TIPO DE MUESTRA	<u>Subbase</u>	ENSAYADA POR	<u>Olga Calero</u>
COMPACTADA EN EL LABORATORIO	<u>MTPO</u>		<u>Mayra Guamán</u>

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		C	K	K	H	M	C
Peso muestra húmeda + tarro	gr	206.30	285.20	210.30	180.00	198.56	210.90
Peso muestra seca + tarro	gr	189.40	255.50	195.35	165.56	184.10	189.87
Peso muestra húmeda	gr	173.30	251.80	176.90	147.30	165.06	177.90
Peso tarro	gr	33.00	33.40	33.40	32.70	33.50	33.00
Peso muestra seca	gr	156.40	222.10	161.95	132.86	150.60	156.87
Contenido de humedad	%	10.81	13.37	9.23	10.87	9.60	13.41
Promedio contenido de humedad	%	10.81	13.37	9.23	10.87	9.60	13.41

ENSAYO CBR

Molde N°		J-C		22	9		
Número de capas		5		5	5		
Número de golpes por capas		57		27	11		
		Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo	Antes del remojo	Después del remojo
Peso muestra húmeda + molde	gr	12010	12149	11810	11990	11401	11665
Peso molde	gr	7243	7243	7187	7187	7194	7194
Peso muestra húmeda	gr	4767	4906	4623	4803	4207	4471
Volumen de la muestra	cm³	2105	2105	2123	2123	2123	2123
Densidad húmeda	gr/cm³	2.265	2.331	2.178	2.262	1.982	2.106
Densidad seca	gr/cm³	2.04	2.06	1.99	2.04	1.81	1.86

Realizado por: Olga Calero - Mayra Guamán

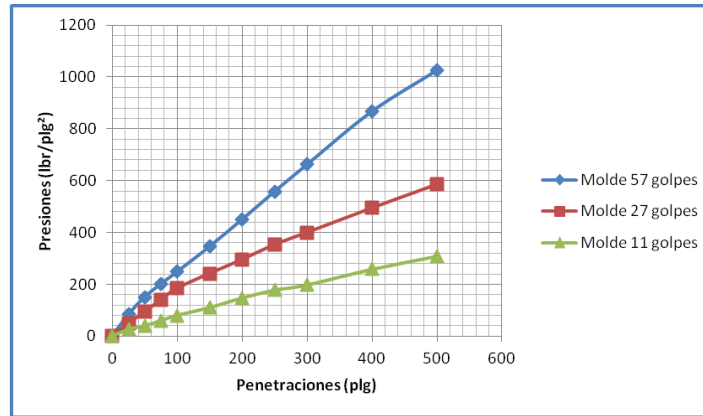
Tabla 90. Presiones para CBR de la muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos

PENETRACIÓN					
ALTURA DEL MOLDE:	6"	MATERIAL DE:	Subbase		
ÁREA DEL PISTÓN:	3"	CARRETERA:	Av. Canónigo Ramos		
FECHA:	28/05/2012.	LUGAR DE ORIGEN:	Riobamba		

TIEMPO		PENETRACION		MOLDE Nº J-C					MOLDE Nº 22					MOLDE Nº 9								
				CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	CARGA		PRESIONES	PRESION CORREG	PRESION ESTÁNDAR	VALORES	
				Seg.	Min	Pulg.	Dial	Lbs	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R	Dial	Lbs	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²	C.B.R	Dial	Lbs	Lbs/pulg. ²	Lbs/pulg. ²
		0	0		0					0		0				0		0				
		25	23		83					13		50				6		26				
		50	43		151					26		93				10		40				
		75	58		201					40		141				16		60				
		100	72		248					53		184				22		80				
		150	101		346					70		242				31		110				
		200	132		451					86		296				42		147				
		250	164		558					103		353				51		178				
		300	195		663					117		400				57		198				
		400	256		868					145		494				75		259				
		500	303		1027					172		585				90		309				

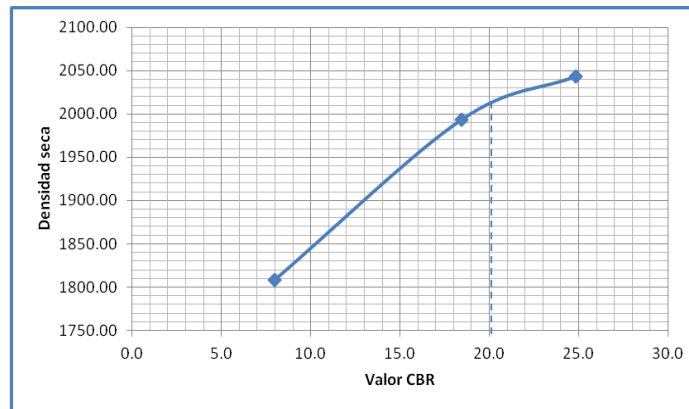
Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Gráfico 62. Curva de presiones Vs. Penetraciones Muestra 4 Subbase de la Av. Canónigo Ramos.



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Gráfico 63. Curva Densidad Seca Vs. CBR Subbase Av. Canónigo Ramos



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

Tabla 91. Resultados CBR de la Muestra 4 Subbase Av. Canónigo Ramos

95% de la Densidad Máxima	1.929	gr/cm3
Valor CBR	20.08	%

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasante bajo el pavimento.

Del ensayo de CBR se determinó un valor de CBR del 77.80% (Muestra 1) y del 78.40% (Muestra 2) para una densidad máxima del 2.090 gr/cm³ determinando así que el material ensayado puede ser utilizado como Base aunque no cumpla con la especificación del MTOP.

En el presente ensayo se obtuvo un valor de CBR del 20.30% (Muestra 3) y del 20.08% (Muestra 4) para un 95% de su densidad máxima (1.929 gr/cm³) determinando así que el material ensayado no está cumpliendo con los parámetros establecidos para subbases por el MTOP.

5.5.6 Recubrimiento y Peladura de Mezclas Bituminosas

La capacidad de un agregado para adherirse con el asfalto es un factor importante que debe ser cuantificado en el diseño de mezclas asfálticas. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuará absorbiendo asfalto después del mezclado inicial, disminuyendo la cantidad de asfalto para ligar las demás partículas de agregado.

Por lo que en este ensayo se obtuvo que la superficie que se estima que sea recubierta es superior al 95%.

5.5.7 Ensayo de Densidades de núcleos Asfalto utilizando Parafina

Tabla 92. Espesores de los núcleos extraídos de la Av. Canónigo Ramos

ESPESOR					
Fecha	Carril	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3	Espesor P
13/06/2012	Derecho	6.8	6	5.3	6.03
13/06/2012	Derecho	6	5.8	5.3	5.70
13/06/2012	Izquierdo	5.2	4.5	4.3	4.67
13/06/2012	Izquierdo	3.7	3	2.8	3.17

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

Tabla 93. Densidades de los núcleos y porcentaje de compactación de la Av. Canónigo Ramos.

Fecha	Carril	Peso en aire	Peso + Parafina	Peso en Agua	Volumen de Parafina	Peso Parafina	Densidad de Núcleo	Densidad de la briqueta	% de Compactación	Espesor (cm)
		A (gr)	B (gr)	C (gr)	D (cm ³)	E (gr)	F (gr/cm ³)	H (gr/cm ³)	I (%)	
13/06/2012	Derecho	1013	1039	513	28.89	26	2.150	2.287	94%	6.03
13/06/2012	Derecho	962	977	495	16.67	15	2.136		93%	5.70
13/06/2012	Izquierdo	838	857	415	21.11	19	2.085		91%	4.67
13/06/2012	Izquierdo	598	610	287	13.33	12	2.009		88%	3.17

Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán.

En el ensayo de densidades de núcleos de asfalto utilizando la parafina como auxiliar, se obtuvo que los núcleos del carril derecho cumplen con los espesores establecidos en el diseño de la Av. Canónigo Ramos, el mismo que establece que el espesor del asfalto es de 5 cm y las muestras extraídas presentan espesores de 6.03 cm y 5.70 cm y los núcleos del carril izquierdo tienen espesores de 4.67 cm y 3.17 cm, deduciendo que en el carril izquierdo tiene menor espesor por lo tanto menor densidad y menor porcentaje de compactación.

Cabe acotar que se extrajeron dos núcleos más los cuales tenían espesores de 2.10 cm y 1.98 cm los cuales no pudieron ser utilizados para el ensayo debido a su fragilidad siendo esta propiedad proporcional al espesor.

Las densidades de los núcleos del carril derecho son de 2.150 gr/cm³ y de 2.136 gr/cm³ y los núcleos del carril izquierdo tienen las siguientes densidades: 2.085 gr/cm³ y 2.009 gr/cm³.

Para el cálculo de las densidades es necesario obtener la densidad de la briqueta y este es de 2.287 gr/cm³, estos datos se lo debe obtener del asfalto en el momento que es colocado en el proyecto, es por esta razón que este valor se lo obtuvo de los datos de los archivos del Laboratorio de suelos y geotecnia del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Se observa además que el porcentaje de compactación no está cumpliendo con lo que se establece en la norma (mayor o igual a 97%) ya que se tiene porcentajes de compactación en un rango de 94% a 88%.

CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN.

6.1 Evaluación funcional.

Para la evaluación funcional se aplicó 3 metodologías PAVER-PCI, Paser y Vizir cada una de ellas presenta un manual de evaluación y calificación que permite que sea más fácil la aplicación de las mismas. Al finalizar esta fase del proyecto de investigación se realizó la comparación de las metodologías aplicadas en la que se obtuvo un promedio igual en cuanto al estado de las unidades de muestreo obteniendo así que el **tramo I** se encuentra en un estado *Deficiente* y el **tramo II** en estado *Regular*.

Nótese entonces que este tramo se encuentra en mejor estado, aunque los porcentajes de estas calificaciones no son iguales, fueron suficientes para que se hayan obtenido la misma calificación en tanto a fallas y que en los dos tramos se presente la piel de cocodrilo con un porcentaje mayor, y según los manuales revisados la presencia de esta falla es por la carencia de un control en los procesos constructivos durante la ejecución de la obra, por mayor repetición de cargas de tránsito, deficiencia de espesores y compactación de las capas de la estructura del pavimento.

6.2 Conteo vehicular

Del estudio de tráfico realizado en dos sitios estratégicos de la avenida tenemos como resultado que en la estación 1 el TPDA es de 9821 vehículos y en la estación 2 de 18019 vehículos, observando que existe un mayor porcentaje de vehículos con un valor de 52% que circulan por la estación 2. Tomando en consideración que para el diseño de esta avenida se estimaron datos del estudio del tráfico de la avenida Lizarzaburu siendo este de 5283 vehículos para el año 2006, con este dato se calcula

el TPDA para el año 2012 Obteniendo un valor de 6373 vehículos notándose así que existe una diferencia de tránsito actual de 12390 vehículos.

Generando una variación de tránsito extrema, lo cual es uno de los índices que ocasiona el deterioro prematuro y continuo del pavimento asfáltico, quedando evidente que el diseño realizado para esta avenida se encuentra subdimensionada actualmente.

6.3 Evaluación estructural.

Realizado cada uno de los ensayos necesarios para la evaluación de la estructura del pavimento se puede expresar que los agregados de la cantera de Licán que se utilizaron para su construcción no cumplen con los valores de CBR para ser utilizados en bases, subbases, pero si cumple el requisito para ser aplicadas en mezclas asfálticas.

Además con la extracción de núcleos se pudo identificar que los espesores del asfalto obtenidos en el diseño que es de 5 cm no se cumplen, debido a que se encontraron espesores que varían en un rango de 6 a 2.0 cm, presentándose menor espesor en las zonas de la avenida con mayor deterioro. Siendo esta otra de las causas que genera el deterioro del pavimento asfáltico de la avenida.

Por estas a continuación se presenta la discusión de 3 propuestas diferentes que permitan la recuperación de los estándares de diseño, reduciendo el impacto sobre los usuarios, tanto durante la ejecución, como durante su vida en servicio (reduciendo los problemas de deterioro), de la Avenida Canónigo Ramos que comprende desde $k+0.00+0.20$ hasta el $k+1.420+100$, en sus dos carriles (derecho-izquierdo).

Al finalizar la discusión se tomará una de las propuestas para que sea aplicada para lograr la recuperación del índice de Servicio de las vías, a muy bajo costo y en un tiempo reducido.

6.3. PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN.

- Reconstrucción total.
- Sobre carpetas de concreto (whitetopping).
- Riego o Recapeo Asfáltico

6.3.1. Propuesta 1.- Reconstrucción Total.

Como propuesta uno se ha contemplado en primera instancia la reconstrucción total del carril derecho en los sectores $k+0.00+0.20$ a $k+1.420+100$ (barrio 24 de Mayo a la zona de los Álamos), esto debido a que el estado actual del pavimento es de extrema fatiga y con deformaciones muy importantes que son consecuencia de la alta afluencia vehicular ya que es una vía de desfogue hacia el Norte de la ciudad, así como falta de acciones de conservación rutinaria, además se pudo comprobar mediante ensayos realizados en el campo, existe una gran diferencia entre los espesores de diseño y los espesores actuales de la vía.

Antes de proceder al retiro de la carpeta asfáltica para la reconstrucción del carril izquierdo de la Avenida Canónigo Ramos, será necesario ubicar todas y cada una de las obras subterráneas que se encuentran dentro de la misma para evitar algún daño durante la reconstrucción.

Deberá estar presente una persona con conocimiento total del proyecto y para reconocer cada una de las obras existentes y además que tenga autoridad para decidir si la obra puede ser reubicada, demolida en su totalidad o se cancelará y se construirá una nueva instalación; se ubicarán todas las instalaciones en un plano para saber su ubicación exacta así como las referencias que se tienen para encontrarlas en campo posteriormente.

Como ya se dijo, con esta medida se evitará causar algún daño a las instalaciones que puedan repercutir en alguna incomodidad o falta de servicio básico para los pobladores de todos los sectores ubicados en esta avenida.

Será necesario retirar toda la estructura del pavimento debido a que no cumple con las características constructivas establecidas en el diseño. Además el tráfico que circula sobre el circuito representa mayor peso y repetición de cargas, como ya se había mencionado anteriormente, es necesario y recomendable tomar estas normas como base para garantizar la calidad del trabajo que se vaya a realizar.

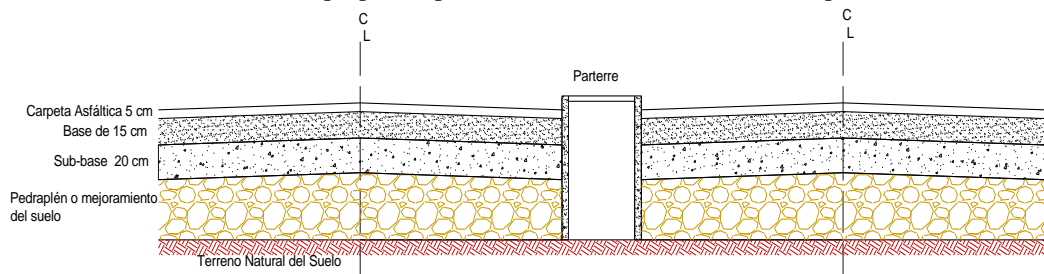
Como primer paso será necesario remover la carpeta asfáltica por medio de una excavadora hidráulica o una motoniveladora en toda la longitud del carril izquierdo de la avenida y que será retirada del lugar con volquetas al banco de desperdicio establecido por la entidad pertinente.

Posteriormente a través de los mismos medios se retirará el material de base y sub-base que de igual manera serán colocados en el banco de desperdicio destinado a tal fin, por lo cual será necesario excavar hasta la profundidad de dichas capas, y si efectivamente cumplen estas capas con los requisitos para sub-base y base, se podrá almacenar en el lugar que el departamento encargado establezca para su posterior reutilización.

En caso de que sea necesario se suministrará material con las mismas características para cumplir con los espesores indicados en el proyecto; posteriormente se conformará una capa rompedora de capilaridad (Pedraplen) a base de balasto y con un espesor dado en el diseño, el cual se deberá extender uniformemente a lo largo de la longitud arriba mencionada y se bandeará por medio de una excavadora sobre orugas para garantizar el acomodo y trabazón de partículas, después de esto se desplantará la estructura antes mencionada.

Una vez concluido el suministro y tendido del material de subbase, base respetando los niveles que el proyecto así lo indique, se procederá a la compactación del mismo por medio de un vibro-compactador de rodillo liso y se incorporará el agua necesaria para garantizar el grado de compactación que el proyecto indique. Cuando el grado de compactación se haya alcanzado será necesario realizar un afine de la superficie para que sea recibida por laboratorio y liberada para desplantar sobre ella la capa de base correspondiente.

Gráfico 64. Estructura propuesta para el circuito de la UDLAP en su parte más crítica.



Fuente: Olga Calero-Mayra Guamán

Para lo cual se deberá seguir lo estipulado en el Procedimiento para Sub-bases y Bases en la construcción de carreteras. Posterior a la conformación de la base será necesario aplicar un riego de impregnación para la protección de la superficie, en este caso la base hidráulica.

Este riego deberá cumplir con lo estipulado en el Procedimiento para Riegos de Impregnación en la Construcción de Carreteras. Una vez que se encuentre protegido el riego de impregnación y antes de colocar la carpeta de asfáltica se colocará previamente un riego de liga para lo cual se requerirá que la superficie haya sido completamente barrida y esté exenta de grasas o cualquier tipo de materia ajena a este.

Con el riego de liga aplicado se seguirá lo que indica el Procedimiento para Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente en la construcción de Carreteras, para

la colocación de dicha carpeta en la vialidad. Se deberá cuidar el espesor de la misma a fin de garantizar lo estipulado en el proyecto.

El carril derecho cuenta con una estructura en condiciones mejores que el carril descrito anteriormente y pese a los mismos años de servicio se encuentra en condiciones diferentes, por lo que se recomienda el mantenimiento rutinario para la misma.

El señalamiento vertical y horizontal se aplicará una vez que la carpeta haya sido colocada en su totalidad; se deberá cuidar que los señalamientos queden a una distancia tal que el conductor tenga el tiempo suficiente para reaccionar ante cualquier eventualidad que se le pudiera presentar durante su trayecto dentro de la Avenida.

6.3.2.Propuesta 2.- Sobre Carpetas de Concreto (WHITETOPPING).

Los pavimentos denominados Whitetopping, corresponden a rehabilitaciones de pavimentos asfálticos deteriorados. El término aquí utilizado corresponde a rehabilitaciones con pavimentos de concreto convencional tomando como estructura de soporte el pavimento asfáltico que se tiene en el lugar.

Los métodos de diseño toman en cuenta esta solución, considerando las características de soporte de la estructura existente que normalmente tiene capa de sub-base, base y asfalto.

Algunos de los trabajos preliminares que se deben considerar para la colocación del pavimento Whitetopping difieren de los que se aplican a los pavimentos convencionales.

6.3.2.1. CLASES DE WHITETOPPING.

Las clases se basan en el espesor de la nueva capa de hormigón y la consideración de la adherencia en la interfaz asfalto hormigón. El Whitetopping se clasifica comúnmente en tres categorías:

- Convencional.
 - Ultra delgado.
 - Delgado.
- a) El Whitetopping Convencional es el de mayor espesor construido con 20 cm o más de hormigón y comúnmente no se considera la adherencia en la interfaz.
- b) El Whitetopping Ultradelgado es la clase más delgada, construido comúnmente con 5 cm y 10 cm de espesor y para el diseño es considerado la adherencia parcial en la interfaz.
- c) El Whitetopping Delgado es el del espesor intermedio, entre 10 cm y 20 cm de espesor y para el diseño es considerado la adherencia parcial en la interfaz.

Con la aplicación de este método lo que se desea es incrementar significativamente la vida útil del pavimento existente.

6.3.2.2. Aspectos que se evalúan en el diseño.

Para la determinación de la factibilidad de que un pavimento sea rehabilitado mediante la técnica de Whitetopping se considera lo siguiente:

- Daños estructurales.
- Daños asociados con la fatiga de las capas asfálticas.

- Daños asociados con la alteración del perfil por deformaciones plásticas acumuladas.
- Daños asociados con la inestabilidad de la banca.
- Daños superficiales.
- Daños asociados con las deficiencias en el diseño o fabricación de la mezcla asfáltica.
- Daños asociados con la calidad de los materiales.

6.3.2.3. Superficie de Asfalto Existente.

Las fallas que se consideran en una superficie de asfalto son las siguientes:

- a. Huecos o baches abiertos
- b. Fisuras longitudinales y transversales.
- c. Desgaste superficial.
- d. Piel de cocodrilo.

De acuerdo con los daños encontrados en la vía: así como la capacidad estructural residual del pavimento, se consideran desde la etapa de diseño algunas actividades correctivas.

6.3.2.4. Reparación de las fallas.

Para garantizar la uniformidad en el soporte de la estructura asfáltica, se deben realizar correcciones en los sitios en donde se presenten las siguientes irregularidades, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 94. Tipo de fallas y reparaciones requeridas.

TIPO DE FALLA	REPARACIÓN REQUERIDA
Rodera menor a 50 mm	Ninguna
Rodera mayor a 50 mm	Fresado o Nivelación
Deformación plástica excesiva	Fresado
Baches	Cajear y Reparar
Fallas de sub-rasante	Remoción y preparación
Fisuras en general, fatiga en bloque, transversales y longitudinales	Ninguna
Exudación	Ninguna
Degradación superficial	Ninguna

Fuente: Cemex México

En base en la información obtenida anteriormente, se puede concluir que la Avenida Canónigo Ramos es un buen candidato a la aplicación del Whitetopping, debido al estado actual en el que se encuentra, se puede observar la presencia de las fallas aquí descritas y que abren una opción para rehabilitarla de una manera rápida y sencilla en cuanto a procedimiento constructivo.

Es importante señalar que en las partes que corresponda será necesario proceder a la renivelación para poder colocar el Whitetopping.

Tomando en cuenta tanto las deformaciones existentes como la estructura actual del pavimento de esta zona, será necesario recuperar la carpeta asfáltica existente.

La losa de concreto que se coloque sobre la estructura de la carpeta asfáltica será del mismo espesor y de la misma manera que la que se coloque en el resto del circuito, la única diferencia será que, las deformaciones y asentamientos fueron tratados previamente.

Para poder obtener una superficie homogénea que proporcione seguridad y comodidad a los usuarios, es necesario cumplir con las especificaciones respectivas y al mismo tiempo realizar un trabajo de calidad, de esta manera tener una vialidad que

de servicio por un tiempo considerable a partir de su rehabilitación y con bajos costos de mantenimiento.

Cabe señalar que durante la aplicación de este método se podrán realizar las modificaciones pertinentes a las obras de drenaje existente tales como: limpieza, cancelación o construcción de obras pluviales con la ubicación pertinente de las mismas.

6.3.3. Propuesta 3.- Riego o Recapeo Asfáltico.

En esta propuesta se está contemplando como una posible solución el uso de carpetas de riego, mejor conocidas como riego de sello. El riego de sello consiste en colocar una película delgada de asfalto (emulsión) y encima de ella una capa de material graduado.

Fundamentalmente se utiliza para sellado de grietas, en especial cuando aparece agrietamiento generalizado, malla de gallinero o piel de cocodrilo; cuando existen problemas de pulimento en la superficie de rodamiento o cuando se presentan zonas con asfalto llorado.

El objetivo principal es mejorar la textura de la superficie de rodamiento aplicando una capa con mejor índice de fricción entre llanta y pavimento.

El riego de sello puede ser premezclado o no dependiendo de las especificaciones del proyecto. Para obtener el sello premezclado será necesario cumplir con lo establecido en las normas y especificaciones vigentes en nuestro país, el cual describe el procedimiento para el tratamiento de premezclado al material pétreo que será ocupado para el riego de sello como se indica a continuación:

a) El material pétreo se colocará en una plataforma de trabajo fuera de la

superficie de rodamiento de la carretera y deberá estar en condiciones tales que no se contamine con las maniobras de premezclado.

- b) El material pétreo será acamellonado de manera similar a como se elabora una mezcla asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar.
- c) La emulsión catiónica de rompimiento rápido se diluirá en proporciones en volumen 40% agua y 60% emulsión, cuidando que sea a la emulsión a la que se le incorpore el agua y no en forma inversa, el agua deberá estar exenta de contaminantes. Antes de aplicar al material pétreo la disolución obtenida, deberá tener una consistencia homogénea.
- d) Sobre el material pétreo se aplicará la disolución de emulsión-agua previamente calentada a una temperatura entre 30° C y 40° C en proporciones aproximadamente de 140 lt/m³ de material pétreo, cuidando que el residuo asfáltico de la mezcla sea de 2.5% en peso, o el que en su momento determine el laboratorio, se deberá observar el mezclado de manera que éste sea homogéneo.
- e) El mezclado deberá realizarse en forma rápida, antes de que ocurra el rompimiento de la emulsión.

La aplicación del sello se hará conforme a las normas.

Además dentro de la misma se encuentran las características que debe cumplir el equipo mencionado para tal fin, como:

- Una barredora autopropulsada.
- Un esparcidor de sello.
- Una pipa de agua.
- Un rodillo tipo tándem.

- Una petrolizadora.
- Sello premezclado de 3/8”.

Para poder proceder al riego de sello será necesario barrer la superficie con la barredora autopropulsada, previamente se requerirá retirar toda materia extraña (grasa, basura, combustibles, etc.) y de un riego de agua para evitar levantar demasiado polvo y no causar molestias a los peatones o conductores que circulen cerca de la vía, que se encuentren fuera del área correspondiente al riego de sello y por ende al riego de liga, posteriormente se dará un riego ligero con la pipa de agua para dar paso a la aplicación del riego de liga, este será de cubrimiento doble o triple según lo indique el proyecto.

Para el tendido de sello se requerirá de un esparcidor de sello o de un camión tipo volteo con una tapa en la caja especial para el tendido del sello, el material pétreo en caso de ser premezclado, deberá llegar ya con estas características al lugar de la obra, es decir, se deberá mezclar previamente y su acarreo será desde el lugar de mezclado hasta la obra; una vez que el riego de liga se haya aplicado, inmediatamente se comenzará el tendido del sello para evitar que la emulsión rompa antes de tiempo y el sello no se adhiera.

Como siguiente actividad será necesario compactar con el rodillo tipo tándem o con el neumático la superficie esparcida con el sello para garantizar su adherencia.

Cabe señalar, como en las propuestas anteriores, que la zona del carril izquierdo será necesario hacer reparaciones mayores para lograr una superficie uniforme ya que actualmente cuenta con una serie de fallas o deformaciones importantes que generan incomodidad al usuario; para corregir este percance se requiere retirar la carpeta asfáltica existente y proceder a la nivelación del terreno mediante el suministro de materiales con características que cumplan con la normatividad y en los espesores que el tráfico así lo demande; para lo cual se deberán revisar los

procedimientos respectivos que se describen este proceso, basado en las especificaciones y normas adecuadas.

6.3.4. ELECCIÓN DE PROPUESTA MÁS VIABLE.

En base a lo planteado en el artículo anterior y tomando en cuenta la durabilidad y la practicidad de los procedimientos de un riego de sello con la reconstrucción total y con una carpeta de Whitetopping, se toma la decisión de que la aplicación de la carpeta de Whitetopping será la solución más adecuada para los problemas presentados en la Avenida Canónigo Ramos.

A continuación se muestra la alternativa de rehabilitación llamada Whitetopping, la cual es una técnica que consiste en colocar un pavimento rígido sobre la estructura existente de pavimento flexible, que permite aumentar la vida útil de la vía, disminuyendo el costo del mantenimiento y brinda la posibilidad de mejorar las condiciones geométricas, igualmente proporciona una mayor seguridad y comodidad para los usuarios de la vía minimizando los costos de operación.

El diseño de este tipo de rehabilitación se realiza como si fuera un pavimento rígido nuevo, la diferencia radica en que la estructura de soporte será la estructura de pavimento flexible existente.

La sobre carpeta a base de la técnica Whitetopping es una muy buena opción para aplicar en el proyecto, siendo esta técnica un muy buen candidato, la facilidad en cuanto al tiempo que permanecerá cerrado al tráfico hasta que alcance su resistencia máxima, será mínimo para los usuarios de la avenida si se toma en cuenta que es una vía de doble carril por sentido.

Por otro lado será un trabajo que tendrá una vida útil de 20 a 30 años y que

posiblemente duré unos cuantos años más con un mantenimiento periódico, no solo en la vía sino también en el drenaje, este último es un factor clave en el diseño, construcción y mantenimiento de una vía ya que es el encargado de drenar el agua en el menor tiempo posible para evitar infiltraciones a la estructura del pavimento que puedan afectar su estabilidad.

Para poder empezar la aplicación de esta técnica y tener un avance que pueda ser visible, será necesario planear las actividades de inicio a fin para que se muestre un avance visible en las obras, y buscar la manera de no entorpecer la vialidad en lo posible.

Tomaremos la propuesta número dos (Técnica Whitetopping), para la rehabilitación del circuito. La misma que se detallará más detenidamente en el *Capítulo VIII. PROPUESTA* de nuestro proyecto de investigación.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber realizado las evaluaciones funcionales y estructurales además del estudio del tráfico y determinación del TPDA de la avenida Canónigo Ramos, se ha llegado a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

7.1 Conclusiones.

- Haciendo la comparación de las tres metodologías aplicadas para el estudio del tramo I se obtuvo un promedio igual aunque los porcentajes de estas calificaciones no son iguales, fueron suficientes para que se hayan obtenido la misma calificación, en cuanto al estado de las unidades de muestreo, de esta manera la calzada de la avenida se encuentra en un **estado Malo** indicando que a esta sección de la vía se deberá realizar una rehabilitación.
- Al realizar la comparación de las tres metodologías utilizadas para el estudio del Tramo II se obtuvo un promedio igual en cuanto al estado de las unidades de muestreo, obteniendo un **estado Regular**.
- Nótese entonces que tramo II se encuentra en mejor estado que el tramo I.
- En los dos tramos de estudio se presenta con un mayor porcentaje la falla piel de cocodrilo revisados y analizados los manuales de estas tres metodologías la presencia de esta falla es por la carencia de un control en los procesos constructivos durante la ejecución de la obra, por mayor repetición de cargas de tránsito, deficiencia de espesores y compactación de las capas de la estructura del pavimento.

- Con los resultados obtenidos del cálculo del tráfico diario y determinado los parámetros para el cálculo del TPDA del proyecto, éste corresponde a un $TPDA_{actual} = 18019$ (Vehículo/día) y $TPDA_{proyecto} = 35043$ (Vehículo/día), que corresponde a un corredor arterial o autopista R-I o R-II, correspondientemente a las normas establecidas por el MTOP, con una velocidad de circulación actual 120 K.P.H.
- Observando que circulan por la estación 2 un 52% más vehículos que en la estación 1.
- Para el diseño de esta avenida se estimaron datos del estudio del tráfico de la avenida Lizarzaburu siendo este 5283 vehículos para el año 2006, con este dato se calcula el TPDA para el año 2012 obteniendo un valor de 6373 vehículos notándose así que existe una diferencia de tránsito actual de 12390 vehículos. Generando una variación de tránsito extrema, siendo una de las causas que ocasiona el deterioro prematuro y continuo del pavimento asfáltico, quedando evidente que el diseño realizado para esta avenida se encuentra subdimensionada actualmente.
- Considerando los datos para el diseño de la estructura del pavimento se resalta que se contemplaron las características de los agregados de la mina de cerro negro, mientras que para su construcción se utilizaron los agregados de la mina de Licán, razón por la cual se realizó cada uno de los ensayos necesarios para la evaluación de la estructura del pavimento.
- Se determinó para la BASE un valor de CBR del 77.80% (Muestra 1) y del 78.40% (Muestra 2) para una densidad máxima del 2.090 gr/cm³, determinando así que el material que se ensayo no cumple con los parámetros que establece las especificaciones MTOP.

- Para la SUB BASE se obtuvo un valor de CBR del 20.30% (Muestra 3) y del 20.08% (Muestra 4) para una densidad máxima del 1.929 gr/cm³, determinando así que el material ensayado no cumple con los parámetros que establece las especificaciones del MTOP.
- Se puede expresar entonces que los agregados de la mina de Licán no cumplen con los valores de CBR para ser utilizados en bases, subbases, pero si cumple el requisito para ser aplicadas en mezclas asfálticas.
- Con la extracción de núcleos se pudo identificar que los espesores del asfalto obtenidos en el diseño que es de 5 cm no se cumplen, debido a que se encontraron espesores que varían en un rango de 6 a 2.0 cm, presentándose menor espesor por ende menor densidad y menor porcentaje de compactación en las zonas de la avenida que evidencian mayor deterioro, siendo esta otra de las causas que genera el deterioro del pavimento asfáltico de la avenida.
- Con esto se concluye que las causas principales que generan el deterioro de la estructura del pavimento asfáltico, es el subdimensionamiento vehicular, espesores menores a los del diseño, la consideración de otras características de los agregados en el diseño y no existió un continuo mantenimiento del pavimento asfáltico, con el fin de evitar y disminuir procesos de deterioro observados en el análisis de la presente investigación.

7.2 Recomendaciones.

- Es recomendable evaluar las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento asfáltico.

- Es importante diagnosticar, en base a perforaciones, el tipo de suelo donde se va a ejecutar el proyecto, debido a que las condiciones estratigráficas en el Ecuador son variables, definiendo así, si es necesario utilizar material de mejoramiento, que optimice el diseño del pavimento, aumentando la capacidad portante del mismo.
- El parámetro a considerar para asegurar una buena rehabilitación, es la identificación de los deterioros más considerables, estableciendo dimensiones óptimas de las áreas a reparar, utilizando un método de remoción que no afecte la estructura del pavimento.
- Un punto importante a tomar en cuenta y que se ha constatado como falencia en los diferentes proyectos en ejecución es el inadecuado control de los procesos constructivos, puesto que esto afecta en su funcionalidad, disminuye la capacidad y vida útil de la vía.
- Es importante estar a la vanguardia de las técnicas constructivas de pavimentos, aplicadas en países desarrollados, para así implementarlas en el Ecuador, evitando de esta manera las falencias observadas en la presente investigación.
- Al momento de realizar la inspección el campo se debe contar con el equipo necesario para el desplazamiento en la vía.
- Para todo proyecto de Pavimentación, se recomienda realizar los ensayos destructivos y no destructivos correspondientes, con muestreo del tipo de suelo subrasante en el cual se realizará la estructura, a una distancia no menor de 1000m, que puede ser reducida hasta 200m cuando el suelo evidencie cambios significativos, con el fin de definir las propiedades ingenieriles y los materiales de cada perfil estratigráfico, a través de información recopilada en calicatas , para con ello realizar los cálculos necesarios, y así evitar sobrediseños en la estructura.

- Se recomienda continuar con la elaboración de material bibliográfico, que evalúe nuevas y óptimas opciones de mantenimiento de carreteras, de tal manera que se reúna un material completo y actualizado de la materia.
- Se recomienda para la reestructuración del pensum de estudios de la carrera de Ingeniería Civil, considerar la opción de establecer como obligatorio el curso de Pavimentos y Mantenimiento de Carreteras debido a su importancia en las actividades que al ingeniero civil le competen, así como para el desarrollo económico y social del país.

CAPITULO VIII

8. PROPUESTA.

Una vez estudiadas las causas que ocasionan el deterioro prematuro de la estructura del pavimento asfáltico, se expone la alternativa de solución, la que se detalla a continuación:

8.1 Título de la propuesta.

TÉCNICA DE REHABILITACIÓN “WHITETOPPING” PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

8.2 Introducción.

De toda la red vial de nuestro país corresponden a caminos pavimentados y dentro de éstos, más de un 80%, lo constituyen los pavimentos de asfálticos. Al ser los pavimentos flexibles los de mayor uso en nuestro país, la manutención debe enfocarse a la reparación de las principales fallas asociadas a este tipo de material, tales como ahuellamientos, piel de cocodrilo y grietas, así brindar las mejores condiciones para el usuario, tanto en seguridad como en confort. Para lograrlo es necesario contar con tecnologías viables para el proceso de rehabilitación de pavimentos.

Esta técnica moderna de rehabilitación permite la recuperación de los estándares de diseño, reduciendo el impacto sobre los usuarios, tanto durante la ejecución de las obras (requiriéndose muy poco tiempo para rehabilitar), como durante su vida en servicio (reduciendo los problemas de deterioro).

La propuesta que se presenta en este proyecto de investigación se denomina Whitetopping (cubierta blanca), disponible para rehabilitar pavimentos, y en

particular, para pavimentos flexibles, ya que son capas de hormigón aplicadas directamente sobre el pavimento deteriorado. Este sistema incluye la corrección de las principales deformaciones en el asfalto y la colocación del hormigón que se construye directamente sobre la superficie asfáltica ya tratada.

La idea y objetivo de esta propuesta, es mostrar la técnica whitetopping como una alternativa viable a la hora de rehabilitar los pavimentos deteriorados de asfalto. Además de ser el punto de inicio en el desarrollo e investigación de esta tecnología en nuestro país.

La primera etapa de esta propuesta consistirá en la recopilación y análisis de experiencias extranjeras principalmente los casos norteamericanos, ya que en nuestro país no se utilizó esta técnica de rehabilitación.

Entre éstos podemos mencionar los proyectos de vialidades realizados en muchos de los estados de los Estados Unidos de Norteamérica, en ciudades como Querétaro, Puebla, Cuernavaca, Acapulco en México, y recientemente en países sudamericanos como Argentina, Puerto Rico, Costa Rica.

Del análisis de los datos reunidos, se obtendrá una guía de diseño utilizando whitetopping, como también del proceso constructivo.

En una segunda etapa, y complementando la primera fase de esta propuesta, se desarrollará una metodología de diseño tomando en cuenta características específicas de la Avenida Canónigo Ramos en donde se va a realizar la rehabilitación.

Dadas las experiencias en países donde se incorporó esta técnica, el resultado tras su aplicación es un pavimento de gran calidad que brinda una larga vida útil en buenas condiciones de operación.

El Whitetopping satisface la demanda de la ciudadanía de transitar en calles seguras y con excelentes condiciones de servicio por más tiempo, ya que cuenta con más de 15 años de vida útil como se ha comprobado en países de Europa y Estados Unidos.

8.3 OBJETIVOS.

a) OBJETIVO GENERAL.

Describir la técnica Whitetopping como una alternativa de solución, para el pavimento asfáltico de la Avenida Canónigo Ramos desde la Avenida 11 de Noviembre hasta la Avenida Monseñor Leónidas Proaño By-Pas.

b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Desarrollar una guía que permita conocer el uso de la tecnología Whitetopping.
- Realizar varias visitas a la Avenida Canónigo Ramos para obtener información del estado físico en el que se encuentra, para lograr focalizarse en las patologías existentes.
- Clasificar los tipos de deterioros y severidades observadas, con el fin de incorporar la rehabilitación de la carpeta asfáltica por medio del método Whitetopping.
- Desarrollar un estudio de la estructura de la técnica Whitetopping, para determinar las características óptimas en el uso de materiales, dosificaciones y espesores.
- Entregar los principales parámetros de construcción para el uso de esta tecnología.

8.4 Fundamentación Científico –Técnica.

8.4.1 Antecedentes del Ultra Thin Whitetopping.

El Whitetopping tuvo su origen en los Estados Unidos a principios de siglo pasado, donde se comenzaron a recubrir pavimentos de asfalto con hormigón. A partir de la década del 60 en este estado se comenzó a recubrir cada vez más cantidades de pavimentos asfálticos con hormigón, en busca de reducir los costos de mantenimiento de las calzadas.

Los primeros recubrimientos se hacían con hormigón no adherido y los espesores eran similares a los de un pavimento convencional. La experiencia recogida y el buen comportamiento de estos pavimentos condujeron a bajar los espesores de los recubrimientos con hormigón. Luego construyendo el recubrimiento de hormigón totalmente adherido al concreto asfáltico, se logró que ambos materiales trabajen como una nueva estructura compuesta. Con esto último y al sumar el aporte estructural del asfalto se logró bajar aún más los espesores de hormigón, dando así lugar al Ultra Thin Whitetopping (ultra delgado).

De aparición reciente también, y como complemento a la técnica son los hormigones Fast Track o de habilitación temprana, que permiten una apertura al tránsito al poco tiempo de aplicada la capa de hormigón. El desarrollo de estos hormigones permite sumar las ventajas de la puesta en servicio de los recubrimientos a pocas horas de haber concluido la ejecución propiamente dicha, con lo que se consigue un Ultra-Thin-Whitetopping-Fast-Track (UTWFT) o recubrimiento ultradelgado de habilitación temprana.

Las experiencias realizadas en Louisville (Kentucky) en 1991 comprobaron la viabilidad de esta tecnología. Este fue el primer proyecto UTW en los Estados Unidos, se realizó en septiembre del año 1991. Se trataba de un pavimento

experimental de acceso a un vertedero de tierras. Dicha carretera soportaba un tráfico de 600 camiones diarios durante 5 días y medio cada semana, lo cual provocó que se empezaran a formar ahuellamientos en el pavimento.

Como medida correctora se decidió ensayar la técnica de los recubrimientos ultradelgados adheridos, a pesar de considerarse que el principal campo de aplicación de la misma son las vías sometidas a un tráfico reducido. Para la ejecución del pavimento se utilizó un hormigón Fast-Track permitiendo su apertura al tráfico a las 42 horas. La adherencia se garantizó mediante el fresado previo del pavimento asfáltico existente.

Del experimento en Kentucky se llegó a la conclusión de que el hormigón puede ser colocado en una capa de tan sólo 5 cm sobre el asfalto existente. Más aún, se concluyó que la habilitación rápida es posible. Se determinó que la distribución de juntas debe formar una cuadrícula con distancias de entre sesenta centímetros y un metro ochenta. Adicionalmente, se comprobó que existe adherencia entre el asfalto y el hormigón, transformando ambos materiales en una sola estructura compuesta.

La corta separación entre juntas y la buena adherencia con el soporte han sido dos factores clave para el buen comportamiento.

El recubrimiento con capas ultra delgadas (Ultra Thin Whitetopping), es una tecnología de desarrollo más reciente, pero desde su implementación la cantidad de proyectos ha demostrado un crecimiento sostenido a la fecha. En los Estados Unidos ha resultado ser una alternativa muy atractiva porque se ha combinado una larga vida de servicio con bajos costos de mantenimiento, unida a un costo inicial muy competitivo, que tienen como resultado un costo total reducido. El costo anual es menor que el de las sobre capas de asfalto, que requieren mantenimiento significativo y renovaciones de la superficie en el mismo periodo de análisis, constituyendo una gran economía en la conservación y mantenimiento de los caminos en todo el mundo, dándole fundamentalmente una gran vida útil a costos inferiores.

Los resultados de estos estudios y otras aplicaciones del "whitetopping" internacional señalan muchas posibilidades interesantes. De la experiencia realizada en Argentina en el 2002, en el cual se utilizó la técnica del Ultra Thin Whitetopping, se concluyó que el costo de ejecución de un UTW es menor al costo económico de un trabajo de fresado y reposición de carpeta asfáltica en igual espesor de trabajo. Es decir que el costo de ejecución de un UTW se equipara al costo de 2 reparaciones de fresado y restitución de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor. Quedando el resto de las reparaciones durante el periodo de vida útil como economía.

La rehabilitación mediante la colocación de losas de concreto sobre los pavimentos flexibles que han sufrido daños por causa del tráfico, la humedad y el clima, este tipo de rehabilitación permite una rápida reparación de vías con daños superficiales en su carpeta asfáltica, ampliando su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento, corrigiendo las deformaciones tanto en los perfiles longitudinales como transversales, aumentando con esto el nivel de servicio, que se traduce en una mayor comodidad de los usuarios y la disminución de los costos de operación.

Esta propuesta pretende presentar los procedimientos de diagnóstico y diseño de la técnica de rehabilitación de pavimentos flexibles tipo Whitetopping.

Este sistema incluye la corrección de las principales deformaciones en el asfalto y la colocación del hormigón que se construye directamente sobre la superficie asfáltica ya tratada. Cuando los pavimentos asfálticos presentan deterioro con fallas tales como ahuellamiento, grietas, piel de cocodrilo y baches dentro de las más comunes, es necesario desarrollar algún tipo de rehabilitación para recuperar el estándar de diseño ya la vez disminuir los riesgos que accidentes que aumentan con las fallas antes mencionadas.

Gráfico 65 . Estructura del Whitetopping



Fuente: Facultad de ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, ORREL PEDUARDO

Esta técnica corrige las deficiencias funcionales y estructurales a la vez. Según el espesor de la capa de hormigón, el Whitetopping presenta subcategorías: convencional, delgado y ultradelgado, siendo las dos últimas mucho más recientes que la primera.

Esto, a su vez, reduce el potencial para el bombeo, falla y pérdida de soporte del pavimento.

8.4.2 Definición Whitetopping.

Es un capa de hormigón de cemento portland construido sobre un pavimento asfáltico existente. Se diseña considerando una fuerte unión entre las dos capas, minimizando la necesidad de un espesor adicional, incluye la reparación, preparación y limpieza del pavimento asfáltico existente antes de aplicar la capa.

Esta técnica corrige las deficiencias funcionales y estructurales a la vez. Constituye una forma de rehabilitación que se diseña para extender la vida en servicio de un pavimento asfáltico deteriorado.

8.4.3 Se clasifica en:

Esta técnica se clasifica comúnmente en tres categorías:

- Convencional.
- Delgado.
- Ultra Delgado (Ultra Thin WHITETOPPING).

Esta clasificación se basa en el espesor de la nueva capa de concreto que tendrá al iniciar su servicio.

1. Convencional.

El convencional es el de mayor espesor, construido con 20 cm o más concreto.

2. Delgado.

El delgado posee dimensiones que oscilan entre 12 y 15 cm.

3. Ultra Delgado (Ultra thin Whitetopping).

Mientras que el ultra delgado es construido comúnmente con 5 cm y 10 cm de espesor.

En el caso especial del Ultra Thin Whitetopping su diseño responde a la necesidad de unir al concreto con el pavimento asfáltico existente de manera que las dos capas actúen como una sección compuesta en lugar de dos capas independientes, permitiendo así que el espesor del recubrimiento de concreto disminuya mientras que deja que se acomode el nivel de la carga de tráfico. En estos casos las juntas están a distancias más cortas (60 cm a 180 cm) en comparación a los otros dos sistemas ya que de esta manera se garantiza que las losas no presenten fisuras.

8.4.4 Características de Whitetopping Ultra Delgado (UTW).

Los UTW presentan las siguientes diferencias con los recubrimientos de hormigón convencional:

- Los recubrimientos con capas delgadas pueden soportar cargas típicas correspondientes a tránsito liviano, calles residenciales, sectores de paradas de colectivos y playas de estacionamiento. En general tránsito liviano y mediano.
- Se debe lograr una total adherencia entre el asfalto y la nueva capa de hormigón, de modo que ambos materiales trabajen como una estructura compuesta.
- El espesor de hormigón varía entre 5 cm y 10 cm.
- La resistencia del hormigón es mayor que en un pavimento convencional.
- La separación entre juntas oscila entre 12 y 18 veces el espesor del recubrimiento.
- Las losas se dimensionan como un pavimento articulado de dimensiones variables dependiendo de la estructura de soporte.
- Utilización de corte con sierra delgada (2mm) que permite no sellar las juntas, reduciendo los costos de sello y mantención de estos.
- Espesores tan delgados como 5 cm pueden colocarse utilizando equipo convencional con moldes deslizantes.
- Es habitual la utilización de la técnica Fast Track para habilitación rápida al tránsito.

Gráfico 66. Comparación entre corte delgado y convencional



Fuente: Facultad de ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, ORELL EDUARDO.

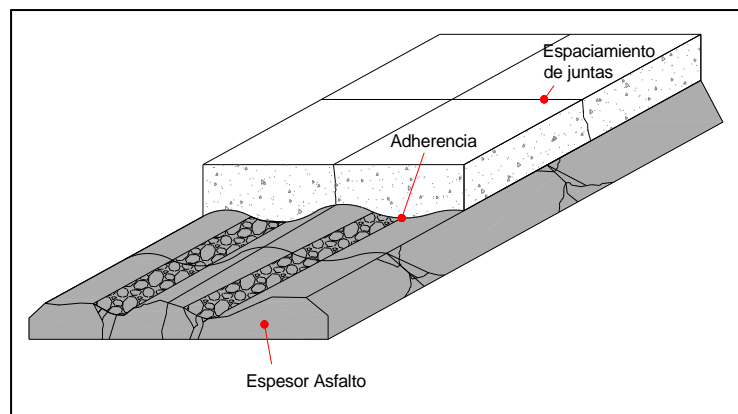
8.4.5 Aplicación del Whitetopping.

Generalmente al hablar de recubrimientos ultra delgados o delgados se piensa en usarlo sobre asfalto que presenta fallas tales como ahuellamiento (rutting), desplazamientos (shoving) y otras fallas superficiales.

Un pavimento asfáltico dañado severamente con un importante deterioro estructural, con problemas en las bases o sub bases, malas condiciones de drenaje, desmoronamiento árido.

El pavimento a rehabilitar requiere de un mínimo espesor del asfalto después de haber fresado la superficie, para así entregar un buen soporte al hormigón.

Gráfico 67. Factores que influyen en el comportamiento de Whitetopping Ultra delgado



Realizado por: Olga Calero – Mayra Guamán

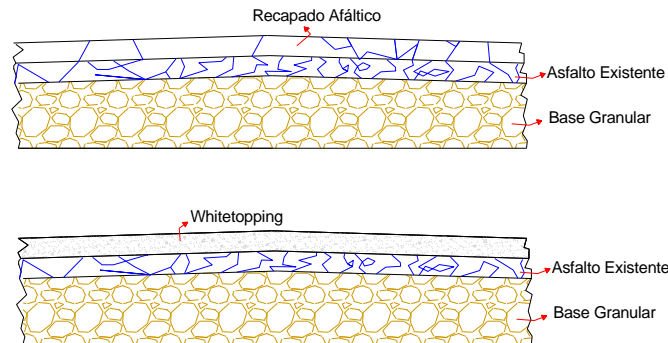
8.4.6 Ventajas del Whitetopping.

- Proporcionan una superficie segura que dará muchos años de servicio reduciendo los costos de mantenimiento.
- Se requiere una mínima preparación de baches existentes y del lavado de la carpeta, previo a la construcción de la losa de concreto.
- El asfalto se malogra en principio como consecuencia de la formación de baches y de la oxidación de la superficie. Ninguno de estos factores afecta al pavimento de hormigón.
- Se incrementa notablemente la luminosidad del camino, lo que reduce incluso los gastos de iluminación nocturna.
- Reduce drásticamente el tiempo y los retrasos que generalmente acompañan al mantenimiento constante de una superficie de asfalto.
- Permite que la construcción se haga directamente sobre la superficie flexible existente, sin tener que eliminar o reparar la sub-base o la subrasante en toda la extensión del proyecto, ofreciendo así una solución más económica en la inversión inicial, ya que evita trabajos de reparación y/o cambios de bases y sub bases, lo que significa ahorros importantes en dinero y tiempo.
- Mejoran la seguridad de la superficie del pavimento. Las cargas pesadas causan desplazamientos y ahuellamientos en el asfalto, lo cual es peligroso para los usuarios y es un problema serio en los sitios en donde los vehículos frenan y arrancan frecuentemente. Las cargas pesadas no ahuellan ni

desplazan el hormigón y también presenta una buena resistencia al resbalamiento.

- Los recubrimientos de hormigón no desarrollan las fallas encontradas en el asfalto, las experiencias realizadas demuestran que cuando ocurre ahuellamiento, éste no se elimina con la colocación de un recubrimiento de asfalto, esto no ocurre en las losas de hormigón por la facilidad de atender los problemas existentes en la capa inferior.

Gráfico 68. Comportamiento del recapeo asfáltico y del Whitetopping.



Fuente: Gutiérrez, Elkin Humberto, Whitetopping Una Alternativa de Solución

- Tenemos una larga vida, bajo costo en mantenimiento, bajo costo por aplicación, un aumento en la seguridad y una menor contaminación al ambiente.
- Requiere de una mínima preparación de la superficie dañada, consistiendo ésta en la reparación de baches y el lavado de la carpeta asfáltica, en el caso del convencional y el fresado superficial de la carpeta para el caso del delgado, previo a la construcción de la losa de concreto.

- La vida útil del camino se incrementa a 20 años, disminuyendo drásticamente los costos por mantenimiento.
- Las intersecciones son ideales para la colocación del Whitetopping, dado que el descascamiento y el lavado de los pavimentos asfálticos son problemas comunes.
- Está comprobado que esta tecnología ha sido usada efectivamente sobre pavimentos sujetos a todos los niveles de tráfico, desde carreteras de bajo volumen de tráfico hasta las de tipo urbano, interestatales, pistas laterales y principales de los aeropuertos, intersecciones.
- La sobre losa de concreto es capaz de soportar -con amplios márgenes de seguridad las cargas típicas del tráfico urbano ligero para pavimentos delgados y del pesado para pavimentos convencionales.
- No se requiere de un equipo o maquinaria especializada para su colocación y que en la mayoría de los casos se emplean cimbras convencionales y pavimentadores de concreto, así como la regla vibradora.
- Las distancias de frenado en las superficies de hormigón son mucho menores que para las superficies de asfalto, especialmente cuando el asfalto está húmedo y ahuellado. Las cargas pesadas no ahuellan ni desplazan el hormigón y también presenta una buena resistencia al resbalamiento.
- Las sobre capas o recubrimientos de hormigón no desarrollan las fallas encontradas en el asfalto.
- El reflejo de las grietas es otra de las fallas que puede disminuir considerablemente la vida útil de la sobrecapa de asfalto. Esto no ocurre en

las losas de hormigón por la facilidad de atender los problemas existentes en la capa inferior.

- Las sobrecapas de hormigón sobre pavimentos de asfalto han sido utilizadas como reemplazo de la "construcción por etapas" de los pavimentos flexibles.
- Posibilidad de mejorar el diseño geométrico.
- No se requiere de personal altamente calificado.
- Los equipos necesarios para la ejecución de esta actividad no son difíciles de conseguir.

8.4.7 Desventajas.

- No es recomendable su colocación sobre pavimentos asfálticos con problemas en los materiales, tales como el descascarado del asfalto.
- Paneles más alargados, empleados en secciones de Whitetopping de espesores mayores, sufren otros tipos de problemas, tales como la fisuración en la mitad de la losa y la falla.

8.4.8 OPERACIONES DE CONSERVACIÓN

Las operaciones de conservación que se le realizan a los pavimentos asfálticos o flexibles suelen agruparse en tres categorías: operaciones rutinarias, operaciones periódicas y operaciones de restauración.

8.4.8.1 Operaciones de conservación rutinaria: Son aquellas que implican intervenciones relativamente frecuentes durante el año. Se incluyen en este

grupo: limpieza de faja, perfilado de caminos de tierra, bacheos, limpieza de obras de drenaje, demarcación del pavimento, etc.

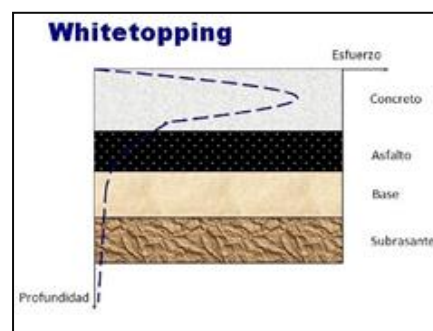
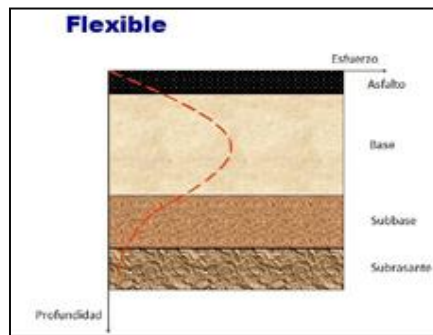
8.4.8.2 Operaciones de conservación periódica: Corresponden a intervenciones que pueden programarse con alguna anticipación, pues quedan determinados por el volumen del tránsito y/o por el clima, normalmente son repetitivos y cíclicos. Se incluyen en esta categoría: recebo de carpetas granulares, sellos asfálticos, reparación de defensas fluviales, reparación de losas de hormigón, etc.

8.4.8.3 Operaciones de restauración: Son intervenciones destinadas a devolver a la obra deteriorada su condición inicial, a veces reforzarla sin alterar la estructura sub-yacente, con el objetivo de evitar su destrucción, preservar la calidad de rodadura y asegurar la integridad estructural. Típicamente en esta categoría encontramos los tratamientos superficiales, micro-pavimentos, recapados sobre pavimentos existentes, etc.

8.4.9 ESTUDIOS NECESARIOS.

Teniendo esto claro, se continua con la siguiente etapa que consiste en realizar los estudios necesarios que sirvan de soporte para la elaboración del diseño, esta evaluación consiste en evidenciar la condición y estado actual de la vía.

Gráfico 69. Curva de esfuerzos de pavimento flexible y Whitetopping.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares.

Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Ensayos de laboratorio.
- Diagnóstico del estado actual de la vía.
- Estudio de tránsito.
- Evaluación de la capacidad estructural del pavimento existente.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de estas actividades anteriores:

8.4.9.1 Ensayos de laboratorio: A las muestras resultantes de los apiques se le deben comprobar sus propiedades mediante los siguientes ensayos:

- Granulometría.
- Humedad natural.
- CBR.
- Contenido de materia orgánica.
- Proctor modificado.

8.4.9.2 Diagnóstico del estado actual de la vía: Esta actividad se realiza mediante un inventario de daños y fallas.

Los parámetros que se utilizan en el diagnóstico, los cuales hacen parte de la factibilidad técnica para rehabilitar mediante Whitetopping son:

- Daños estructurales.
- Daños asociados a la fatiga de las capas asfálticas.
- Daños asociados a la alteración del perfil por deformaciones plásticas acumuladas.
- Daños asociados a la inestabilidad de la banca.
- Daños superficiales.
- Daños asociados a las deficiencias en el diseño o fabricación de la mezcla asfáltica.
- Daños asociados a la calidad de los materiales.

Según las especificaciones de construcción de pavimentos de concreto hidráulico del Instituto de Desarrollo Urbano. Para la realización del inventario de daños y fallas que se consideran en una superficie de pavimento flexible, son las siguientes:

Huecos o baches abiertos: Cavidades o depresiones producidas por desprendimiento de la carpeta asfáltica y de capas granulares. Se consideran 3 tipos de huecos:

- Superficiales: solo comprometen la capa de rodadura y su profundidad es menor a 3 cm.
- Medios: Comprometen parte o la totalidad de la carpeta asfáltica y su profundidad oscila entre 3 y 10 cm.
- Profundos: Profundidad superior a 10 cm, con expulsión de material y compromiso de la base granular.

Fisuras longitudinales y transversales: Son agrietamientos longitudinales y/o transversales que no constituyen una malla, sino que se presentan en forma aislada o continua y son producidas por deficiencia en las juntas de construcción, contracción de la mezcla o desplazamiento de los bordes. Se consideran 3 tipos de fisuras:

- Longitudinales.
- Transversales.
- En bloque

Desgaste superficial: Son las irregularidades que se observan en la superficie, en áreas aisladas o en forma generalizada y son el producto del desgaste de las partículas superficiales o el desprendimiento de alguna de ellas por acción del tránsito o inclemencias del tiempo. El desgaste se clasifica en:

- Incipiente: Pérdida de textura uniforme, mostrando rugosidad e irregularidades hasta de 5 mm de profundidad.
- Medio: Cuando las irregularidades están entre 5 mm y 15 mm de profundidad. Las partículas de agregado están expuestas y se siente vibración al circular.
- Severo: Desintegración superficial de la carpeta, con desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la vía.

Piel de Cocodrilo: Son agrietamientos en forma de malla que inicialmente se presenta en cuadros más o menos regulares con lados entre 25 y 30 cm, que presentan

fracturamientos progresivos en forma de piel de cocodrilo. Posteriormente estas fisuras se ensanchan y profundizan ocasionando desprendimientos. Se consideran tres (3) tipos de fallas:

- *Incipiente:* Cuando los agrietamientos son muy delgados y el tamaño de los cuadros tienen dimensiones próximas a 25 cm por lado. No existe deformación superficial.
- *Medio:* Cuando los bloques se han reducido de tamaño y presentan aristas redondeadas por pérdida de partículas, las grietas que los separan son mayores de 1 cm, se advierten deformaciones y movimientos relativos, y puede existir desprendimiento de algunos bloques.
- *Severo:* Cuando las deformaciones son grandes y se presenta pérdida del material asfáltico y se presenta aparición del material de base.

Ondulaciones: Son deformaciones grandes y notorias de la calzada de la vía, que alteran su perfil longitudinal, por efecto de asentamientos del terraplén o por levantamientos causados por las raíces de árboles.

8.4.9.3 Estudio de tránsito: Es de vital importancia en el diseño del pavimento. Para este tipo de rehabilitación se deben realizar unos conteos, acudir a las series históricas, todo con el propósito de determinar la proyección del tránsito futuro que tendrá la vía en su periodo de diseño.

8.4.9.4 Evaluación de la capacidad estructural del pavimento existente: A continuación se indican los trabajos a realizar para reparar las fallas existentes en el pavimento flexible antes de aplicar el rígido.

Tabla 95. Reparación de fallas.

Condición general del pavimento	Trabajo de reparación
Ahuellamiento menor de 5 mm	Ninguna
Ahuellamiento mayor de 5mm	Fresado o nivelación
Deformación plástica excesiva	Fresado
Baches	Rellenar
Falla de subrasante	Remoción y preparación
Fisuras en general, fatiga en bloque, transversales y longitudinales.	Ninguna

Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares.

8.4.9.5 Evaluación PSI

Calificación 5.0: Corresponde a una superficie de rodamiento en perfecto estado, con textura adecuada que además de hacerla impermeable le da una rugosidad tal que sea antideslizante. Deberá estar totalmente exentas de grietas, ondulaciones o depresiones y permitir velocidad de operación del tramo con absoluta seguridad y comodidad.

Calificación 4.5: Corresponde a superficies de rodamiento en muy buen estado, pero en ella se presentan en forma muy aislada pequeños defectos como grietas de no mayor de 3 mm y ondulaciones o depresiones que no sobrepasen el centímetro. Son defectos que no se notan a velocidad de operación para revisar y juzgar adecuadamente.

Calificación 4.0: Presencia de grietas del orden de 3mm formando piel de cocodrilo en áreas aisladas no mayores de 5 m², ondulaciones y depresiones que no sobrepasen los 1.5 cm, defectos aislados en la textura como áreas lisas no mayores de 5 m².

Calificación 3.5: Grietas en forma de piel de cocodrilo sobrepasando algunas los 3 mm, en áreas no mayores de 20 m², ondulaciones y depresiones aisladas hasta 2.5 cm, defectos leves en las texturas, como ligero exceso de asfalto en la zona de rodado en tramos con pendientes excesivas con fuerte sobre elevación. Aún así se pueden desarrollar las velocidades de operación con absoluta seguridad y comodidad.

Calificación 3.0: Grietas en forma de piel de cocodrilo en zonas extensas del orden de 100 metros continuos, grietas aisladas longitudinales de hasta 1 cm de ancho, ondulaciones y depresiones fuertes, pero sin sobrepasar los 2.5 cm.

Calificación 2.5: Grietas de piel de cocodrilo generalizada, grietas frecuente de 1 cm de ancho, ondulaciones, depresiones y asentamientos frecuentes del orden de 2.5 cm o más, pero sin sobrepasar los 4.0 cm.

Calificación 2.0: Grietas generalizadas con inicio de desprendimientos, asentamientos, ondulaciones y depresiones de 2.5 y 4.0 cm frecuentes, baches sin arreglar. Superficie de rodamiento inaceptable requiriendo reconstrucción.

Calificación 1.5: Grietas de todo tipo generalizadas, asentamientos frecuentes, algunos con más de 4.0 cm, textura inadecuada, zonas lisas. Obliga a reducir la velocidad en un 30 % respecto a la operación del tramo, pero no ofrece comodidad adecuada.

Calificación 1.0 a 0: En el caso de destrucción calificada con profusión de los defectos descritos anteriormente. Los asentamientos y depresiones llegan a ser del orden de 10 cm. La variación entre la calificación 1.0 a 0, podría referirse a la velocidad otorgando la primera a aquellos tramos que obliguen a reducir en un 40 % respecto a la operación del tramo y la última a aquellos tramos prácticamente intransitables donde hay que reducir la velocidad un 60 % para obtener seguridad, más no comodidad.

Luego de haber realizado la evaluación funcional y estimado el valor del PSI se obtuvo que la Avenida Canónigo Ramos tiene un PSI de 2.5, de acuerdo a con las particularidades de nuestra avenida se optó por el diseño de Whitetopping la categoría ultra delgada.

8.4.10 Hormigones Fast-Track de alta resistencia para pavimentos tipo Whitetopping.

Siendo el “Whitetopping” una tecnología típicamente de reparación, generalmente debe asociarse a una rápida habilitación al tránsito. Por este motivo que juntamente a esta tecnología se asocia inmediatamente otra conocida como “Fast-track” o pavimento de rápida habilitación, cuya característica principal que los diferencia de los hormigones tradicionales, es que permite un mejor desarrollo de resistencias del hormigón para un más rápido avance de la obra.

Los pavimentos Fast-Track surgen ante la necesidad de acortar los tiempos de habilitación al tránsito del pavimento y agilizar las tareas de reparación. De esta manera la interrupción del tráfico se reduce al mínimo, pudiendo incluso realizar la rehabilitación de alguna vía en un fin de semana.

El procedimiento correspondiente a la construcción de pavimentos de hormigón de rápida habilitación al tránsito ha sido empleado con éxito para la construcción de prácticamente la totalidad de tipos de pavimentos, incluyendo capas de recubrimiento adheridas y no adheridas a un pavimento de hormigón existente, recubrimientos de hormigón sobre pavimentos asfálticos, pavimentos nuevos y también reconstrucciones de pavimentos deteriorados.

Uno de los aspectos novedosos de estas técnicas es el requerimiento de altas resistencias en las primeras horas de edad, de manera de minimizar los tiempos de curado, aserrado y habilitación al tránsito.

Las soluciones que ofrece la construcción de pavimentos de hormigón, mediante el empleo de hormigones tradicionales son lentas y provocan la interrupción del tránsito, con la consiguiente congestión del mismo, especialmente en las áreas urbanas. El tiempo que requiere un hormigón convencional para alcanzar la

resistencia de diseño oscila aproximadamente entre 5 y 15 días, en cambio con un hormigón Fast-Track el tiempo se vuelve una cuestión de horas. La mayor o menor cantidad de horas dependerá del diseño de la mezcla adoptada y de las condiciones de exposición y curado.

Empleando la tecnología de los hormigones Fast-Track, el desarrollo de la resistencia se promueve en forma tal, que el tiempo de espera para librar el pavimento al tránsito puede reducirse a intervalos comprendidos entre aproximadamente 6 y 24 horas. De esta forma, la alternativa de realizar la construcción y/o reparación del pavimento con este tipo de hormigón resulta altamente atractiva.

8.4.11 Materiales Utilizados.

En general este tipo de hormigones no requiere la utilización de agregados “especiales”, aunque es necesario que éstos estén suficientemente limpios, sean de buena cubricidad y posean una distribución granulométrica que asegure curvas continuas dentro de los límites recomendados por los reglamentos.

Otro aspecto a analizar es la elección del tipo de cemento. De la lectura de trabajos realizados al respecto, se observó que en general se utiliza CPN40 (cemento Pórtland normal, categoría 40), CPC40 (cemento Pórtland compuesto, categoría 40) estos cementos permiten obtener altas resistencia a la compresión además de óptimos tiempos de fraguado a los 28 días, aunque podría utilizarse cualquier otro cemento Pórtland disponible que presente el comportamiento adecuado.

Los cementos se clasifican de acuerdo con su resistencia, en dos grados:

- a) Cemento corriente.
- b) Cemento de alta resistencia.

Los contenidos de cemento son altos encontrándose entre 390 y 450 Kg/m³. Las

relaciones a/c utilizadas dependen de varios aspectos, aunque es probable que se utilicen rangos entre 0,30 y 0,4 con la ayuda de importantes dosis de aditivos plastificantes y superfluidificantes.

8.4.12 Requisitos para la mezcla de hormigón.

Generalmente se requieren los siguientes atributos para el Hormigón empleado en pavimentos Fast-Track.

- Resistencia a la flexión mínima para los pavimentos tradicionales es a los 28 días de 4 MPa ó 40 kg/cm² (600 psi) o una resistencia a la compresión a los 28 días de 30 MPa ó 306 kg/cm² (4.400 psi) para pavimentos.
- En un pavimento Fast- Track la resistencia a la compresión mínima a las 24 horas debe ser del orden de los 230 kgf/cm² (23MPa) y a la flexo tracción 25 kgf/cm² (2.5 Mpa).
- Contenido mínimo de cemento de alrededor de 420 kg/m³.
- Relación agua-cemento (a/c) máxima de 0,40. Esto significa que son hormigones de baja permeabilidad y por lo tanto, de gran durabilidad.
- Asentamiento para Hormigón con moldes fijos lateral es: 25 a 50 mm (1 a 2") y para Hormigón para moldes deslizantes: 13 a 38 mm (1/2 a 1½").
- El contenido de aire se basa en la condición de exposición y el tamaño máximo de los agregados.
- Módulo de finura de los agregados finos entre 2,5 y 2,7.

Los hormigones empleados para construir estos pavimentos, ganan resistencia rápidamente. Se debe controlar permanentemente el crecimiento de resistencia, hasta que alcance la resistencia necesaria para librar el pavimento al tránsito. La decisión debe basarse en informaciones rápidas y precisas.

El transporte de probetas cilíndricas o prismáticas hasta el laboratorio de ensayos

hace que sean poco prácticos los métodos tradicionales para determinar la resistencia del hormigón. En los países que tienen experiencia sobre este tema se emplean ensayos no destructivos para determinar la resistencia del hormigón a cortas edades.

8.4.13 Métodos de evaluación de resistencia.

En el campo, debido a que normalmente se requiere la obtención de estas resistencias a 6 u 8 horas, el control de desarrollo de la misma se realiza (por cuestiones prácticas) con equipos de ensayos no destructivos, que por supuesto, son calibrados previamente en laboratorio con la dosificación utilizada en obra. Este control tiene vital importancia debido a que en obra la variación de las condiciones climáticas hace que el desarrollo de resistencia en el tiempo no solamente depende de la fórmula utilizada (tipo de materiales y proporciones), sino de las condiciones de curado (temperatura y humedad), que en general, solamente es posible controlar en rangos climáticos acotados, lo que genera una importante incertidumbre en los valores de resistencia del hormigón colocado.

8.4.14 Métodos indirectos o no destructivos.

Los ensayos no destructivos comprenden una serie de técnicas destinadas a inspeccionar o probar un material sin perjudicar su empleo futuro.

Estos ensayos no determinan resistencias mecánicas, sino otras propiedades, generalmente elásticas y mediante correlación con la resistencia, permiten obtener una estimación más bien cualitativa de la calidad del hormigón.

Entre los métodos de ensayos no destructivos más utilizados se pueden mencionar:

- *Método de ultrasonido.*- Este ensayo mide la velocidad de los impulsos de las vibraciones que pasan a través del hormigón. Mediante un transductor

electroacústico.

- *Método del esclerómetro o martillo Schmidt.*- Este método consiste básicamente en la utilización de un aparato (esclerómetro) que impacta sobre la superficie del hormigón mediante una cierta masa y energía, en el cual se mide el rebote de esta masa.
- *Método de madurez.*- Este método combina los efectos de tiempo y temperatura en el desarrollo de resistencia del hormigón, es capaz de predecir un nivel de resistencia alcanzado en función de la historia de temperaturas que experimenta el hormigón

Todos estos métodos requieren ser calibrados, utilizados e interpretados por profesionales y personal técnico experimentado de manera de obtener un mínimo valor de incertidumbre en los resultados.

8.4.15 Funcionamiento de los pavimentos delgados y ultradelgados.

8.4.16 Adherencia.

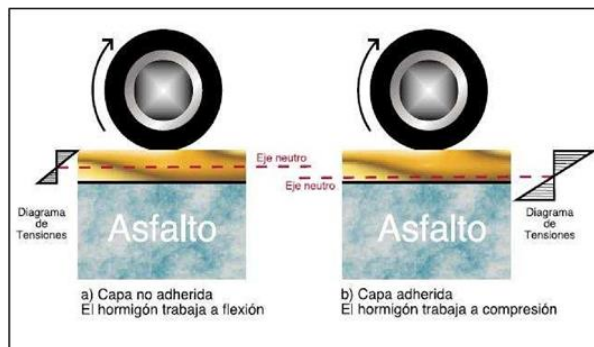
La necesidad de contar con una adecuada adherencia y mantenerla en servicio es un factor crítico y condiciona fuertemente el diseño y ejecución de este tipo de recubrimiento.

Es fundamental para un adecuado funcionamiento, lograr una buena adherencia entre la capa de hormigón y la del asfalto existente, de tal modo que el pavimento se comporte como una estructura compuesta. El método más eficaz para garantizar una adherencia adecuada entre el concreto y el asfalto parece ser el fresado de unos pocos centímetros de este último, hasta obtener una superficie rugosa y sana. Esto causa que las capas actúen monolíticamente y compartan las cargas, lo que disminuye

significativamente las tensiones de tracción que se generan en la parte inferior de la losa, incrementando la capacidad estructural del pavimento.

Al presentar una importante adherencia entre ambos materiales, el eje neutro en el hormigón cambia desde la mitad de la losa de hormigón hasta el fondo de la misma. Este descenso del eje neutro disminuye los esfuerzos llevándolos a valores que el hormigón puede soportar. Con la adherencia, el hormigón toma mayoritariamente las tensiones de compresión logrando un mejor comportamiento del material combinado, y la posibilidad de tomar tensiones mayores lo que permite utilizar espesores proporcionalmente menores.

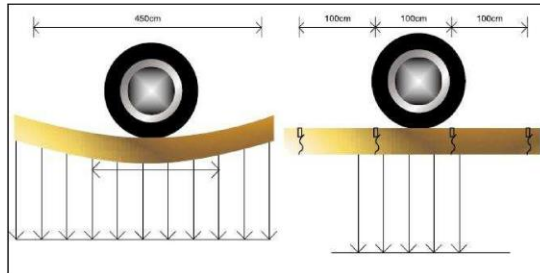
Gráfico 70. Esquema comportamiento estructural.



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos.

En resumen, en las esquinas los esfuerzos disminuyen porque la adherencia crea una sección más gruesa, sin embargo en la superficie de la losa, aumentan a causa del descenso del eje neutro. Si el eje neutro se desplaza lo suficientemente bajo, la ubicación de la carga crítica debe moverse desde el borde hacia la esquina, dependiendo de los materiales y de las características de la capa. Esto explica porqué muchos proyectos han desarrollado grietas de esquina.

Gráfico 72. Al tener espaciamientos cortos se busca que el pavimento actúe como mecanismo y no como estructura



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos

8.4.18 MÉTODO DE DISEÑO.

Para el diseño del Whitetopping no existe un método único y uniforme. A medida que se han desarrollado proyectos, cada institución a cargo de éstos, ha adoptado algún método que se adapte a sus requerimientos de mejor forma.

El concepto del diseño de los recubrimientos ultra delgados difiere del diseño tradicional para los demás pavimentos de hormigón. La tecnología del recubrimiento con capas delgadas de hormigón (UTW), es esencialmente una estrategia de mantenimiento limitada por factores del pavimento existente, y no necesariamente puede diseñarse para un período de 20 o 30 años, como sucede para un pavimento de hormigón convencional.

Los métodos de diseño que toman en cuenta esta solución, deben considerar las características de soporte de la estructura existente que normalmente tiene capa de sub-base, base y asfalto.

En esta investigación se presenta el método de diseño desarrollado por la American Concrete Pavement Association (ACPA), que involucra la determinación de dos

factores: Capacidad de transporte de carga y vida de servicio esperada, convirtiendo este método de diseño de UTW más en un procedimiento de evaluación, que de diseño.

8.4.18.1 Método de diseño de espesor de la ACPA (American Concrete Pavement Association).

Este método de diseño está indicado para pavimentos ultradelgados (UTW). El método está basado en observaciones y mediciones en terreno, más la confección de un modelo 3D en un software de elementos finitos. También se considera el efecto de los esfuerzos producidos por gradientes de temperatura.

A manera de simplificación, el método se resume en una serie de tablas ordenadas según categorías de camiones definidas como sigue:

- Carga por eje categoría A (camiones pequeños) con un máximo de carga por eje simple de 80kN (18000lb) y para eje doble 160 kN (36000 lb).
- Carga por eje categoría B (camiones medianos) con un máximo de carga por eje simple 116 kN (26000 lb) y para eje doble de 196 kN (44000 lb).

De las tablas se obtiene el número de camiones (en miles) para un supuesto de carga y de diseño de UTW el cual está definido en términos de capacidad de soporte de la base, resistencia a la flexión del hormigón (PCC), espesor r del hormigón, espesor del asfalto y la separación de las juntas.

Las tablas de diseño son las siguientes:

Tabla 96. Método de diseño ACPA

N° de camiones (en miles) admisibles por pista para UTW (Carga por eje Cat A, K= 27 Mpa/m)							
Resistencia Flexión (Mpa)	h2 Espesor Asfalto (Cm)	h1,espesor UT (cm)					
		5		8		10	
		Espaciamiento de juntas (m)					
		0,91	0,61	1,22	0,91	1,83	1,22
4,8	7,62	6	60	40	104	137	303
4,8	10,16	56	156	125	234	294	546
4,8	12,7	169	375	314	507	593	996
4,8	15,24 o más	462	839	709	1070	1188	1862
5,5	7,62	24	77	90	158	273	458
5,5	10,16	81	183	201	311	478	748
5,5	12,7	213	422	428	625	858	1290
5,5	15,24 o más	507	935	880	1249	1572	2301

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos

Tabla 97. Método de diseño ACPA

N° de camiones (en miles) admisibles por pista para UTW (Carga por eje Cat A, K= 54 Mpa/m)							
Resistencia Flexión Mpa	h2 Espesor Asfalto cm	h1,espesor UTW (cm)					
		5		8		10	
		Espaciamiento de juntas (m)					
		0,91	0,61	1,22	0,91	1,83	1,22
4,8	7,62	30	163	117	258	331	640
4,8	10,16	140	385	310	519	606	1045
4,8	12,7	384	842	664	1008	1099	1748
4,8	15,24 o más	765	1709	1092	1663	1591	2499
5,5	7,62	70	209	221	374	577	915
5,5	10,16	201	450	436	667	912	1396
5,5	12,7	480	938	840	1222	1487	2190
5,5	15,24 o más	882	1877	1334	2227	2039	3574

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos

Tabla 98. Método de diseño ACPA

N° de camiones (en miles) admisibles por pista para UTW (Carga por eje Cat. B, K= 27 Mpa/m)							
Resistencia Flexión Mpa	h2 Espesor Asfalto cm	h1,espesor UTW (cm)					
		5		8		10	
		Espaciamiento de juntas (m)					
		0,91	0,61	1,22	0,91	1,83	1,22
4,8	7,62	NR	29	1	38	8	136
4,8	10,16	15	90	43	122	98	299
4,8	12,7	90	228	168	301	273	593
4,8	15,24 o mas	259	529	428	671	639	1181
5,5	7,62	2	43	31	84	106	268
5,5	10,16	39	110	98	188	238	471
5,5	12,7	129	263	252	406	501	845
5,5	15,24 o mas	328	596	576	840	1007	1581

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos

Tabla 99. Método de diseño ACPA

N° de camiones (en miles) admisibles por pista para UTW (Carga por eje Cat B, K= 54 Mpa/m).							
Resistencia Flexión Mpa	h2 Espesor Asfalto Cm	h1,espesor UTW (cm)					
		5		8		10	
		Espaciamiento de juntas (m)					
		0,91	0,61	1,22	0,91	1,83	1,22
4,8	8	NR	75	6	102	56	298
4,8	10	55	216	110	284	230	578
4,8	13	197	497	331	620	553	1076
4,8	15 0 más	511	1053	771	1221	1148	1915
5,5	8	9	111	79	197	266	551
5,5	10	101	261	221	398	502	875
5,5	13	277	622	495	778	922	1460
5,5	15 o más	639	1183	1002	1493	1583	2438

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, Alternativas de Rehabilitación de Asfaltos

8.4.19 Proceso Constructivo.

Debe hacerse una evaluación de las condiciones existentes del pavimento deteriorado para tener la seguridad de recomendar el uso del Whitetopping y la factibilidad técnica de su aplicación. Contando con los elementos anteriores, la construcción se realiza de la siguiente manera:

1. Reparación de baches superficiales y posible fresado de las zonas que presenten deformaciones importantes y fresado continuo para pavimentos delgados.
2. Limpieza enérgica de la superficie existente para garantizar la adherencia del Whitetopping.
3. Dependiendo del proyecto, se hará la selección del sistema de colocación más adecuado.
4. Con el tramo a rehabilitar listo, se realiza el suministro de concreto hidráulico, cuidando siempre la calidad en la aplicación para garantizar el éxito del proyecto.
5. Luego de su colocación, se deberá realizar el terminado y el texturizado, evitando agregar agua a la superficie para no causar problemas de agrietamientos plásticos y pérdida de resistencia en la superficie. Se debe proteger el concreto mediante curado para evitar la pérdida de humedad y así garantizar que se alcance la resistencia indicada en el diseño.
6. Por último, se deberán formar las juntas de contracción del concreto, ya sea a partir de su aserrado mediante discos con punta de diamante o con la inserción de cintas de PVC, en un tiempo tal que se evite el despostillamiento del concreto y se logre, además, evitar el agrietamiento no controlado de las losas.

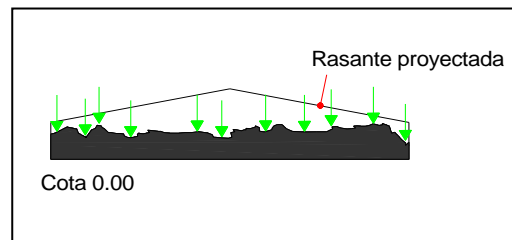
8.4.20 Preparación de la Superficie

1. Colocación directa

En este caso la superficie no se trata y las huellas se llenan con el hormigón de la nueva capa. No es necesario fresar, hacer gradación de finos ni otra actividad. La colocación directa se recomienda para todos los casos en los que el ahuellamiento no supere los 5 cm.

La construcción directa es muy efectiva desde el punto de vista de costos, porque no se necesitan procedimientos constructivos previos. Además el costo del levantamiento es mucho menor que el de nivelar la superficie.

Gráfico 73. Esquema de recolección de puntos para realizar el perfil topográfico.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

2. Fresado del asfalto existente.

Las irregularidades de la superficie a rehabilitar pueden quitarse fresando el asfalto existente. Para que el perfil quede uniforme por lo general hay que remover entre 2,5 a 7,5 cm. de la superficie. El fresado establece el acabado de la rasante y la pendiente transversal de la vía, según sea necesario. En relación a la colocación directa, este método requiere de menos tiempo que el levantamiento topográfico, sin embargo hay que considerar el costo de la máquina fresadora y del manejo de los materiales removidos (que pueden utilizarse en la construcción de bermas). Hay ocasiones en que por requerimientos geométricos se hace imprescindible el fresado de manera de

mantener la cota de la rasante de acuerdo a esos requerimientos, por ejemplo el gálibo bajo un paso bajo nivel.

Gráfico 74. Vista de la superficie tras el fresado. Nótese la textura rugosa de la superficie, fundamental para obtener una buena adherencia.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

3. Capa niveladora.

Una capa niveladora puede crear una superficie de pavimento uniforme, por lo general se necesitan entre 2,5 a 5 cm. de asfalto para quitar las deformaciones del pavimento existente. Usualmente se usa una mezcla bituminosa caliente que debe reunir las especificaciones de diseño tradicionales y usar agregados gradados convencionales. Debido a su costo, no es recomendable utilizar ésta alternativa donde las deformaciones sean menores que 5 cm.

8.4.21 Limpieza de la Superficie

Tras la preparación de la superficie, es necesaria una profunda limpieza de ésta. Para la eliminación de las partículas grande, basta con un buen escobillón. Para limpiar el polvo, es recomendable aplicar aire comprimido. Se recomienda humedecer el asfalto de manera de enfriarlo para evitar un secado acelerado del hormigón que provocaría microfisuración en el hormigón fresco.

Gráfico 75. Faenas de limpieza con escobillón para las partículas grandes.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

Gráfico 76. Faena de limpieza más profunda, usando aire comprimido, para remover las partículas más pequeñas.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

8.4.22 Hormigonado de la Superficie.

Para realizar la colocación del hormigón, se puede utilizar, en el caso de vías urbanas, un tren pavimentador de tamaño medio, especialmente diseñado para trabajos en ciudad. Este tren permite una colocación más rápida y eficiente con una mejor terminación superficial, alcanzándose rendimientos mucho mayores que los logrados con el sistema tradicional de cercha vibradora. Además, este sistema utiliza el mismo cable guía de la fresadora para dar la terminación y horizontalidad de rasante requerida.

El hormigón se coloca con descarga directa del camión mixer en el sitio de colocación.

Para la terminación puede realizarse un planchado manual, si es que la terminación del tren pavimentador no es la adecuada. Para un mejor resultado convendría ajustar el cono del hormigón. Para darle la textura adecuada, se puede utilizar una aspillera o con un escobillón.

La aspillera húmeda deja una textura rugosa, pero son surcos poco profundos, en el caso del escobillón, los surcos son más profundos.

Gráfico 77. Colocación del hormigón, directamente desde el camión mixer.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

Gráfico 78. Tren pavimentador en faenas de hormigonado.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

Gráfico 79. Aplicación de aspillera, para la obtención de la textura rugosa.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares.

8.4.23 Membrana de Curado.

Para retener la humedad interna del hormigón es recomendable en forma inmediata al texturizado, utilizar alguna membrana de curado para evitar el secado acelerado de la superficie y por lo tanto fisuración plástica. La aplicación se realiza rociando la superficie con fumigadores.

La tarea de impermeabilizar la superficie es de suma importancia para evitar la aparición de fisuras y microfisuras considerando que se trata de un hormigón con un alto contenido de cemento.

Gráfico 80. Aplicación de la membrana de curado.



Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

8.4.24 Corte de Juntas.

El corte de las juntas se debe realizar en cuanto la resistencia de la superficie sea suficiente como para soportar el peso de las máquinas de corte. Esto ocurre por lo general cerca de las 4 horas de colocado el hormigón.

La evolución rápida de estos hormigones y el gran número de juntas a realizar, impone la necesidad de ser muy estrictos en lo que respecta al aserrado para evitar que se desarrollen tensiones tangenciales fuertes que alteren la adherencia. El corte de las juntas se debe realizar en cuanto la resistencia de la superficie sea suficiente como para soportar el peso de las máquinas de corte.

8.4.25 Curado del Hormigón.

Para acelerar el fraguado del hormigón es recomendable utilizar mantas protectoras de polietileno, con el fin de lograr un aumento en la resistencia acelerada y así disminuir el plazo de apertura al tránsito de la vía.

En experiencias anteriores se utilizó polietileno con burbujas de 5 mm, colocando el lado donde se encuentran las burbujas, hacia abajo. Este sistema de curado, tiene la doble ventaja de mantener la temperatura del hormigón alta y así acelerar la ganancia de resistencia y conservar el nivel de humedad necesario para que el cemento reaccione.

8.4.26 Transferencia de Cargas.

La necesidad de barras de transferencias de cargas en las juntas transversales depende de la capacidad de soporte, el tráfico y el diseño de las losas. Se recomienda el uso de juntas en vías que tengan un tráfico pesado (de más de 5 millones de ejes

equivalentes), pero en estos casos los espesores de diseños son mayores a los de Whitetopping delgado y ultradelgado en el caso de éstos, las barras de transferencia de cargas no se necesitan.

8.4.27 Tiempos de espera para la completa habilitación del tránsito

8.4.27.1 Criterio de habilitación.

Un criterio apropiado para la apertura al tránsito, sería una resistencia a la compresión de 20 Mpa de probetas moldeadas a pie de obra. Esta resistencia se obtiene en hormigones Fast Track en un lapso de 20 horas aproximadamente. En el caso de hormigones normales, tras 48 horas puede realizarse la apertura al tránsito.

La liberación al tránsito debe adoptarse en función de la resistencia del hormigón, y no arbitrariamente en función del tiempo transcurrido desde el momento de la construcción del pavimento.

El criterio de habilitación al tránsito es el de resistencia a flexión del hormigón. Por razones prácticas normalmente esta resistencia se refiere a un valor de resistencia a compresión que habitualmente se encuentra entre 15 y 25 MPa, medida sobre probetas moldeadas a pie de obra. Los registros de temperatura y el cálculo de la madurez del pavimento permiten asegurar que la resistencia efectiva del mismo, en el momento de la habilitación es superior al valor indicado por el ensayo de probetas moldeadas.

Sería suficiente una resistencia a la compresión de más de 13 MPa para obtener la adherencia necesaria para la habilitación (1,4 MPa).

8.4.27.2 Evolución relativa de resistencia a corta edad

Del análisis del mismo se deduce que, adoptando el criterio de la resistencia a la flexión o incluso la adherencia, sería posible efectuar una habilitación más temprana aún, que si se adopta la referencia de la resistencia a la compresión. Esto permitiría

resolver situaciones aún más críticas con idéntica tecnología

Tabla 100. Datos de resistencias para recubrimientos adheridos de habilitación rápida.

Edad	Resistencia a la compresión (Mpa)	Modulo de rotura por flexión (carga centrada) (Mpa)	Adherencia (Mpa)
4 hrs	1.7	0.9	0.9
6 hrs	7.0	2.0	1.1
8 hrs	13.0	2.7	1.4
12 hrs	17.6	3.4	1.6
18 hrs	20.1	4.0	1.7
24 hrs	23.9	4.2	2.1
7 días	34.2	5.0	2.1
14 días	36.5	5.7	2.3
28 días	40.7	5.7	2.5

Fuente: Whitetopping – Una Alternativa de Rehabilitación, Elkin Humberto Gutiérrez Colmenares

8.5 Descripción de la propuesta.

Se recopilará antecedentes y ordenamiento de datos de estudios y experiencias extranjeras encontradas en sitios de internet en el cual se haya implementado la tecnología Whitetopping, además de toda la información necesaria que ayuden a cumplir con los objetivos planteados.

El presente proyecto de investigación reúne información acerca de las principales fallas que causan el deterioro de los pavimentos asfálticos, dificultando el buen transitar, y en virtud de ello da a conocer la técnica Whitetopping, como una nueva alternativa en la rehabilitación de este tipo de pavimentos, que nace como una solución a los constantes mantenimientos que requieren estos pavimentos, señalando las diferentes variables que intervienen en el proceso relativo a la construcción de esta técnica, desde su definición, características, tipo de hormigones, maquinarias y equipos utilizado.

Esta tecnología permite entregar luego de su aplicación un pavimento de excelente calidad, que permitirá proyectar la vida en servicio del pavimento existente en buenas condiciones de operación, disminuyendo así las intervenciones de mantenimientos y sus correspondientes costos.

En la medida que el país se desarrolla, las carencias o falencias de una red vial se traducen en impedimentos para los desplazamientos rápidos y seguros, que afectan muy directamente el nivel de vida de los usuarios al transitar por dichas vías. Buscar nuevas alternativas de solución es de creciente interés para la comunidad.

Es en este contexto donde se basa fundamentalmente la necesidad de contar con nuevas alternativas de solución frente al deterioro que experimentan los pavimentos y en particular los pavimentos asfálticos.

Los pavimentos asfálticos son los de mayor uso en nuestro país, por lo que la mantención debe enfocarse a la reparación de las principales fallas asociadas a este tipo de material y de las causas que más comúnmente las originan, tales como ahuellamientos, piel de cocodrilo, baches y grietas entre otras, y así brindar las mejores condiciones de operación para el usuario tanto en seguridad como en confort.

Dentro de las alternativas disponibles para rehabilitar pavimentos asfálticos, se encuentran las capas de hormigón aplicadas sobre un pavimento de asfalto, esta técnica se denomina Whitetopping (cubierta blanca). La traducción literal marca la diferencia entre el color de un pavimento de hormigón (blanco) frente a uno de asfalto (negro), busca reducir los costos de mantenimiento de las calzadas. En nuestro país no existen experiencias en cual se haya desarrollado esta tecnología.

Este sistema incluye la corrección de las principales deformaciones en el asfalto y la colocación del hormigón que se construye directamente sobre la superficie asfáltica ya tratada.

Según el espesor de la capa de hormigón, el Whitetopping presenta subcategorías: convencional, delgado y ultra delgado, siendo las dos últimas mucho más recientes que la primera. Como complemento a esta tecnología, la experiencia internacional ha demostrado que para obtener éxito, se requiere colocar hormigones que permitan una pronta puesta en servicio del pavimento, estos hormigones son los denominados Fast-track o de habilitación temprana. Disminuyendo de esta manera el impacto vial y los plazos de entrega de la obra, lo que produce un incremento en la productividad y menores molestias para los usuarios.

Es por esta razón que buscando nuevas alternativas de rehabilitación el Whitetopping aparece como una alternativa viable y segura.

La siguiente tabla se utiliza para escoger el método Whitetopping dependiendo de cada una de las características de la Avenida Canónigo Ramos con el propósito de mejorar el funcionamiento estructural y funcional.

Tabla 101. Tipos y características de WHITETOPPING

PROPÓSITO	MEJORA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL			
Diseño	No se asume adherencia entre asfalto y hormigón		Se asume adherencia parcial entre asfalto y hormigón	
Construcción	No se induce adherencia		Se induce adherencia	
Nombre	Whitetopping Convencional	Whitetopping Delgado	Whitetopping Delgado	Whitetopping Ultradelgado
Volumen de tránsito	Mayor a 10000 TMDA	Entre 10000 a 400 TMDA	Mayor a 10000 TMDA	Menor a 400 TMDA
Aplicación	Caminos principales y autopistas	Caminos secundarios y calles urbanas	Caminos principales y autopistas	Calles urbanas, intersecciones, terminales de buses
Espesores	Mayor a 20 cm	Entre 13 y 20 cm	Entre 10 y 15 cm	Entre 5 y 10 cm
Método de diseño	AASHTO ACPA	AASHTO ACPA	CDOT TDOT	PCA/ACPA IDOT
Condición del pavimento asfáltico	Ahuellamiento menores a 5 cm y grietas.	Ahuellamiento menores a 5 cm y grietas.	Ahuellamiento mayor a 5 cm, sin delaminación del asfalto.	Ahuellamiento mayor a 5 cm sin delaminación del asfalto.

Fuente: Instituto del cemento y del hormigón, Google. (Internet) http://www.ich.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=471:ique-tipos-de-whitetopping-existen&catid=221:whitetopping&Itemid=84

TMDA: Tránsito Medio Diario Anual.

ACPA: Método desarrollado por la America Concrete Paviment Association.

CDOT: Método desarrollado por el departamento de Tránsito del Estado de Colorado.

TDOT: Método desarrollado por el departamento de Tránsito del Estado de Texas.

IDOT: Método desarrollado por el departamento de Tránsito del Estado de Illinois.

La idea y objetivo de esta propuesta, fue mostrar la técnica whitetopping como una alternativa viable a la hora de rehabilitar los pavimentos deteriorados de asfalto, siendo este el punto de inicio en el desarrollo e investigación de esta tecnología en nuestro país.

Después de haber realizado el diseño en nuestro proyecto de investigación se utilizará un espesor de hormigón 10 cm, con un espesor del asfalto entre los 2cm. y los 4 cm que tiene actualmente nuestro tramo de diseño.

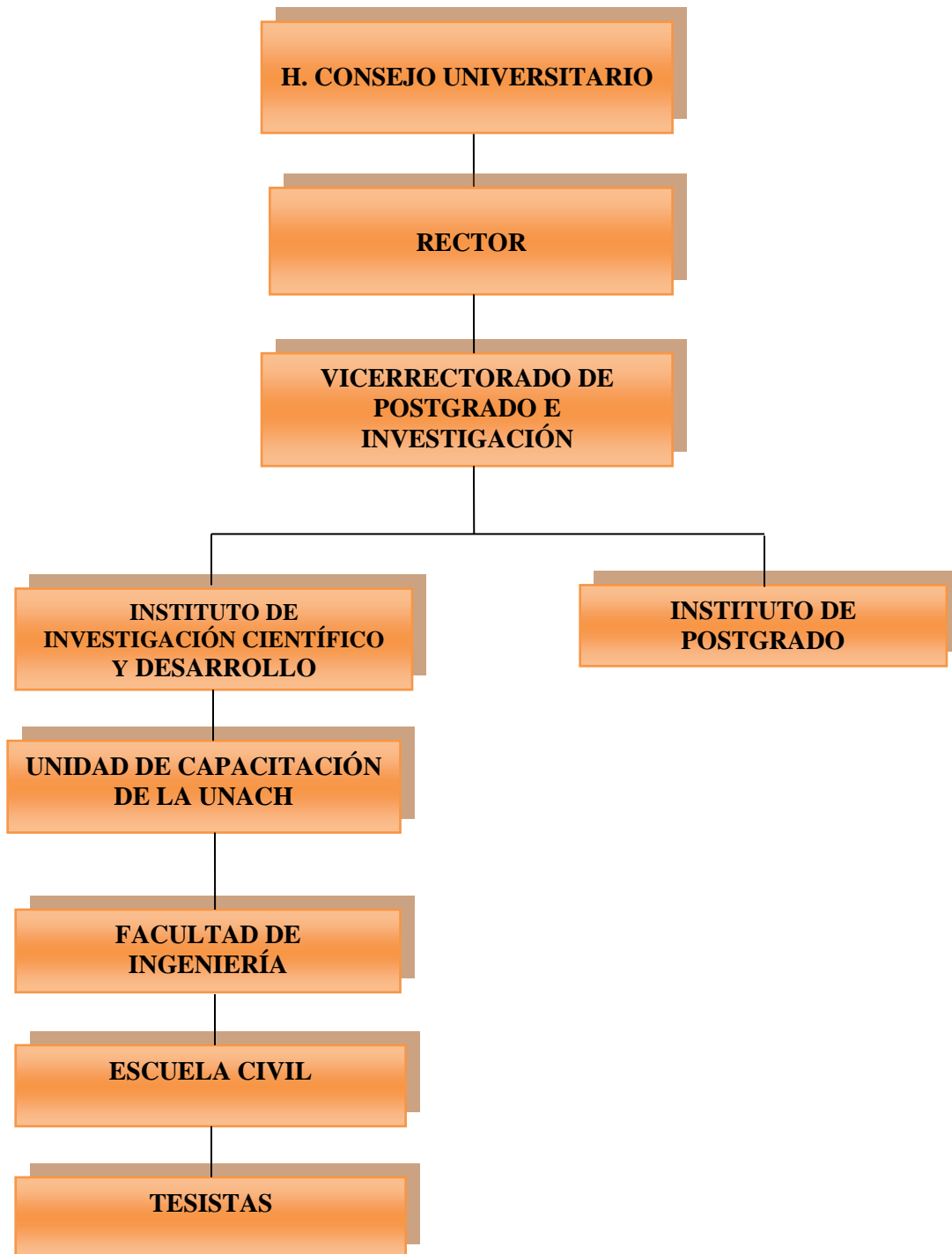
Las juntas longitudinales y transversales para todas las losas serán de 1,50*1.50 m, se tomarán estas dimensiones para una mayor trabajabilidad y porque en menor área con el paso del tiempo habrá menor desgaste y fisuraciones.

Esta técnica moderna de rehabilitación permite la recuperación de los estándares de diseño, reduciendo el impacto sobre los usuarios, tanto durante la ejecución de las obras (requiriéndose muy poco tiempo para rehabilitar), como durante su vida en servicio (reduciendo los problemas de deterioro).

Además que con el uso del método del Whitetopping tenemos una larga vida, bajo costo en mantenimiento, bajo costo de aplicación, un aumento en la seguridad y una menor contaminación al ambiente.

Finalmente del análisis de los datos reunidos, se obtuvo una guía de diseño y su proceso constructivo.

8.6 Diseño Organizacional.



8.7 Monitoreo y Evaluación de la propuesta.

Luego de haber realizado la inspección y recopilación de datos in situ, el pavimento asfáltico presenta un deterioro con fallas dentro de las más comunes el ahuellamiento, grietas, piel de cocodrilo y baches, por lo que es necesario desarrollar una rehabilitación para recuperar el estándar de diseño y a la vez disminuir los riesgos de accidentes que aumentan con las fallas antes mencionadas.

Del análisis de los datos reunidos de la evaluación funcional y estructural, se obtendrá una guía de diseño utilizando whitetopping, la misma que presenta los procedimientos de diagnóstico, proceso constructivo y diseño de la técnica de rehabilitación de pavimentos flexibles aplicando la técnica Whitetopping.

La técnica Whitetopping considera las características de soporte de la estructura existente como es la capa de sub-base, base y asfalto, logrando corregir y reducir las deficiencias funcionales, estructurales, el potencial para el bombeo, pérdida de soporte del pavimento y las principales deformaciones en el asfalto.

Durante la aplicación de este método se podrán realizar las modificaciones pertinentes a las obras de drenaje existente tales como: limpieza, cancelación o construcción de obras pluviales, ya que la colocación del hormigón se construye directamente sobre la superficie asfáltica actual deteriorada.

Con la aplicación de esta técnica moderna de rehabilitación permitirá satisfacer la demanda de la ciudadanía de transitar en calles seguras y con excelentes condiciones de servicio cumpliendo con las especificaciones respectivas y al mismo tiempo realizar un trabajo de calidad con bajos costos de mantenimiento.

8.7.1. DISCUSIONES

Al momento de evaluar la resistencia al corte en la interfase, a los 28 días, el sector en donde se fresó el asfalto nuevo presenta resistencias bastante inferiores a los sectores en que no se fresó la superficie, sin embargo con el paso del tiempo las resistencias se igualan.

Sin embargo hay otros factores que influyen en estos resultados, como lo son los espesores de la capa asfáltica, como se explicó en artículos anteriores que detalla su funcionamiento, la menor separación entre las juntas son importantes junto con la adherencia y la separación de las juntas.

Después de analizar los tres tipos Whitetopping, el uso de Whitetopping delgado de habilitación temprana, sería una buena modalidad, para implementar principalmente donde las interrupciones al tránsito por periodos largos, puede acarrear severos trastornos al usuario.

Se muestran menores distancias de frenado en los pavimentos de hormigón en comparación a los pavimentos de asfalto, esto es algo que ayuda a evitar el deslizamiento de los automóviles, por lo tanto, un transitar más seguro.

Además, entre las ventajas del Whitetopping, las fallas del asfalto, bajo la capa de hormigón, no se proyectan hacia a la superficie, otorgando una mayor seguridad.

Se tienen ciertos paradigmas hacia los pavimentos delgados de hormigón, entre los cuales está el relacionado al alto costo inicial en comparación a los pavimentos de asfalto, la verdad dice que el costo inicial no es más que un 10%, venciendo este tipo de paradigmas, sería más fácil incorporar nuevas tecnologías y mejorar los estándares de nuestros caminos.

El comportamiento de los pavimentos delgados sobre el asfalto y la adherencia entre las capas de hormigón y el asfalto es fundamental para el buen funcionamiento del pavimento.

Hay que tener cuidado con los derrames de combustibles, ya que la adherencia se ve afectada y el rendimiento disminuye, la mejor adherencia se obtiene fresando la superficie de asfalto existente.

A pesar de que los pavimentos delgados de hormigón sobre asfalto, son pensados con una adherencia total, el comportamiento indica que se consigue una adherencia parcial, y por lo tanto en el diseño debe incluirse un ajuste por adherencia.

8.7.2. CONCLUSIONES

Basándose en la información recopilada, el análisis de ésta, se puede concluir los siguientes puntos:

- Se observa que en espesores pequeños de hormigón prácticamente no existe variación de los gradientes de temperatura aplicados en el diseño.
- Se identificaron 3 factores que inciden en el buen comportamiento de los pavimentos delgados de hormigón sobre asfalto, estos son: la adherencia entre la capa de hormigón y la capa de asfalto existente, el espesor de la capa de asfalto existente y el espaciamiento entre las juntas.
- Una buena adherencia en la interfaz hormigón/asfalto es esencial para la aplicación exitosa del Whitetopping.
- De todas las alternativas evaluadas en la preparación de la superficie asfáltica existente, la de mejores resultados es la de fresar y limpiar profundamente antes de depositar el hormigón.

- El espaciamiento de las juntas longitudinales y transversales se estima como máxima separación, 1,50 m para los pavimentos delgados. En el caso de los ultra delgados, las separaciones son menores, llegando incluso a los 60 cm.

8.7.3. Recomendaciones.

- Se necesitan mayores datos en cuanto al funcionamiento a largo plazo de los pavimentos delgados de hormigón. Cualquier dato nuevo recopilado debe ser estudiado e incorporado al diseño.
- Se deben desarrollar especificaciones técnicas precisas en cuanto a los materiales utilizados, maquinaria utilizada y controles de laboratorio.
- La idea final de todas estas recomendaciones, es disponer de una alternativa viable y respaldada por estudios y experiencias empíricas, para así poder incluirla entre las distintas formas de rehabilitación que hoy se conocen.
- Se identifica la falla en las esquinas de las losas como la más común, y se recomienda aumentar el espesor en esa zona.

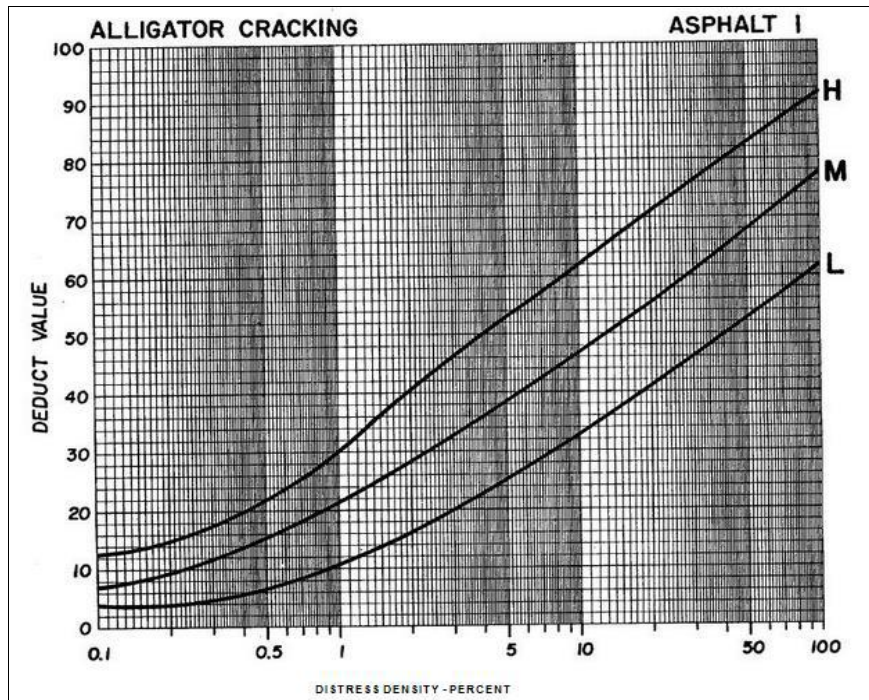
9. BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO, "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington D.C., 1993.
- ASTM D 6433, "Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys"
- BOUBOURG Cetina, Luis Felipe. Consideraciones sobre el mantenimiento sobra la red vial de Guatemala. Tesis ingeniería civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1972.
- Corros, Maylin. Urbaéz, Ernesto. Corredor Gustavo. "Manual de Evaluación de Pavimentos" Venezuela, Universidad nacional de Ingeniería, 2009
- De Solminihac, Hernan. "Gestion de infraestructura vial". 3° edición. Alfaomega. Colombia 2005.
- Departamento de transporte del estado de Washington, WSDOT pavement guide. EEUU: s.e., 1998
- Gutiérrez, Elkin. "Whitetopping-Una alternativa de rehabilitación" Colombia, 2011.
- HASS, R. Hudson, W. R and Zaniewski, J. Modern Pavement Management". R. E. Krieger Publising Company, Forida, 1993
- Minaya, Silene. "Manual de ensayo de pavimentos" (Google.com) Internet, <http://es.scribd.com/doc/2416949/MANUAL-DE-ENSAYOS-PARA-PAVIMENTOS>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP (MOP-001-F-2002), "Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes del MTOP". Ecuador.
- MONTEJO, F. Alonso. "Ingeniería de Pavimentos: Evaluación y nuevas tecnologías". 3° edición. Bogotá 2006. Tomo II.

- Orell, Eduardo. 2009 “Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping” (Google.com) Internet, <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcio.66r/doc/bmfcio.66r.pdf>
- Valdivia-Chile.
- Pajuelo, Carlos. “Recomendaciones del Asfalto” (Google.com) Internet. <http://www.slideshare.net/CarlosPajuelo/recomendaciones-asfalto-223776>.
- Paviment Condition Evaluation Manual, (Google.com) Internet, <http://www.camineros.com/docs/cam014.pdf>
- Secretaría permanente del tratado de integración económica centroamericana (SIECA). Algunas consideraciones sobre el mantenimiento de carreteras en Centroamérica. Guatemala: s.e.,1971.
- Vásquez Varela, Luis Ricardo. Funciones de transferencia en el método empírico - mecanicístico de diseño de pavimentos asfálticos. México: s.e., 2002.
- Yoder, E. J. y Witczak, M. W. Principios en el diseño de pavimentos. 2ªed. Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc. 1975.
- Zona Ingeniería, Ensayos, (Google.com) Internet. <http://www.entradas.zonaingenieria.com/2009/04/asfaltos-especificaciones-tecnicas.html>

10. APÉNDICES Y ANEXOS.

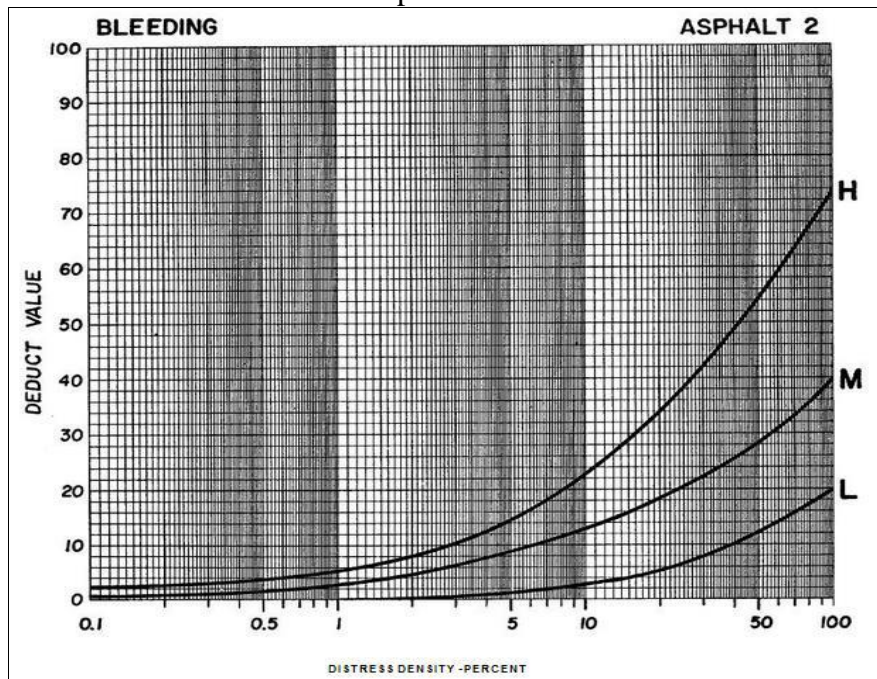
11. Gráfico 81. Falla Piel de Cocodrilo



12.

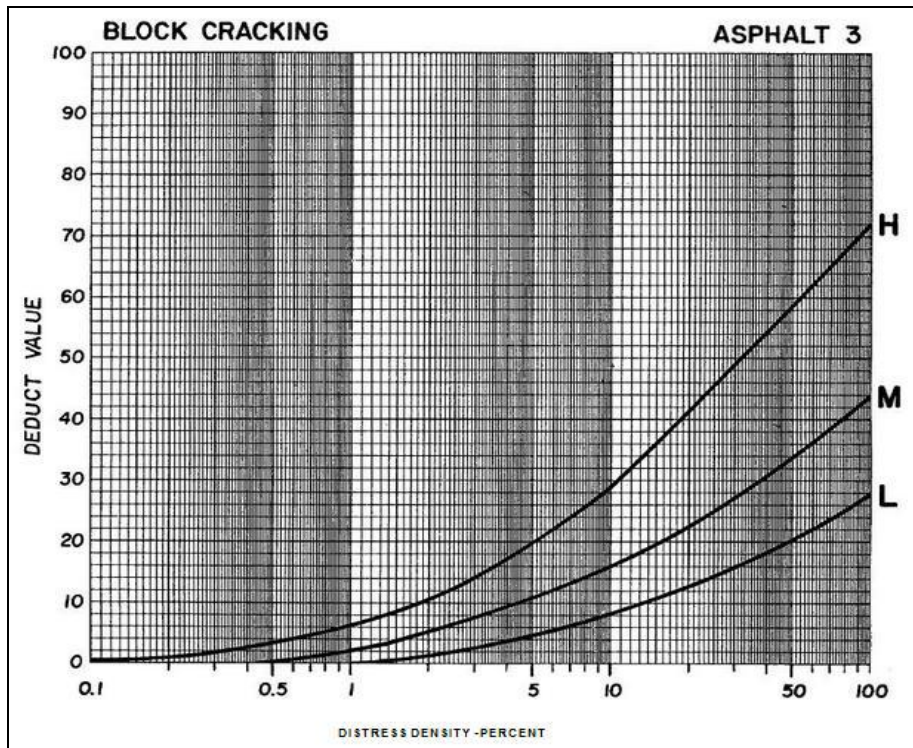
13.

14. Gráfico 82. Falla por Exudación del asfalto



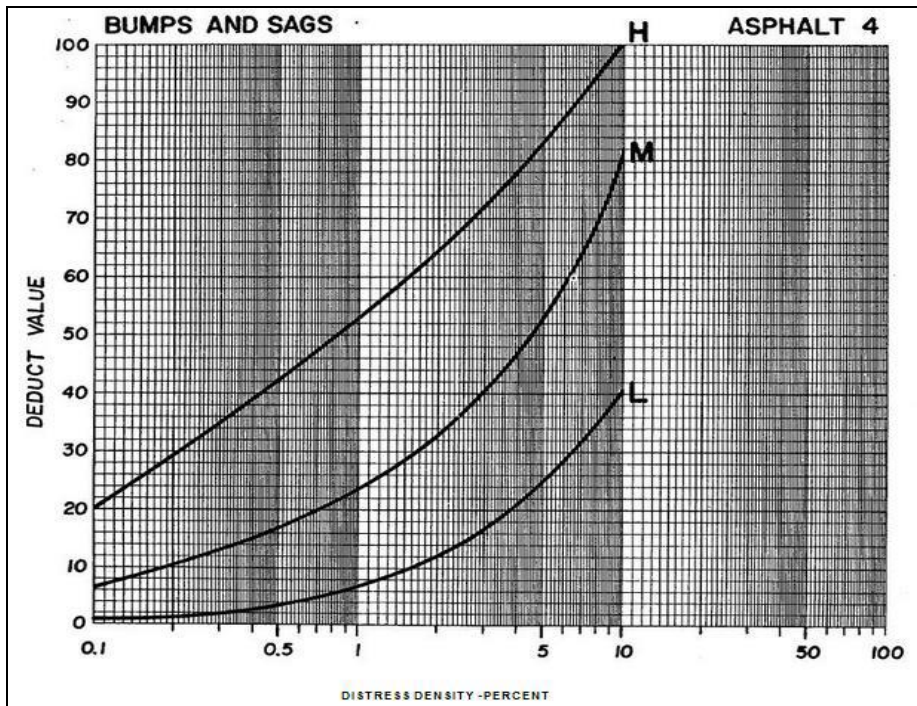
15.

16. Gráfico 83. Falla Grietas de Contracción



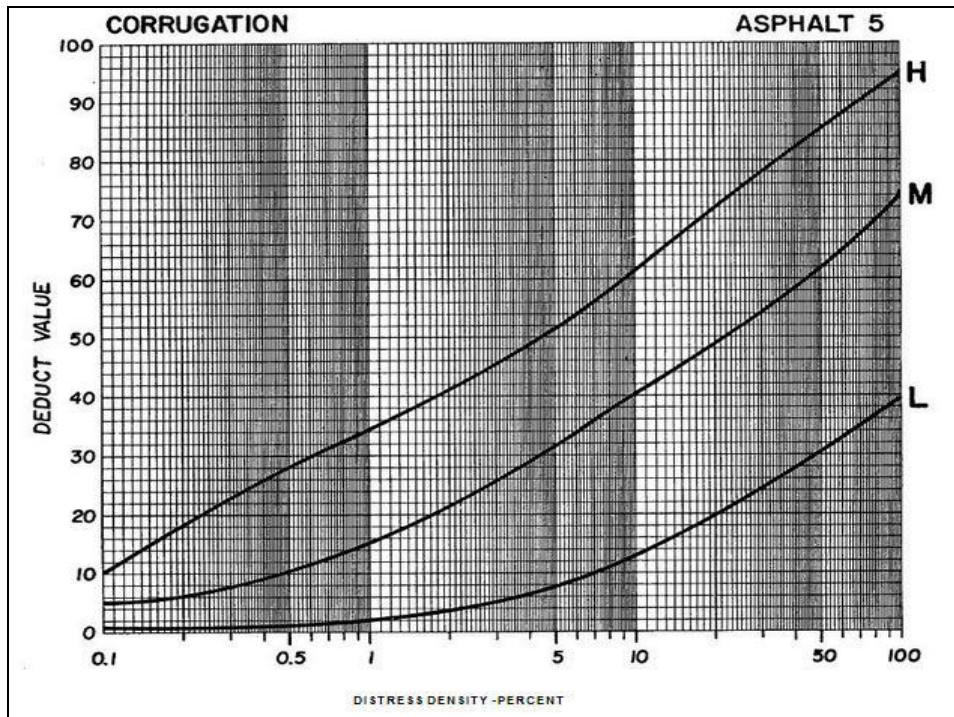
17.

18. Gráfico 84. Falla Elevación - Hundimiento



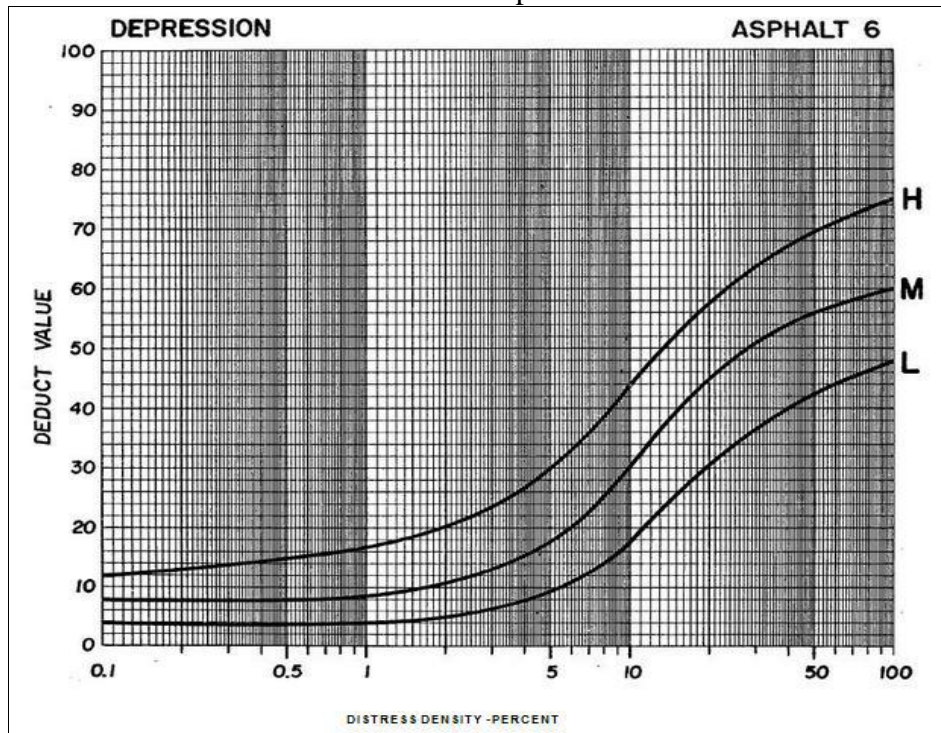
19.

20. Gráfico 85. Corrugaciones



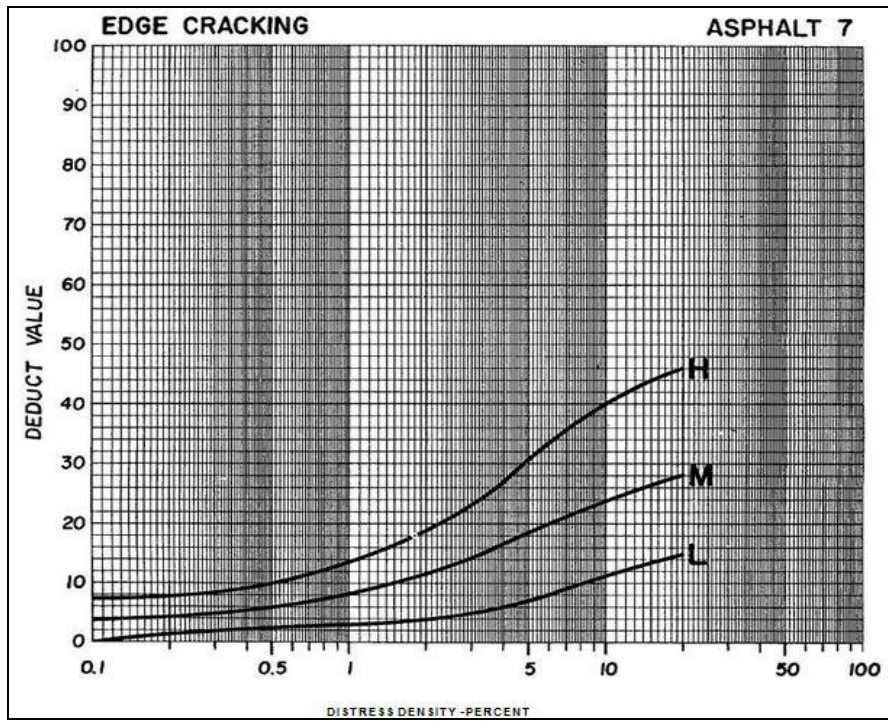
21.

22. Gráfico 86. Depresiones



23.

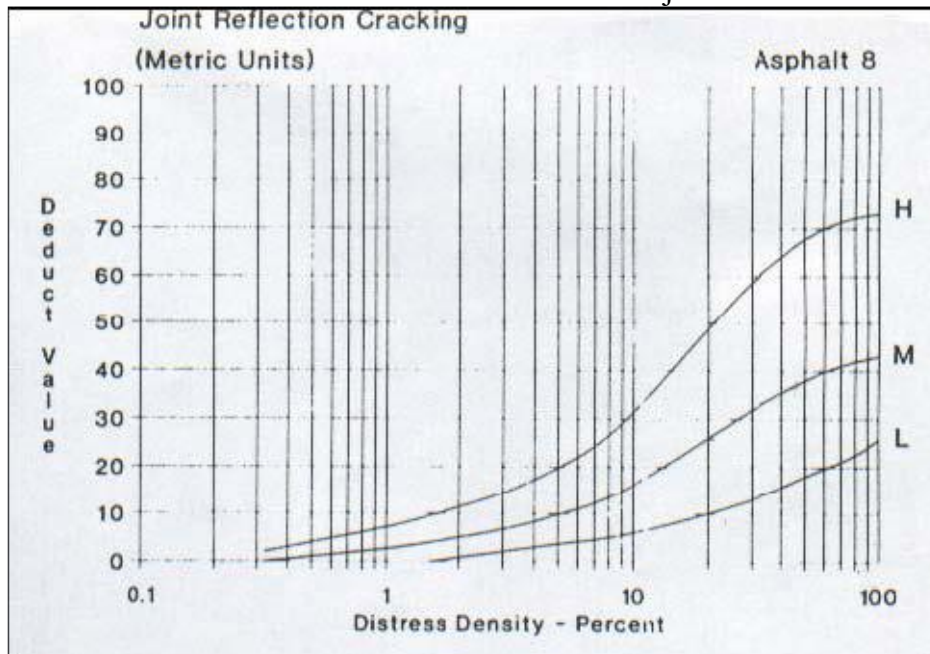
24. Gráfico 87. Grietas de Borde



25.

26.

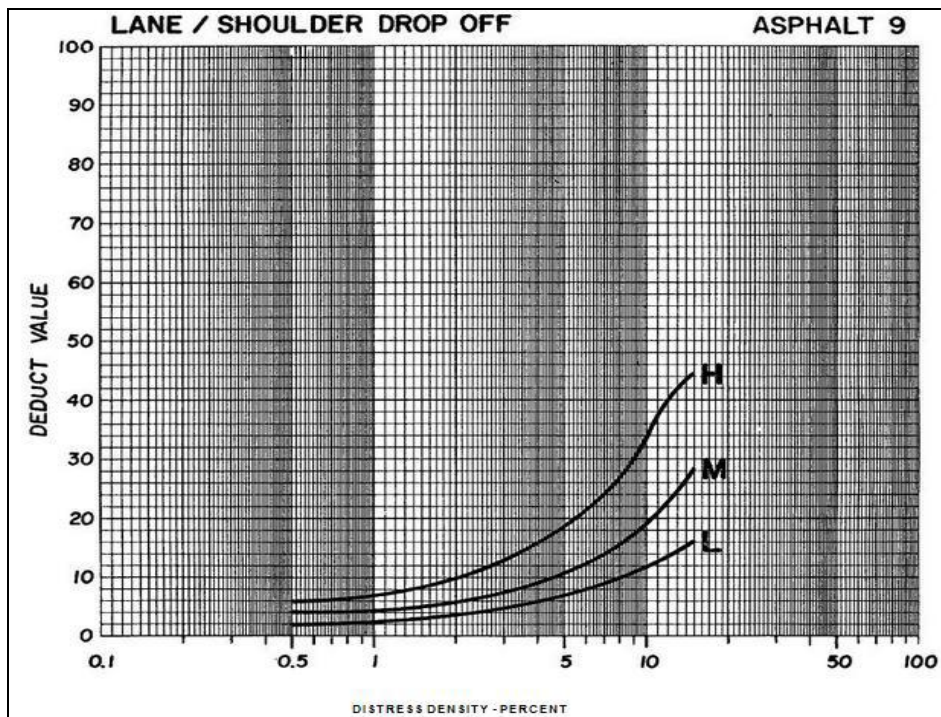
27. Gráfico 88. Grietas de reflexión de juntas



29.

28.

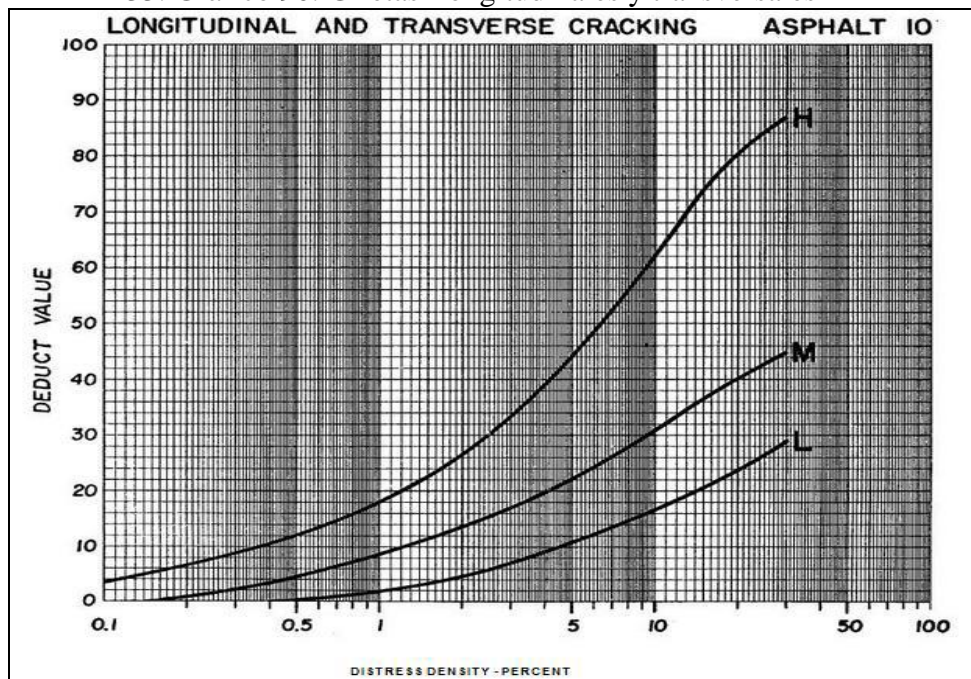
30. Gráfico 89. Desnivel Calzada-Hombrillo



31.

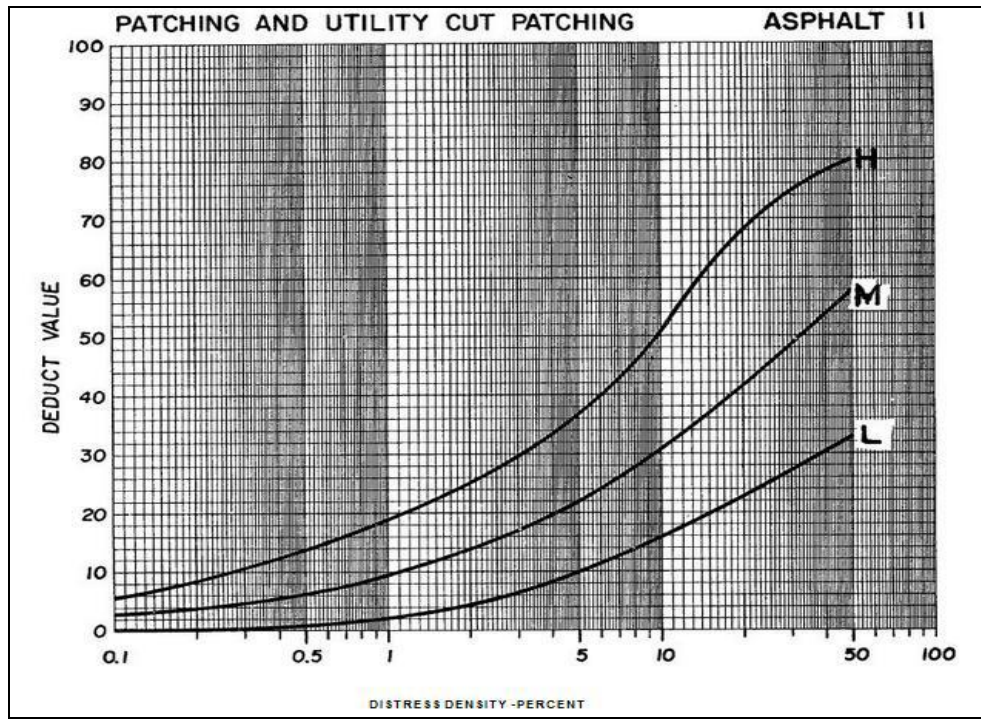
32.

33. Gráfico 90. Grietas Longitudinales y transversales



34.

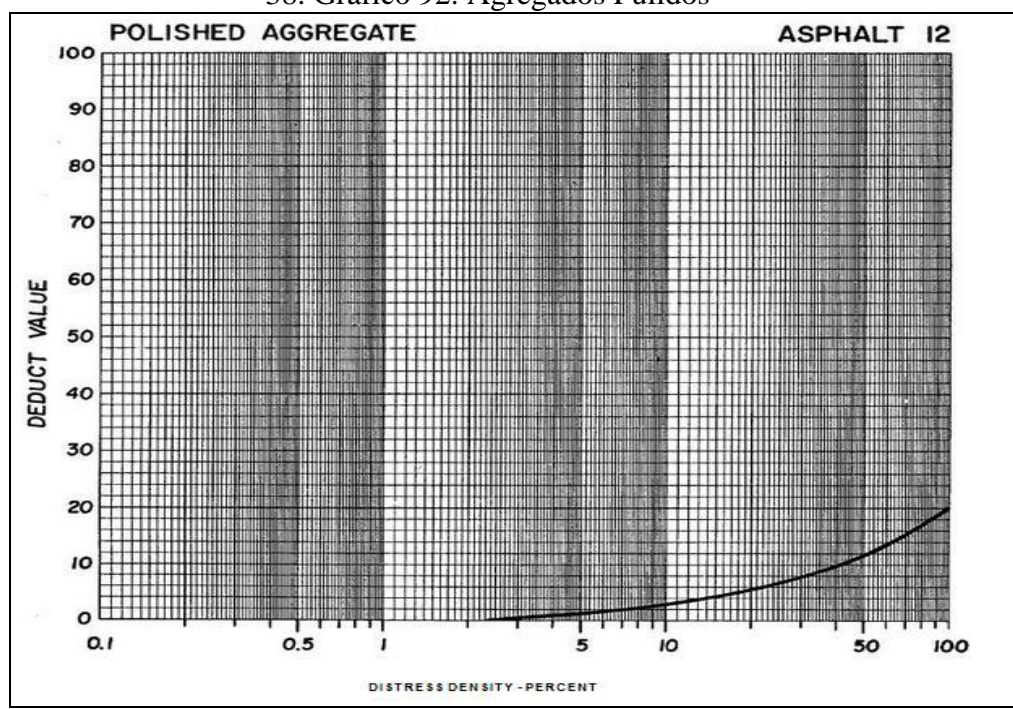
35. Gráfico 91. Baches y zanjas Reparadas



36.

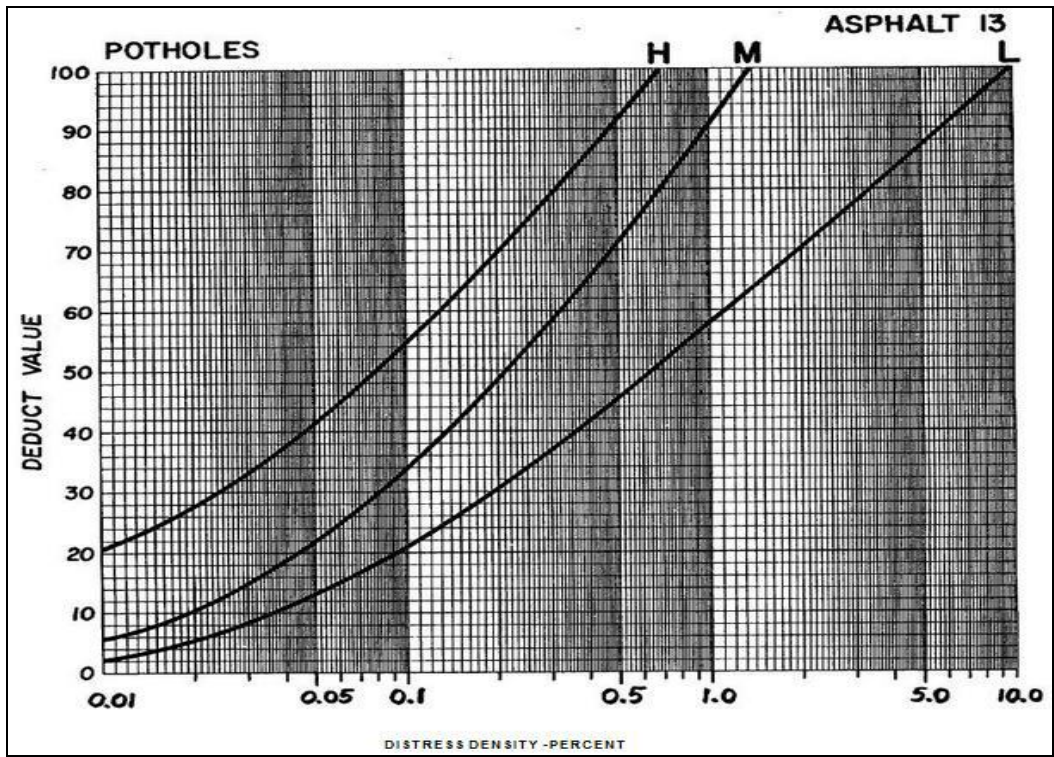
37.

38. Gráfico 92. Agregados Pulidos



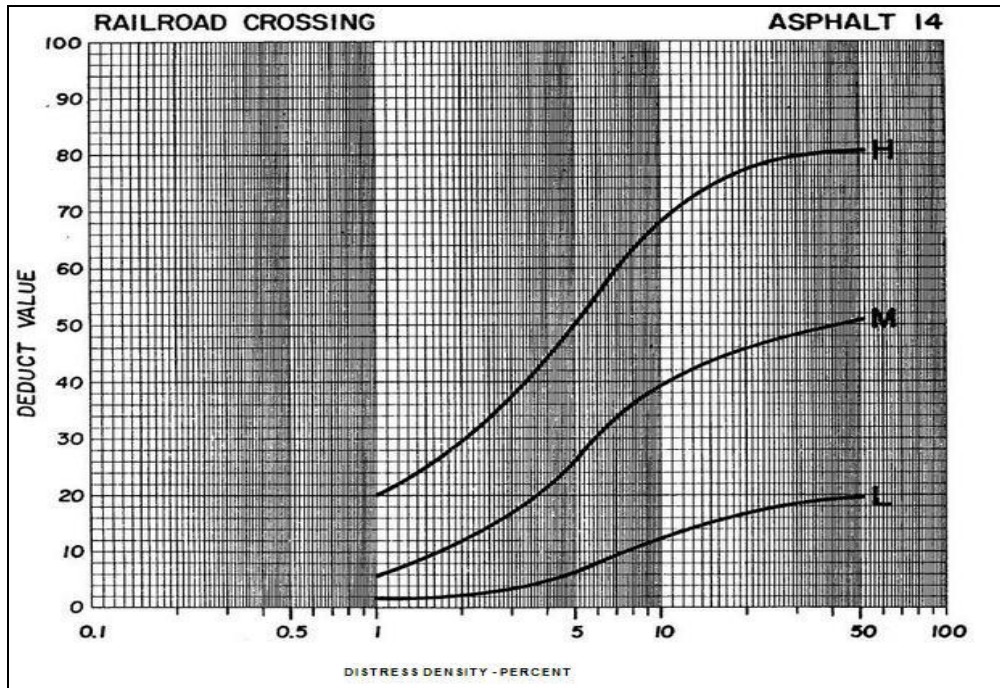
39.

40. Gráfico 93. Huecos



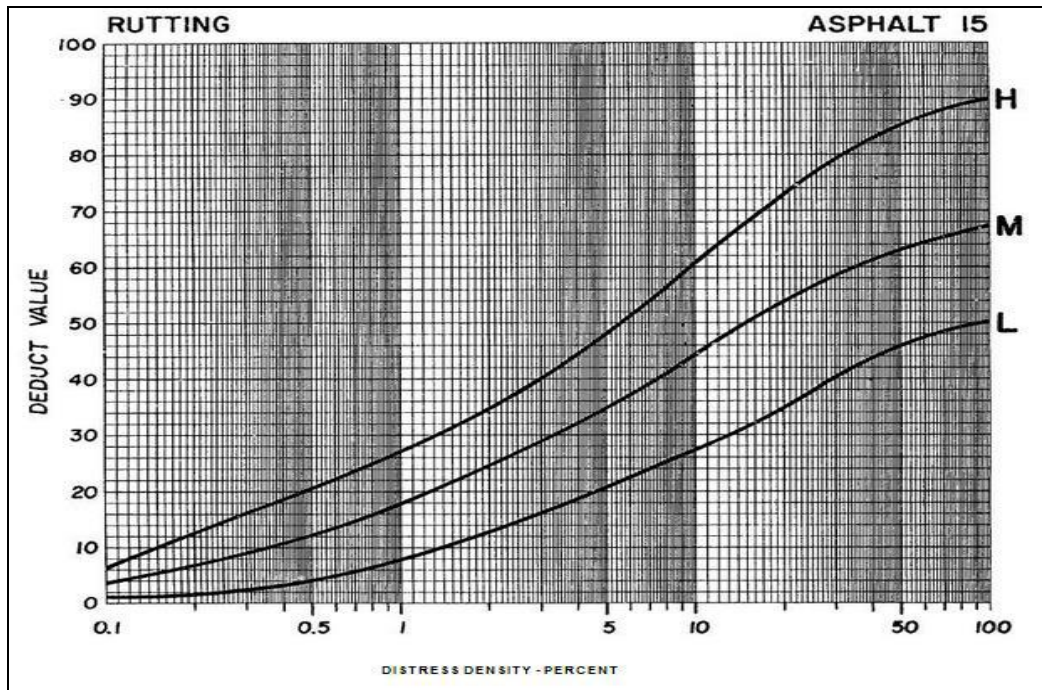
41.

42. Gráfico 94. Cruce de Rieles



43.

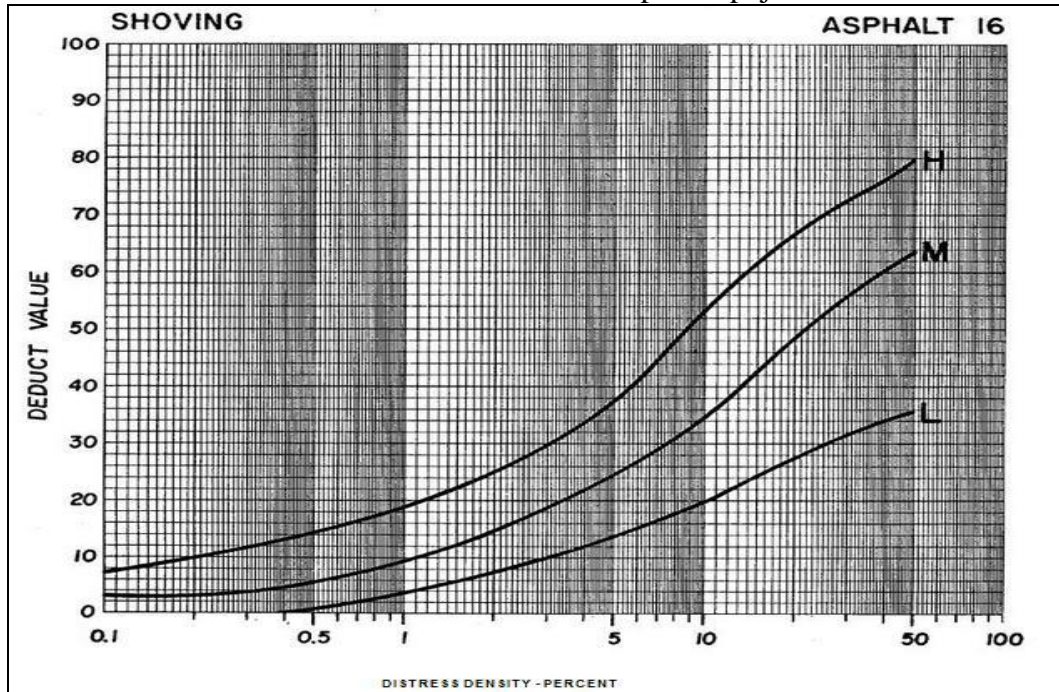
44. Gráfico 95. Ahuellamiento



45.

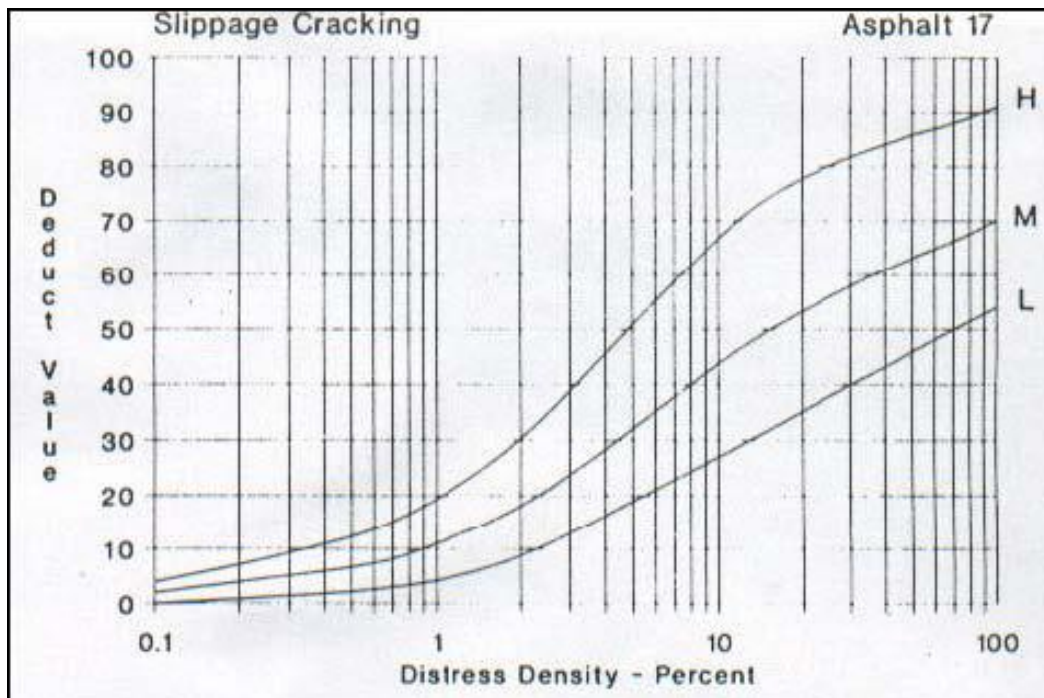
46.

47. Gráfico 96. Deformaciones por empuje



48.

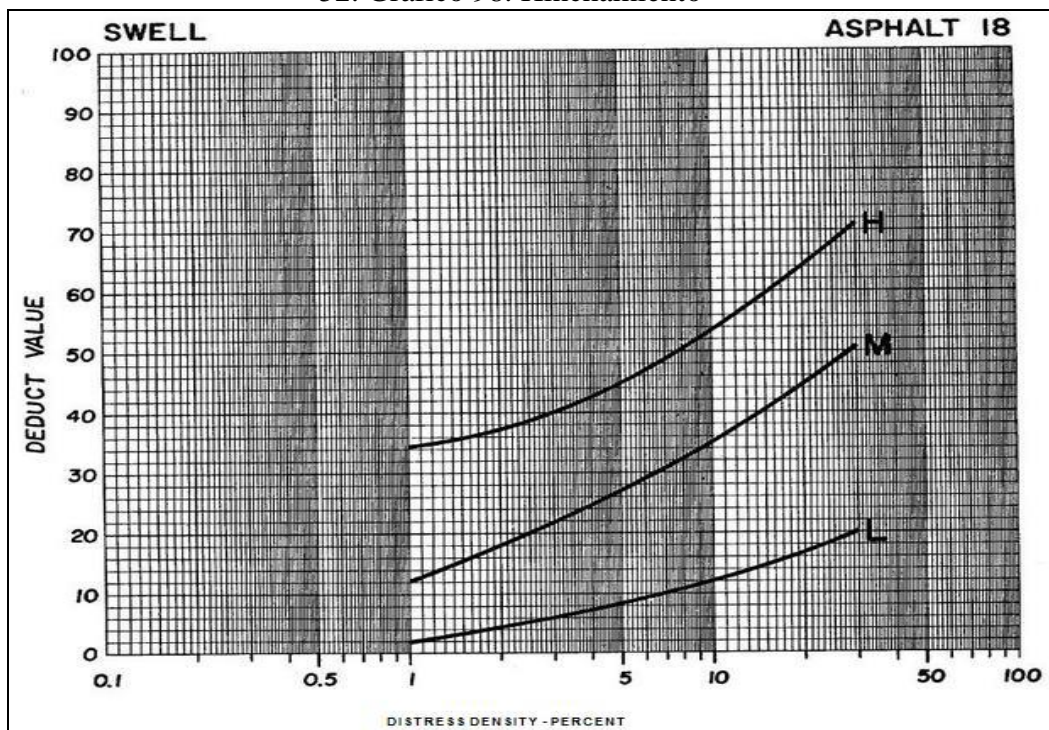
49. Gráfico 97. Grietas por Deslizamiento



50.

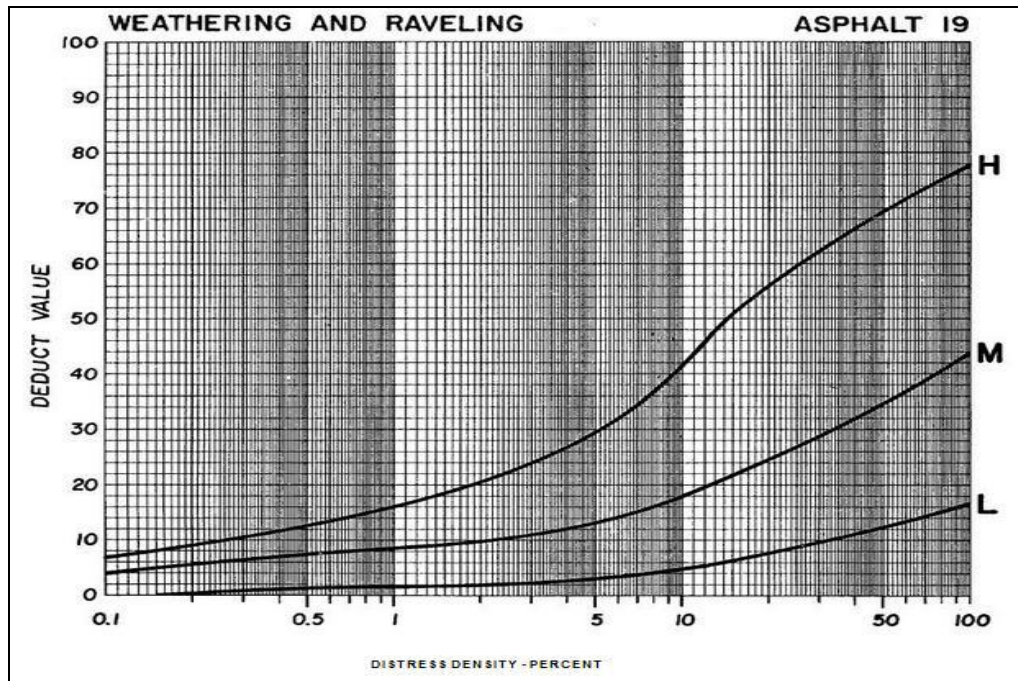
51.

52. Gráfico 98. Hinchamiento



53.

54. Gráfico 99. Disgregación y Desintegración



55.

56.

57. Curva de Corrección de Valor de Deducción

