

UCUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte, Tercera Cohorte

“Diseño del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40) con base a la evaluación funcional y estructural del pavimento existente.”

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

Autora:

Ing. Martha Cecilia Criollo Plaza

CI:0102138823

marthacecilia_cp@yahoo.com.mx

Director:

Ing. Daniel Estuardo Mogrovejo Carrasco. M.Sc. PhD

CI: 0301500476

Cuenca - Ecuador

08-agosto-2022

Resumen

El presente trabajo consiste en realizar una evaluación funcional y estructural y propuesta de rehabilitación de la estructura del pavimento del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho.

En una primera etapa se midió el Índice de Condición del Pavimento con el cual se determinó que la vía se encontraba en condiciones de pobre a muy pobre y que el sistema de drenaje se encuentra en pésimas condiciones.

Posteriormente, se evaluaron los parámetros del pavimento sobre el análisis de la medición de la deformación de la estructura vial obtenida con el Falling Weight Deflectometer (FWD) encontrándose, mediante retrocálculo, valores promedio para los Módulos Resilientes de la Subrasante (29.36 Mpa), Material Granular (75.06 Mpa) y Carpeta Asfáltica (1624.00 Mpa), que confirman el resultado obtenido con la evaluación funcional. De manera accesoria se ejecutaron 8 calicatas con el objeto de determinar las diferentes propiedades de las capas que conforman la estructura del pavimento, entre ellas, la Relación de Valor de Soporte de California (CBR).

A partir de los resultados obtenidos, se realizó un análisis y comparación de la resistencia de la subrasante determinados en cada método tratando de encontrar una correlación entre los parámetros determinados con la deflectometría (Mrr) y los parámetros determinados con los ensayos de laboratorio (CBR). No fue posible encontrar una correlación entre los módulos retrocalculados y los CBR obtenidos en laboratorio debido a que la cantidad de datos de CBR no fueron estadísticamente significativos.

En una segunda etapa; y, con base a las conclusiones de la primera etapa, se desarrolló una propuesta de rehabilitación del tramo de vía propuesto con el uso del método empírico mecanicista.

La guía empírico mecanicista recomienda realizar la calibración de los criterios de rendimiento en función de ensayos y condiciones locales; no obstante, en este trabajo solamente se logró calibrar la base de datos climática con información de la estación meteorológica del Aeropuerto Mariscal Lamar y del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) ubicada en LLacao, ya que se carece de información del resto de parámetros necesarios para la calibración debido la poca importancia que se le otorga a la investigación en nuestro país.

Finalmente, aprovechando el diseño propuesto por el GAD Cuenca al Ministerio de

UCUENCA

Transportes y Obras Públicas dentro del convenio de cooperación interinstitucional, se realizó una evaluación de la incidencia en el diseño del uso de módulos obtenidos mediante fórmulas de correlación y los determinados a partir de deflexiones medias en campo, concluyendo que la literatura es acertada al advertir que se debe ser muy cuidadoso en su aplicación pues estos modelos matemáticos suelen representar a un tipo específico de suelo.

PALABRAS CLAVES: FWD. CBR. Retrocálculo. Correlación. MR-CBR. MEPDG

Abstract

The present thesis consists of carrying out a functional and structural evaluation and a proposal for the rehabilitation of the pavement structure of the segment of the road called Panamericana Norte corresponding to the state road network E35, in a 9.5 km section between the Muñecas de Piedra and the Guangarcucho bridge.

In a first stage, the Pavement Condition Index was measured, with which it was determined that the road was in poor to very poor condition and that the drainage system was in terrible condition.

Subsequently, the parameters of the pavement were evaluated on the analysis of the measurement of the deformation of the road structure obtained with the Falling Weight Deflectometer (FWD), finding, by means of back calculation, average values for the Resilient Modules of the Subgrade (29.36 Mpa), Material Granular (75.06 Mpa) and Asphaltic Carpet (1624.00 Mpa), which confirm the result obtained with the functional evaluation. As a complement, 8 test pits were executed in order to determine the different properties of the layers that make up the pavement structure, including the California Support Value Ratio (CBR).

Based on the results obtained, an analysis and comparison of the resistance of the subgrade determined in each method was carried out, trying to find a correlation between the parameters determined with deflectometry (M_{rr}) and the parameters determined with laboratory tests (CBR). It was not possible to find a correlation between the backcalculated modules and the CBR obtained in the laboratory because the amount of CBR data was not statistically significant.

In a second stage; and, based on the conclusions of the first stage, a proposal for the rehabilitation of the suggested section of road was developed using the mechanistic empirical method.

The Mechanistic Empirical Guide recommends performing calibration of performance criteria based on local tests and conditions; however, in this work it was only possible to calibrate the climatic database with information from the meteorological station of the Mariscal Lamar Airport and the Geological and Energy Research Institute (IIGE) located in Llaçao, since there is a lack of information on the rest of the parameters necessary for calibration due to the little importance given to research in our country.

Finally, taking advantage of the proposed design by the GAD Cuenca to the Ministry of Transport and Public Works within the inter-institutional cooperation agreement; an evaluation of the incidence in the design of the use of modules obtained through correlation formulas and those determined from average deflections in the field was carried out, concluding that the literature is correct in warning that they must be very careful in their application, since these Mathematical models usually represent a specific type of soil.

KEYWORDS: FWD. CBR. Backcalculation. Correlation MR-CBR. MEPDG

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1.....	22
1. Introducción	22
1.1 Problemática.....	23
1.2 Objetivos.....	23
1.2.1 Objetivo general.	23
1.2.2 Objetivos Específicos	24
1.3 Alcance	24
Capítulo 2.....	26
2. Marco Teórico	26
2.1 Concepto de Pavimento	26
2.2 Pavimento Flexible	26
2.3 Evaluación del Pavimento	26
2.3.1 Evaluación Funcional del Pavimento	27
2.3.2 Evaluación Estructural del Pavimento	28
2.4 Evaluación Funcional, Índice de Condición de Pavimento (PCI)	29
2.4.1 Deterioros	31
2.4.1.1 Fisuras y Grietas	32
2.4.1.1.1 Fisuras y grietas por fatiga o Piel de Cocodrilo	32
2.4.1.1.2 Fisuras y grietas en bloque	32
2.4.1.1.3 Grietas de borde	33
2.4.1.1.4 Fisuras y grietas longitudinales y transversales	33
2.4.1.1.5 Fisuras y grietas reflejadas	34
2.4.1.2 Deterioros Superficiales	34
2.4.1.2.1 Parches y acometidas de servicios públicos	34
2.4.1.2.2 Baches o huecos	35
2.4.1.2.3 Ahuellamiento.....	35
2.4.1.2.4 Deformación Transversal Fisuras o Grietas parabólicas.....	35
2.4.1.2.5 Exudaciones.....	36
2.4.1.2.6 Abultamientos y hundimientos	36
2.4.1.2.7 Meteorización y Desprendimiento de agregados o Desgaste	37
2.4.1.2.8 Depresiones	37
2.4.1.2.9 Pulimento de agregados	37

2.4.1.2.10	Pérdida de áridos	37
2.4.1.2.11	Hinchamiento	38
2.4.1.2.12	Desplazamiento o Corrimiento	38
2.4.1.2.13	Corrugación	38
2.4.1.3	Otros Deterioros	39
2.4.1.3.1	Descenso o separación entre berma y pavimento.....	39
2.4.1.3.2	Surgencia de finos y agua.....	39
2.4.2	Intensidad o Severidad	39
2.5	Evaluación Estructural mediante el Falling Weight Deflectometer (FWD)	40
2.5.1	Definición de Deflexión	40
2.5.2	Medición de Deflexión	41
2.5.3	Falling Weight Deflectometer o Deflectómetro de Peso Descendente	42
2.5.4	Secciones Homogéneas y Método de las Diferencias Acumuladas	44
2.5.5	Deflexión Característica	46
2.5.6	Definición de Módulo Resiliente	46
2.5.7	Retrocálculo	48
2.5.8	Métodos matemáticos de retrocálculo	49
2.5.8.1	Método AASHTO 1993	49
2.5.8.2	Método de Yonapave	52
2.5.9	Factores de ajuste.....	54
2.5.9.1	Factor de ajuste del módulo de capas no ligadas	54
2.5.9.2	Factor de ajuste del módulo por carga y temperatura	56
2.5.10	Evaluación Estructural mediante el California Bearing Ratio (CBR).....	58
2.5.10.1	Definición de California Bearing Ratio	58
2.6	Tránsito.....	59
2.7	Correlaciones entre el M_R obtenido mediante retrocálculo y CBR obtenido en laboratorio.....	60
2.8	Diseño de pavimentos	62
2.8.1	Diseño Empírico Mecanicista (MEPDG)	64
Capítulo 3.....		67
3.	Materiales y Metodología	67
3.1	Materiales	67
3.1.1	Aspectos generales.....	67
3.1.1.1	Ubicación del Tramo Vial.....	68
3.1.2	Aspectos Geomorfológicos	70

3.1.2.1	Clima	70
3.1.2.2	Suelo.....	70
3.1.2.3	Geología	71
3.1.2.3.1	Formación Azogues (MAZ):	74
3.1.2.3.2	Formación Loyola (ML)	75
3.1.2.3.3	Depósitos Aluviales Recientes (Qa)	75
3.1.2.4	Aspectos Topográficos	76
3.1.2.5	Estructura Vial.....	77
3.2	Metodología	78
3.2.1	Aspectos Generales	78
3.2.2	Índice de Condición de Pavimento PCI.....	79
3.2.3	Extracción de Núcleos.....	82
3.2.4	Deflectometría, Secciones Homogéneas, Módulo Resiliente por retrocálculo	82
3.2.5	Secciones Homogéneas	84
3.2.6	Módulo Resiliente por retrocálculo y Módulo Resiliente.....	85
3.2.7	Calicatas y Ensayos de Laboratorio	90
3.2.8	Correlaciones.....	92
3.2.9	Tráfico	92
3.2.10	Diseño Empírico – Diseño Empírico Mecanicista.....	95
3.2.10.1	Datos de entrada para el programa M-EPDG.....	95
3.2.10.2	Información General	99
3.2.10.3	Parámetros de Análisis	99
3.2.10.4	Tráfico	101
3.2.10.5	Clima	109
3.2.10.6	Materiales	113
3.2.10.6.1	Carpeta Asfáltica	113
3.2.10.6.2	Base con pavimento asfáltico reciclado estabilizada con cemento	116
3.2.10.6.3	Capa de material granular.....	119
3.2.10.6.4	Subrasante Natural.....	121
Capítulo 4.....		125
4.	Análisis y Discusión de Resultados	125
4.1	Índice de condición del pavimento	125
4.2	Estado de la capa de rodadura	133
4.3	Secciones homogéneas	134
4.4	Ensayos de laboratorio	136

4.5	Módulo resiliente	138
4.6	Correlación entre los parámetros determinados con la deflectometría y los parámetros determinados con los ensayos de laboratorio (CBR)	141
4.7	Diseño de la estructura del pavimento del tramo evaluado	144
	Capítulo 5.....	148
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	148
	Bibliografía	152
6.	Anexos.....	155
6.1	Índice de condición del pavimento	155
6.2	Levantamiento deterioros para PCI 0+000 – 1+000	156
6.3	Levantamiento deterioros para PCI 1+000 – 2+000	157
6.4	Levantamiento deterioros para PCI 2+000 – 3+000	158
6.5	Levantamiento deterioros para PCI 3+000 – 4+000	159
6.6	Levantamiento deterioros para PCI 4+000 – 5+000	160
6.7	Levantamiento deterioros para PCI 5+000 – 6+000	161
6.8	Levantamiento deterioros para PCI 6+000 – 7+000	161
6.9	Levantamiento deterioros para PCI 7+000 – 8+000	162
6.10	Levantamiento deterioros para PCI 8+000 – 9+000	162
6.11	Levantamiento deterioros para PCI 9+000 – 9+440	163
6.12	Clasificación C1 0+633 Subrasante	164
6.13	Clasificación C2 1+195 Subrasante	165
6.14	Clasificación C3 2+112 Subrasante	166
6.15	Clasificación C4 3+938 Subrasante	167
6.16	Clasificación C5 6+962 Subrasante	168
6.17	Clasificación C6 7+453 Subrasante	169
6.18	Clasificación C7 8+087 Subrasante	170
6.19	Clasificación C8 9+142 Subrasante	171
6.20	CBR C1 0+633 Subrasante	172
6.21	CBR C2 1+195 Subrasante	173
6.22	CBR C3 2+112 Subrasante	174
6.23	CBR C4 3+938 Subrasante	175
6.24	CBR C5 6+962 Subrasante	176
6.25	CBR C6 7+453 Subrasante	177
6.26	CBR C7 8+087 Subrasante	178
6.27	CBR C8 9+142 Subrasante	179

6.28	Clasificación C1 0+663 Material Granular	180
6.29	Clasificación C2 1+195 Material Granular	181
6.30	Clasificación C3 2+112 Material Granular	182
6.31	Clasificación C4 3+938 Material Granular	183
6.32	Clasificación C5 6+962 Material Granular	184
6.33	Clasificación C6 7+453 Material Granular	185
6.34	Clasificación C7 8+087 Material Granular	186
6.35	Clasificación C8 9+142 Material Granular	187
6.36	CBR C2 1+195 Material Granular	188
6.37	CBR C6 7+453 Material Granular	189
6.38	Estratigrafía Calicata 1	190
6.39	Estratigrafía Calicata 2	191
6.40	Estratigrafía Calicata 3	192
6.41	Estratigrafía Calicata 4	193
6.42	Estratigrafía Calicata 5	194
6.43	Estratigrafía Calicata 6	195
6.44	Estratigrafía Calicata 7	196
6.45	Estratigrafía Calicata 8	197
6.46	Hoja de cálculo Ensayo Deflectometría	198
6.47	Hoja Eliminación datos atípicos y Normalización por carga	200
6.48	Hoja de cálculo Secciones Homogéneas y Deflexión Característica	202
6.49	Hoja de cálculo Módulo Resiliente de la Subrasante Yonapave	206
6.50	Hoja de cálculo Módulo Resiliente de la Subrasante AASHTO	206
6.51	Resumen de Datos de Secciones Homogéneas para Retrocálculo EVERCALC/ELLEA1	207
6.52	Resumen de Datos de Calicatas para Retrocálculo EVERCALC.....	207
6.53	Resumen Cálculo Módulos Resilientes Secciones Homogéneas	208
6.54	Resumen Cálculo Módulos Resilientes Calicatas (EVERCALC).....	209
6.55	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 1 (ELLEA1).....	210
6.56	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 2 (ELLEA1).....	210
6.57	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 3 (ELLEA1).....	211
6.58	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 4 (ELLEA1).....	211
6.59	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 5 (ELLEA1).....	212
6.60	Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 6 (ELLEA1).....	212
6.61	Cálculo Criterios de Rendimiento MEPDG diseño propuesto, primer tramo	213

UCUENCA

6.62	Cálculo Criterios de Rendimiento MEPDG diseño propuesto, segundo tramo ...	217
6.63	Gráfica de deformación permanente por ahuellamiento, primer tramo (MEPDG)	220
6.64	Gráfica de deformación permanente por ahuellamiento, segundo tramo(MEPDG)...	221
6.65	Gráfica IRI, primer tramo (MEPDG).....	221
6.66	Gráfica IRI, segundo tramo (MEPDG)	222
6.67	Oficio Entrega Estudios de Tráfico.....	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de calificación y sugerencia de colores.....	30
Figura 2. Cuenco de deflexión	41
Figura 3. Acumulación de la deformación permanente.....	47
Figura 4. Proceso de diseño global para pavimentos flexibles.....	64
Figura 5. Ubicación, tramo Redondel Muñecas de Piedra-Puente de Guangarcucho.....	69
Figura 6. Ubicación, tramo Redondel Muñecas de Piedra-Puente de Guangarcucho.....	69
Figura 7. Afloración 1 (727771E, 9681634N)	72
Figura 8. Afloración 3, (734664E, 9685588N)	73
Figura 9. Afloración 4, (734810E, 9685729N)	74
Figura 10. Implantación del tramo en estudio en el Mapa Geológico Azogues.....	76
Figura 11. Estratigrafía de las calicatas	78
Figura 12. Utilización de odómetro manual.....	81
Figura 13. Levantamiento y medición de deterioros.....	82
Figura 14. Deflectómetro PRIMAX 1500, ensayo Panamericana Norte ABSCISA 6+170.....	83
Figura 15. Gráfica de caja y bigote	84
Figura 16. Cuencos de deflexión 2+ 112 – 4+367	85
Figura 17. Datos de entrada EVERCALC	86
Figura 18. Deflectometría en diferentes abscisas del tramo de vía en estudio.....	90
Figura 19. Ejecución de Calicatas en abscisas determinadas.....	91
Figura 20. Información General (MEPDG)	99
Figura 21. Parámetros de análisis (MEPDG)	101
Figura 22. Tráfico (MEPDG).....	103
Figura 23. Factores de ajuste mensual (MEPDG)	104
Figura 24. Distribución por tipo de vehículo (MEPDG)	105
Figura 25. Distribución Horaria (MEPDG)	106
Figura 26. Distribución por clase de vehículos de carga (MEPDG).....	107

Figura 27. Distribución de cargas por eje (MEPDG).....	109
Figura 28. Datos de Precipitación mes enero 2020.....	111
Figura 29. Información estación meteorológica, selección del día para búsqueda de información	111
Figura 30. Datos martes 3 de abril de 2018	112
Figura 31. Graduación de los Agregados y Propiedades del Concreto Asfáltico (MEPDG).....	114
Figura 32. Propiedades del Concreto Asfáltico (MEPDG).....	115
Figura 33. Definición del tipo de asfalto (MEPDG)	116
Figura 34. Propiedades del material estabilizado químicamente (MEPDG)	118
Figura 35. Determinación de la estructura del pavimento (MEPDG).....	119
Figura 36. Propiedades del material granular (MEPDG)	120
Figura 37. Propiedades del material granular (MEPDG)	121
Figura 38. Propiedades del material de subrasante (MEPDG).....	122
Figura 39. Propiedades del material de subrasante (MEPDG).....	123
Figura 40. Cálculo de criterios de rendimiento (MEPDG)	124
Figura 41. Resultado de criterios de rendimiento (Excel)	124
Figura 42. PCI Antigua Panamericana Norte tramo comprendido entre el Redondel de las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho.....	125
Figura 43. Hundimiento abscisa 1+040.....	126
Figura 44. Meteorización de intensidad media (0+000 y 9+200). Derrame de materiales pétreos (0+600).....	127
Figura 45. Tratamiento superficial en mal estado 5+600 y 8+200	128
Figura 46. Fisuras longitudinales debido a la falta de confinamiento lateral (0+200 - 0+330 - 7+020)	129
Figura 47. Fisuras longitudinales por junta de carril (2+020 - 4+200)	130
Figura 48. Piel de cocodrilo y parcheo (7+600)	131
Figura 49. Agrietamiento en bloque (7+800).....	131
Figura 50. Huecos (1+660 y 5+900)	132

Figura 51. Parcheo (8+400 y 9+400)	132
Figura 52. Drenaje en condiciones precarias (0+600), Alcantarilla taponada (1+800), Cuneta sin desfogue (4+400).....	133
Figura 53. Núcleos extraídos de la carpeta asfáltica	134
Figura 54. Curva Diferencias Acumuladas	135
Figura 55. Secciones Homogénea.....	135
Figura 56. Cuencos de deflexión medidos vs calculados (Sección Homogénea 1).....	139
Figura 57. Correlación CBR-Mrr 0+000-3+938, Subrasante.....	143
Figura 58. Correlación CBR-Mrr 7+453-9+141, Subrasante.....	143
Figura 59. Resultados Propuesta GAD Municipal del Cantón Cuenca	145
Figura 60. Resultados Propuesta GAD Municipal del Cantón Cuenca, espesor más desfavorable....	146
Figura 61. Resultados propuesta GAD con información de esta investigación	147
Figura 62. Resultados propuesta GAD con información de esta investigación, espesor desfavorable	147
Figura 63. Resultados propuesta propia primer tramo	148
Figura 64. . Resultados propuesta propia segundo tramo	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de ajuste de curvas para determinar el módulo equivalente de la subrasante	52
Tabla 2. Coeficientes de ajuste de curvas para determinar la longitud característica	53
Tabla 3. Factor de ajuste con temperatura de referencia prefijada	57
Tabla 4. Factor de ajuste con temperatura de referencia seleccionable	58
Tabla 5. Parámetros climáticos promedio de Cuenca, Ecuador	70
Tabla 6. Ubicación y profundidad de calicatas	77
Tabla 7. Hoja de Campo (Deterioros)	80
Tabla 8. Hoja de datos ELLEA1	88
Tabla 9. Hoja de cálculos ELLEA1	88
Tabla 10. Distribución por tipo de vehículo	93
Tabla 11. Distribución Horaria	94
Tabla 12. Valores de diseño Propuesta GAD Cuenca	96
Tabla 13. Valores obtenidos en esta investigación (Espesores Propuesta GAD Cuenca)	97
Tabla 14. Valores y propuesta de esta investigación	98
Tabla 15. Niveles de Confiabilidad recomendadas por la AASHTO	100
Tabla 16. Tasas de crecimiento Azuay	107
Tabla 17. Formato de base de datos climática	110
Tabla 18. Husos granulométricos para Mezcla Asfáltica	115
Tabla 19. Niveles de entrada recomendados, parámetros y valores para materiales estabilizados químicamente	117
Tabla 20. Rango de calificación del PCI	126
Tabla 21. Secciones homogéneas	136
Tabla 22. Propiedades y Clasificación del Material Granular	136
Tabla 23. Propiedades y Calcificación de la Subrasante	137
Tabla 24. Resultado Ensayo CBR del Material Granular y la Subrasante	137
Tabla 25. Módulo resiliente de la subrasante retrocalculado (Mrr)	138

Tabla 26. Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r)	140
Tabla 27. Módulos resilientes del material granular	140
Tabla 28. Módulos de la capa asfáltica	140
Tabla 29. Valores de CBR de la subrasante (Calicatas)	141
Tabla 30. Módulo resiliente retrocalculado de la subrasante (Calicatas)	142

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Martha Cecilia Criollo Plaza en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40) con base a la evaluación funcional y estructural del pavimento existente.", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

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

Cuenca, 08 de agosto de 2022

 firmado electrónicamente por:
MARTHA
CECILIA
CRIOLLO PLAZA

Martha Cecilia Criollo Plaza

C.I. 0102138823

Cláusula de Propiedad Intelectual

Martha Cecilia Criollo Plaza, autora del trabajo de titulación “Diseño del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40) con base a la evaluación funcional y estructural del pavimento existente.”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de agosto de 2022



Martha Cecilia Criollo Plaza

C.I: 0102138823

NOMENCLATURA O GLOSARIO

CBR	California Bearing Ratio
FWD	Falling Weight Delfectometer
MEPDG	Mechanistic Empirical Pavement Design Guide
Mr	Módulo Resiliente
Mrr	Módulo Resiliente Retrocalculado

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito a Dios por esta gran aventura, a toda mi familia por su amor incondicional y su gran paciencia.

Al Ing. Santiago Rómulo Coronel Arévalo, el impulsor de esta gratificante experiencia.

Al Ing. Daniel Estuardo Mogrovejo Carrasco. M.Sc. PhD, por su apoyo y colaboración en este trabajo de titulación.

DEDICATORIA

A Dios por ese amor desmedido demostrado en cada día.

A mi esposo Pablo el mejor compañero de viaje que Dios me pudo dar.

A mis hermosos hijos, Ame y Maty, el motor de mi vida.

A mis padres Martha y César mi mayor tesoro y a mis hermanos que amo tanto, Xime, Pablo y Fabi.

Capítulo 1

1. Introducción

En nuestro medio, la Relación de Valor de Soporte California (CBR) es uno de los métodos más utilizados para caracterizar la capacidad efectiva de las capas de la estructura de la vía y de la rasante de soporte del paquete estructural, ya sea para diseñar o para evaluar la estructura de un pavimento existente.

La destrucción de zonas puntuales del pavimento para la extracción de las muestras que requiere este ensayo, hace que este método resulte poco conveniente a la hora de intervenir en una vía con una carga de tráfico representativa debido a la peligrosidad que ello representa y a las molestas actividades de excavación, extracción de muestras y recuperación del hoyo generado.

Esta circunstancia ha propiciado la tendencia a buscar métodos alternativos con los que se obtengan iguales o mejores resultados sin tener que irrumpir en la estructura del pavimento.

En este contexto, la literatura expone a la medición de deflexiones de la superficie de la vía con la ayuda del Deflectómetro de Impacto FWD como uno de los métodos no destructivos más confiables para la obtención de parámetros de caracterización de la subrasante, esta metodología se basa en la interpretación del cuenco de deflexiones debida a la aplicación de una carga móvil estándar que trata de simular las cargas cíclicas del tránsito a las que está sometida la carretera. A partir de esta información, con la aplicación de métodos de retrocálculo o análisis inverso y la modelación de los resultados en programas informáticos pueden obtenerse propiedades mecánicas del suelo analizado.

Por otra parte, si bien la guía para el diseño de pavimentos (AASHTO) define varios ensayos que podrían utilizarse para llegar a la determinación de la resistencia de suelos de la subrasante como Relación de Valor Soporte California (CBR), Valor de resistencia de Hveem (Valor R), Ensayo de carga (Valor k), Penetración Dinámica con Cono y Módulo Resiliente; considera este último como parámetro esencial para la caracterización de la subrasante y para el desarrollo del método de diseño, por ende, se sirve de correlaciones para llegar al Módulo Resiliente cuando se utiliza un parámetro obtenido con otro tipo de ensayos.

Debido a los altos costos y a la complejidad que representa realizar ensayos de laboratorio para la determinación del Módulo Resiliente, se buscará obtener este parámetro a partir de las correlaciones antedichas con base a ensayos de CBR y de deflectometría para la caracterización del tramo de la red vial analizada.

1.1 Problemática.

Dadas las competencias del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, considerando que la institución no posee la logística necesaria para la realización de ensayos de campo; y, que el Deflectómetro de Impacto es de su propiedad, es menester evaluar la metodología que está siendo utilizada por la entidad para la caracterización de la capacidad de pavimentos de la red vial estatal.

El segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40), se ha deteriorado con el paso del tiempo por las cargas propias del tráfico y por los efectos climáticos; empero no ha tenido una intervención integral debido principalmente a que el paso lateral conseguido con la construcción de la Autopista Cuenca-Azoques le restó importancia. Es por ello que las tareas de mantenimiento y conservación realizadas se han reducido a bacheos menores o recapeos superficiales; sin embargo, urge efectuar una intervención para recuperar el nivel de servicio que esta importante arteria vial debe prestar a la ciudadanía.

El tramo analizado presenta una serie de deterioros en la carpeta asfáltica, entre los más frecuentes se pueden citar baches, huecos, fisuras y grietas longitudinales y transversales, a ello se debe la necesidad de realizar una evaluación del estado del pavimento existente y de la subrasante como punto de partida para plantear su rehabilitación.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Realizar el diseño del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40) con base a la evaluación funcional y estructural del pavimento existente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar la medición del índice de condición del pavimento (PCI)
- Extraer núcleos cada kilómetro para determinar el estado de la capa de rodadura.
- Realizar las pruebas defletoométricas con el Falling Weight Deflectometer, FWD Primax 1500 de propiedad del MTOP.
- Determinar sectores homogéneos en función de los resultados de la deflectometría.
- Realizar ensayos de laboratorio en los sectores homogéneos que se determinen en el punto anterior, tales como: clasificación, humedad, índices de Atterberg y Relación de Valor de Soporte de California (CBR).
- Obtener el Módulo Resiliente mediante la aplicación de métodos de retrocálculo o análisis inverso.
- Analizar la correlación entre los parámetros determinados con la deflectometría y los parámetros determinados con los ensayos de laboratorio (CBR)
- Analizar la incidencia en el diseño del uso de módulos obtenidos mediante fórmulas de correlación y los determinados a partir de deflexiones medias en campo, aprovechando el diseño propuesto por el GAD Cuenca al Ministerio de Transportes y Obras Públicas dentro del convenio de cooperación interinstitucional.
- Diseñar la estructura del pavimento del tramo evaluado.

1.3 Alcance

El objetivo final que persigue el presente documento es realizar el diseño de la estructura del pavimento del tramo de vía propuesto, es decir del segmento de vía denominada Panamericana Norte correspondiente a la red vial estatal E35 en un tramo de 9.5 km comprendido entre las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho (intersección con la red vial estatal E40).

Para llegar a la determinación de los insumos necesarios para el diseño, se realizará una evaluación del estado actual de las condiciones que presenta tanto la subrasante como las capas que conforman la estructura del pavimento, tanto a nivel funcional (PCI) como a nivel estructural (CBR/Deflectometría).

La evaluación funcional se realizará a través del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), con base a la cual se determinarán las necesidades de intervención del tramo de vía estudiado.

La evaluación estructural del pavimento se efectuará a través de métodos no destructivos, con la medición de las deflexiones a lo largo de los 9.5 km del tramo de vía en estudio; y, con métodos destructivos, a través de la exploración de 8 calicatas para la extracción de cada una de las capas que conforman la estructura para realizar ensayos de laboratorio, más específicamente el CBR.

El ensayo de deflectometría se realizará siguiendo los procedimientos establecidos en la guía de diseño AASHTO, cada 70 metros calzada, esto es cada 140 metros carril y de manera alternada para el carril derecho e izquierdo. Las calicatas se realizarán en los puntos determinados por los sectores homogéneos que se establezcan con la deflectometría, de donde se extraerá material para realizar ensayos de clasificación, densidad y CBR de cada una de las capas del paquete estructural y de la subrasante.

A partir de la información obtenida mediante los dos métodos propuestos, se calcularán diferentes parámetros de la subrasante y las capas que conforman la estructura actual del pavimento, dando especial interés al cálculo del Módulo Resiliente ya que éste resulta de gran importancia en la caracterización del comportamiento de un suelo.

Se buscará encontrar un modelo matemático de correlación entre los valores de CBR obtenidos en el laboratorio para las 8 calicatas efectuadas y el módulo resiliente obtenido por retrocálculo a partir de las deflexiones.

Con base a las conclusiones del análisis de la correlación de las propiedades mecánicas obtenidas a través de los dos métodos, se determinarán los parámetros a utilizarse en el diseño.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1 Concepto de Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de explotación y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Montejo Fonseca (2002)

2.2 Pavimento Flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, pueden prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. Montejo y Fonseca (2002)

2.3 Evaluación del Pavimento

El pavimento una vez construido es sometido a varias acciones que provocan su degradación disminuyendo la serviciabilidad, seguridad, confort y capacidad estructural para el cual estuvo diseñado. De allí la necesidad de realizar la evaluación de los pavimentos con el objeto de determinar los daños o deterioros que se generan, conocer las causas de su origen y sus consecuencias para, con esta información, plantear un sistema de administración vial eficiente.

El deterioro que sufre el pavimento por acción de las cargas del tránsito y el clima puede ser determinado a través de evaluaciones funcionales y estructurales mediante la utilización de diversos ensayos o estudios que dependerán del tipo de pavimento a auscultar y que coadyuvarán a identificar el tipo de falla o daño, severidad y su posible tratamiento, a ello se

debe la indispensable necesidad de realizar una evaluación técnica del pavimento tanto de su capacidad para resistir a las solicitaciones de carga durante un periodo de su vida útil cuánto de su capacidad para brindar un nivel de servicio adecuado al usuario. Thenoux & Gaete (2002).

2.3.1 Evaluación Funcional del Pavimento

El principal objeto de la evaluación funcional del pavimento es el diagnóstico de los deterioros o fallas relacionados con la calidad de su superficie y con el estado general de sus condiciones, es decir, aquellas deficiencias como la rugosidad, fallas superficiales y pérdida de fricción, que afectan la serviciabilidad, seguridad, costos y confort de la vía.

Entre los métodos que evalúan la rugosidad o irregularidades que presenta la superficie del pavimento y que afectan la facilidad de rodamiento de los vehículos tenemos la Clasificación de Serviciabilidad Presente (PSR) que mide la percepción que tienen los usuarios sobre la serviciabilidad de la vía, el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) que mide las variaciones del perfil longitudinal que están dadas por la irregularidades de la superficie del pavimento, el Índice de Regularidad Internacional (IRI) que es un indicador de la regularidad superficial del pavimento. Así también se han desarrollado varios equipos para realizar la medición de la rugosidad como por ejemplo CHOLE, APL, Mays Meter, Perfilómetro Óptico, entre otros.

Las fallas superficiales tienen una relación relativa con la serviciabilidad del pavimento, de ahí la importancia de detectarlos oportunamente para aplicar un tratamiento oportuno que evite su deterioro.

Entre los métodos que miden el estado de la superficie del pavimento tenemos métodos visuales como el sistema PAVER que emplea fichas diseñadas especialmente para el efecto o, de registro automático de datos, como los sistemas PASCO ROADRECON, GERPHO, RoadCrack, etc. que además miden otros parámetros relacionados con la rugosidad y fricción.

Los métodos que miden la pérdida de fricción están orientados a la cuantificación de la pérdida de fricción que se produce a consecuencia de la disminución de la micro y macro textura de la superficie del pavimento, entre los más conocidos tenemos el Ensayo de Mancha de Arena, Péndulo Británico y Mu-Meter.

Identificadas las fallas superficiales, las medidas de conservación que generalmente se aplican en el pavimento se encaminan a la restauración funcional y se pueden resumir en las siguientes:

1. Bacheo o reparación de bacheos existentes
2. Sellado de juntas mayores a 3 mm
3. Tratamientos superficiales con sellantes
4. Frezado y recapeo superficial
5. Recapeo

2.3.2 Evaluación Estructural del Pavimento

La evaluación estructural del pavimento tiene como propósito la cuantificación de la capacidad estructural resistente del sistema en una estructura vial existente. Esta evaluación resulta determinante para establecer las necesidades de rehabilitación y aplicación de acciones tendientes a la corrección de la falta de capacidad estructural que ocasiona un deterioro progresivo del pavimento. La falta de capacidad puede deberse a que el pavimento ha cumplido con su vida útil de diseño, dimensionamiento incorrecto del espesor del paquete estructural, falencias en la etapa constructiva, ausencia o deficiencia en actividades de conservación vial y sobrecargas por falta de control.

Para la evaluación estructural de pavimentos pueden utilizarse ensayos destructivos y no destructivos, así denominados dependiendo de la metodología usada para la obtención de la información necesaria para estudiar la capacidad estructural.

Los ensayos no destructivos pueden ser a su vez empíricos o mecanicistas, las evaluaciones empíricas no consisten en sí en un ensayo sino en una evaluación de la vida remanente del pavimento que se determina como una relación de la pérdida de capacidad estructural del pavimento y las sollicitaciones de tránsito reales acumuladas, este método no es muy recomendado dada la incertidumbre respecto de la predicción del tránsito acumulado. Las evaluaciones mecanicistas cuantifican la deformación que ocasionan en la estructura del pavimento dispositivos especiales que simulan la acción del tránsito, de entre los que podemos resaltar la Viga Benkelman, Deflectómetro, Dynaflect, Fallin Weight Deflectometer (FWD).

Los ensayos destructivos implican la alteración de un sitio puntual del pavimento, dentro de los ensayos más destacados tenemos la extracción de calicatas, extracción de testigos, placa de carga y penetrómetro dinámico de cono.

La extracción de calicatas tiene por objetivo la recolección de información las capas que conforman la estructura del pavimento como espesores, clasificación, densidades, humedades y especialmente el CBR (California Bearing Ratio). Otro ensayo practicado es la extracción de testigos, su utilidad se limita a la medición de espesores de las capas cementadas y a la observación del estado de las dichas capas. El ensayo de Placa de carga evalúa la capacidad portante de los materiales que conforman la estructura del pavimento; no obstante, para la realización del ensayo deben efectuarse calicatas de gran tamaño, lo cual resulta poco práctico y costoso. Por último, el penetrómetro dinámico de cono que realiza una evaluación in situ de las capas granulares y la subrasante a través de la relación entre el número de la penetración de la sonda para un determinado número de golpes, con las propiedades del CBR.

Determinada la condición estructural del pavimento evaluado, las medidas de conservación que generalmente se aplican para recuperar la capacidad estructural del mismo se pueden resumir en las siguientes:

1. Remoción del pavimento y reconstrucción con un pavimento de mayor capacidad estructural
2. Recapeo de refuerzo sobre el pavimento existente para añadir capacidad estructural.
3. Fresado del espesor parcial o total y recapeo con una capa igual o mayor.
4. Fresado profundo hasta la capa de base para estabilizar la capa de base y reponer con un nuevo pavimento.

2.4 Evaluación Funcional, Índice de Condición de Pavimento (PCI)

El índice de condición del pavimento (PCI) es una calificación numérica de la condición del pavimento que varía de cero (0) a cien (100), siendo cero (0) la peor condición posible (fallado) y 100 la mejor condición posible (excelente) y que se encuentra normada por la ASTM D6433-11.

Dentro de esta escala, los valores intermedios se definen conforme la Figura 1:

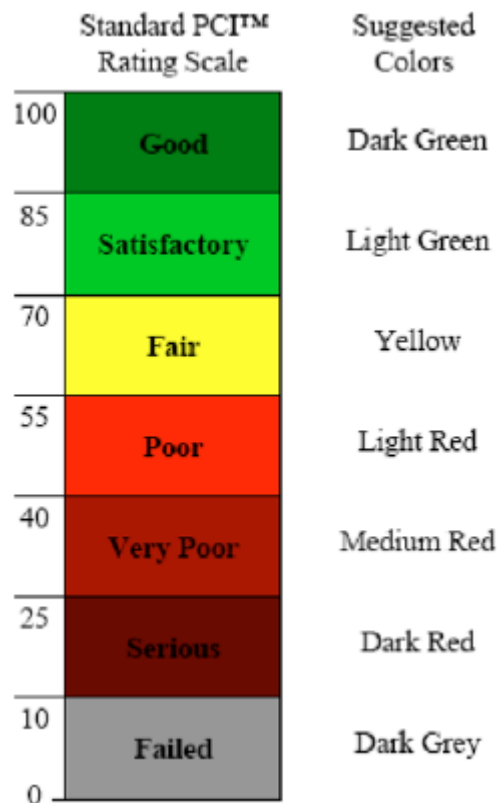


Figura 1. Escala de calificación y sugerencia de colores

Fuente: ASTM D-6433-11

Es un método que determina la condición del pavimento a través de la inspección visual que fue desarrollado por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

El procedimiento identifica la clase de deterioro o falla, la cantidad de fallas encontradas y su severidad.

La evaluación del pavimento mediante este método se realiza siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinación de las unidades de muestreo, identificación de tramos o secciones a evaluar que varían de acuerdo al tipo de vía y capa de rodadura
2. Según el tipo de pavimento se identificarán las fallas existentes de acuerdo con listado de fallas posibles según el Manual de Daños
3. Definición de los parámetros de cada falla que se registran en un formulario de inspección:
 - a. Tipo de falla o patología
 - b. Intensidad o severidad de la falla

- c. Cantidad o densidad
4. Cálculo de los Valores de Deducidos, que se obtiene a partir de obtención de la densidad de cada patología respecto al área de muestreo y las gráficas denominadas Valor Deducido del Daño.
5. Cálculo del Máximo Valor de Deducción Corregido (CDV), el cual resulta de la sumatoria de los valores de deducción de cada tipo de falla individual, excepto los valores de deducción que sean menores que 2 con consideración del Número máximo admisible de valores deducidos; y, la corrección del valor deducido total en la curva de corrección de acuerdo al tipo de pavimento.
6. Cálculo del PCI, el que resulta de la diferencia de 100 y el máximo CDV obtenido en el paso anterior.

2.4.1 Deterioros

Los deterioros o daños del pavimento se definen como una condición o un conjunto de condiciones generadas por el tránsito, el medio ambiente, los métodos de construcción y los materiales, es una alteración de las propiedades físicas o funcionales de la estructura del pavimento.

El pavimento se encuentra sujeto a varios agentes que ocasionan su deterioro y por consiguiente afectan su índice de serviciabilidad. Es por ello que es necesario conocer las afectaciones que los agentes de diferente origen han ocasionado en el paquete estructural para, con ello, plantear alternativas de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

Los deterioros pueden clasificarse de acuerdo a su origen en dos grandes grupos, los que se deben a fallas funcionales y a fallas estructurales.

Las fallas funcionales son fallas que se presentan en la superficie del pavimento y pueden ser remediadas con la corrección de la fricción o el restablecimiento de la rugosidad o regularidad mediante la colocación de capas de asfalto de espesores bajos.

Las fallas estructurales se originan por defectos en las capas que conforman el paquete estructural del pavimento y se deben a la falta de resistencia a los esfuerzos del tráfico.

Los deterioros que puede presentar el pavimento flexible pueden dividirse en 3 grupos: Fisuras y Gritas, Deterioro superficial, Otros Deterioros.

2.4.1.1 Fisuras y Grietas

2.4.1.1.1 Fisuras y grietas por fatiga o Piel de Cocodrilo

Más conocidas como piel de cocodrilo, son grietas interconectadas con patrones irregulares, que tienen como origen la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo la acción repetida de las sollicitaciones de tránsito. Dado a que los esfuerzos y deformaciones de tensión producidos por las cargas de tránsito alcanzan su máximo en el fondo de la capa asfáltica, es allí en donde se produce el agrietamiento. Este fallo se considera como un daño estructural importante y puede presentarse acompañado de ahuellamiento. No es común que este tipo de daño se presente en pavimento flexible colocado sobre pavimento rígido. La fatiga de la estructura se debe principalmente a las siguientes causales:

1. Espesor insuficiente de la estructura
2. Deformaciones de la subrasante
3. Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga
4. Problemas de drenaje que afecten a los materiales granulares
5. Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica por exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración o deficiencia de asfalto en la mezcla
6. Reparaciones mal ejecutadas o implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

2.4.1.1.2 Fisuras y grietas en bloque

Son grietas que se presentan en la superficie del asfalto que se interconectan y dividen el pavimento en bloques más o menos rectangulares, estas grietas se deben a los cambios de temperatura diarios que ocasionan ciclos de esfuerzo deformación en el concreto asfáltico. Se diferencia de las fisuras por fatiga ya que el agrietamiento en bloque se presenta en áreas grandes no así la piel de cocodrilo que genera bloques pequeños con ángulos agudos y además porque no están sometidas a carga. Las fisuras y grietas en bloque pueden convertirse en piel de cocodrilo por acción del tránsito.

Entre las posibles causas que ocasionan este deterioro tenemos las siguientes:

1. Contracción del pavimento asfáltico por la variación de temperatura durante el día
2. Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
3. Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.
4. Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de solicitaciones de carga
5. Baja capacidad de soporte de la subrasante.

2.4.1.1.3 Grietas de borde

Son grietas paralelas a la calzada en el sentido longitudinal, generalmente aparecen a una distancia de 30 a 60 cm entre la calzada y el borde exterior del pavimento debido principalmente a la debilitación de las capas que conforman el pavimento por falta de confinamiento lateral ya sea por falta de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan a desnivel con la berma.

2.4.1.1.4 Fisuras y grietas longitudinales y transversales

Este tipo de fisuras o grietas son paralelas al eje de la vía o a la dirección de construcción, estas últimas forman ángulos cercanos al recto con respecto al sentido del tránsito. Estas se producen debido a que los esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura del pavimento han superado la resistencia del material afectado.

Entre las posibles causas que originan su formación, tenemos las siguientes:

1. Junta de carril del pavimento mal ejecutada
2. Grietas de reflexión de capas inferiores al pavimento, por una parte, pueden darse en las capas de materiales granulares como base, subbase, materiales estabilizados o en la subrasante en zonas de corte o relleno por diferencia de rigidez de los materiales; y, por otra, grietas en losas de hormigón hidráulico subyacentes, pero no en las juntas de este tipo de pavimento.

3. Contracción de la capa de pavimento asfáltico a causa de bajas temperaturas o a la rigidización de la mezcla asfáltica ya sea por un exceso de filler o por el envejecimiento del asfalto.
4. Riego de liga insuficiente o ausencia.
5. Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

2.4.1.1.5 Fisuras y grietas reflejadas

Este deterioro se presenta únicamente en la superficie de un pavimento asfáltico que ha sido colocado sobre una losa de hormigón hidráulico, se caracterizan por tener un patrón regular y se deben al movimiento de las juntas del pavimento rígido debidos a la temperatura y la humedad, no se relaciona con las cargas, no obstante, estas pueden ocasionar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta e incrementar el daño.

2.4.1.2 Deterioros Superficiales

2.4.1.2.1 Parches y acometidas de servicios públicos

Se define como una sección de pavimento que ha sido reemplazada por un nuevo material para reparar o reemplazar el pavimento existente, incluye el concreto asfáltico y los materiales granulares que componen la estructura del paquete estructural.

La reparación del pavimento se realiza por la construcción de acometidas de servicios públicos o por deficiencias propias de su estructura a causa de procesos constructivos mal ejecutados.

En ambos casos, un parche siempre constituirá un defecto en el pavimento sin importar si se encuentra o no bien ejecutado.

Los parches a su vez pueden presentar deterioros por deficiencias en su ejecución, por no haber solucionado las causas que originaron y por ser estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones.

2.4.1.2.2 Baches o huecos

Cavidades o depresiones regularmente de forma redondeada que se forman en la superficie del pavimento generalmente con diámetros menores a los 90 cm., pero mayores a los 15 cm. Obedece un proceso repetitivo en el cual por la acción del tránsito se suscitan desprendimientos de pequeños pedazos de la superficie de la losa de concreto asfáltico que sumados a la acumulación del agua en estos pequeños agujeros terminan socavando la estructura del pavimento. Este deterioro se asocia a condiciones de la estructura y no se debe confundir con la meteorización.

Sus posibles causas se enlistan a continuación:

1. Mezclas pobres
2. Puntos débiles de la base o la subrasante
3. Drenaje insuficiente o inadecuado
4. Defectos de construcción
5. Derrame de solventes o quema de elementos sobre el pavimento.

2.4.1.2.3 Ahuellamiento

Depresión localizada en la trayectoria de las ruedas de los vehículos que transitan en la vía, generalmente se produce el levantamiento lateral del pavimento a lo largo del ahuellamiento. Un ahuellamiento considerable puede derivar en una falla estructural del pavimento y facilitar el almacenamiento de agua y por ende posibilitar el hidroplaneo.

La deformación permanente de las capas que conforman el pavimento o la subrasante son la causa por la cual se produce el ahuellamiento. Esta deformación se debe a una falla por fatiga de la estructura ante la repetición de las cargas que ocasionan la consolidación o movimiento lateral de los materiales.

2.4.1.2.4 Deformación Transversal Fisuras o Grietas parabólicas

Son grietas en forma de media luna o cuarto creciente y se producen por el frenado o giro de las ruedas induciendo desplazamiento y por ende ocasionando la deformación de la superficie

de pavimento, razón por la cual también se las denomina fisuras por resbalamiento. Generalmente este daño se debe a una mezcla asfáltica de baja resistencia o de una liga pobre o ausencia de ésta entre la superficie y la capa siguiente en la estructura del pavimento, por la presencia de polvo, aceite, agua o cualquier otro material no adhesivo entre la carpeta de superficie y la carpeta inferior, podría deberse también a la mala compactación lo que ocasiona la rotura de la adherencia entre las dos capas o exceso en la dotación de ligante. Generalmente no se debe a inestabilidades geotécnicas de la calzada.

2.4.1.2.5 Exudaciones

Es una película o afloramiento de material bituminoso en la superficie del pavimento, suele ser brillante, resbaladiza y puede llegar a ser pegajosa. Puede afectar a la resistencia al deslizamiento. Entre las causas principales para la exudación podemos citar el exceso de asfalto en la mezcla, exceso en la aplicación de un sellante asfáltico, bajo contenido de vacíos de aire, uso de asfaltos muy blandos o derrame de ciertos solventes. El proceso de exudación es permanente ya que el asfalto tiende a ocupar vacíos de la mezcla cuando se encuentra a altas temperaturas ambientales y se expande sobre la superficie del pavimento.

2.4.1.2.6 Abultamientos y hundimientos

Están constituidos por pequeños desplazamientos sobre la superficie del pavimento en sentido vertical que, a diferencia de los desplazamientos, no se deben a inestabilidad de la mezcla asfáltica sino a la infiltración del material en una fisura que al combinarse con la acción de las cargas de tráfico producen elevaciones o depresiones, o, por el levantamiento de las losas de hormigón hidráulico con sobrecarpeta de hormigón asfáltico,

Los hundimientos por su parte son pequeños y abruptos desplazamientos hacia abajo.

2.4.1.2.7 Meteorización y Desprendimiento de agregados o Desgaste

Este deterioro consiste en el desgaste de la superficie del pavimento debido pérdida de partículas y ligante asfáltico ocasionadas principalmente por la acción del tránsito y agentes abrasivos o erosivos. Es un deterioro natural del pavimento que podría estar ligado a varios factores como el endurecimiento del asfalto, adherencia insuficiente asfalto-agregados, mala dosificación de asfalto, tránsito, agua y materiales abrasivos.

2.4.1.2.8 Depresiones

Son áreas con un nivel ligeramente más bajo que el nivel de la superficie del pavimento a su alrededor, generalmente cuando son de baja intensidad solo son visibles después de la lluvia. Se deben al asentamiento de la subrasante o por un defecto constructivo. Cuando son profundas y están llenas de agua pueden causar hidropneumático.

2.4.1.2.9 Pulimento de agregados

Los agregados que forman parte del pavimento son susceptibles de pérdida de microtextura o pulimento ocasionada por la repetición abrasiva de las cargas del tránsito, viéndose disminuida la adherencia entre la superficie del pavimento y las llantas del vehículo pues la superficie se vuelve lisa y suave al tacto causando disminución de la fricción o resistencia al deslizamiento de tal forma que puede afectar la seguridad.

Además de las cargas del tránsito, este deterioro podría verse mayormente afectado con la utilización de agregados de naturaleza degradable o con superficie pulida, así también como la utilización de mezclas asfálticas deficientes que facilitan la exposición de los agregados.

2.4.1.2.10 Pérdida de áridos

Es un daño que se produce debido a un desgaste progresivo de la superficie del pavimento debido a desprendimiento o disgregación del material fino o del ligante, dejando expuestos los agregados a la acción de las cargas del tránsito y del medio ambiente. Es un daño que se presenta

más comúnmente en tratamientos asfálticos y mezclas en frío y pueden deberse a un endurecimiento del bitumen, inadecuada dotación del material bituminoso o graduación de los agregados y pérdida de adhesión entre el asfalto y los agregados.

2.4.1.2.11 Hinchamiento

Es un acenso de la superficie del pavimento produciendo una onda o abultamiento de una longitud mayor a 3,00 m. generalmente está acompañada de agrietamientos. Este tipo de falla se debe a condiciones climáticas específicamente cambios volumétricos por congelamiento de la subrasante, por suelos arcillosos altamente expansivos o por contaminación de los materiales de la estructura del pavimento con materiales orgánicos.

2.4.1.2.12 Desplazamiento o Corrimiento

Es una deformación longitudinal debido a un movimiento plástico de la mezcla asfáltica ocasionada por el empuje de las cargas de tránsito, la señalización horizontal facilita la identificación de este tipo de daño ya que en esta puede observarse más fácilmente las ondulaciones que esta falla produce. Este deterioro se asocia a capas asfálticas con baja estabilidad, mala adherencia entre la capa superior e inferior, deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica, altas temperaturas de servicio, falta de contención lateral o empujes por dilatación de losas contiguas o subyacentes y desplazamientos laterales de bases granulares.

2.4.1.2.13 Corrugación

Son una serie ondas que se producen en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, las cimas y depresiones ocurren a intervalos regulares y longitudes entre crestas usualmente menores de 3,00 m., encontrándose comúnmente en un rango de 0,60 a 0,90 m. Este daño se produce por la acción del tránsito por la acción de frenado o aceleración de los vehículos, además por una pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica o de la base, debidas a mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos, agregados redondeados, exceso de compactación de la carpeta asfáltica, exceso o mala calidad

del asfalto, insuficiencia de triturados, falta de curado de las mezclas en la vía, exceso de humedad en la subrasante o contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica y por altas temperaturas de servicio que reducen la estabilidad de las mezclas asfálticas.

2.4.1.3 Otros Deterioros

2.4.1.3.1 Descenso o separación entre berma y pavimento

Es una diferencia de nivel entre la calzada y la berma debido a un asentamiento o desplazamiento de la berma o colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. Los asentamientos o desplazamientos pueden deberse a la diferencia entre los materiales que conforman la berma y los que conforman el pavimento, al bombeo producido por el material de base en la berma, ausencia de liga entre calzada y berma cuando se construyen por separado o también puede deberse a problemas de inestabilidad de taludes aledaños. Este deterioro ocasiona la pérdida de material de las capas que conforman la estructura del pavimento por la infiltración del agua en las grietas que se producen.

2.4.1.3.2 Surgencia de finos y agua

Se refiere a la salida de agua por las grietas del pavimento desde la base hacia la superficie junto con materiales finos cuando circulan las cargas de tránsito. Generalmente este tipo de daño se presenta en pavimentos que tienen en su estructura base estabilizada.

2.4.2 Intensidad o Severidad

Para realizar la evaluación del nivel de intensidad o severidad de los daños existentes en el pavimento debe realizarse a través de la calidad del viaje según las definiciones de Vásquez (2002):

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los

abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo; pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

2.5 Evaluación Estructural mediante el Falling Weight Deflectometer (FWD)

2.5.1 Definición de Deflexión

La deflexión de un pavimento se define como el valor que representa la respuesta estructural ante la aplicación de una carga vertical externa. También se define como el desplazamiento vertical del paquete estructural de un pavimento ante la aplicación de una carga; generalmente, la carga es producida por el tránsito vehicular. Cuando se aplica una carga en la superficie no solo se desplaza el punto bajo su aplicación, produciendo una deflexión máxima, sino que también se desplaza una zona alrededor del eje de aplicación de la carga, que se denomina cuenco de deflexión (ver Figura 2).

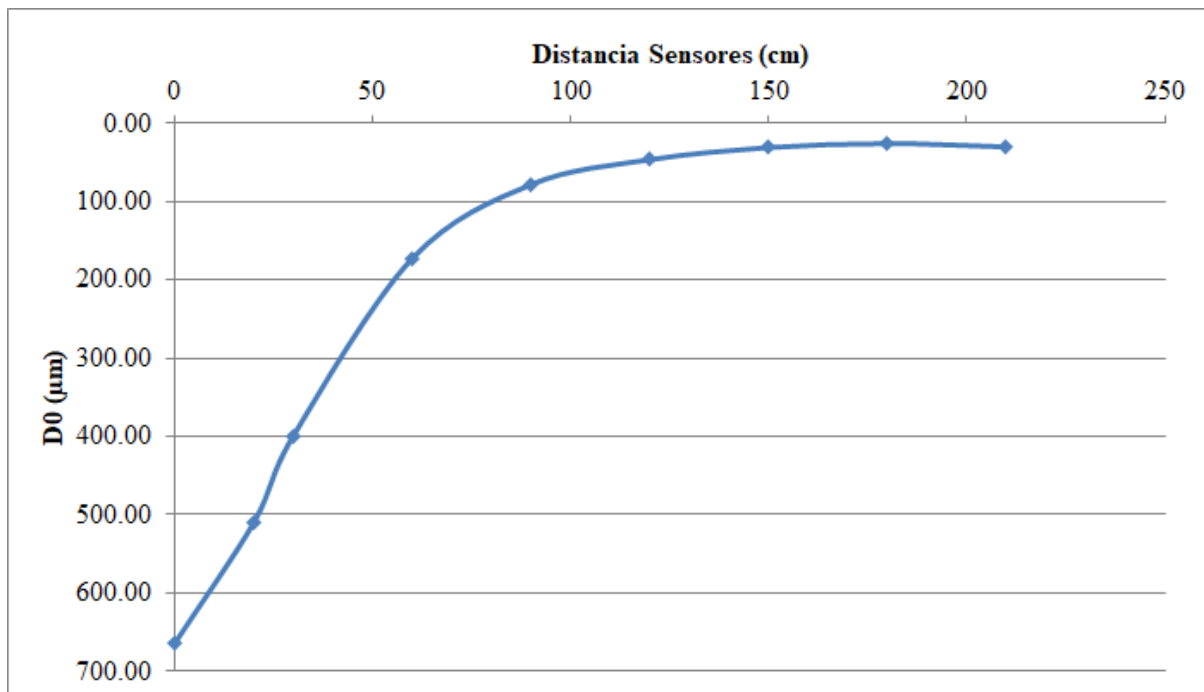


Figura 2. Cuenco de deflexión

La deflexión permite ser correlacionada con la capacidad estructural de un pavimento de manera que, si la deflexión es alta en un modelo estructural, la capacidad estructural del modelo de pavimento es débil o deficiente, y lo contrario, si la deflexión es baja, quiere decir que el modelo estructural del pavimento tiene buena capacidad estructural. Higuera (2010)

2.5.2 Medición de Deflexión

La medición de la deflexión tiene su propósito en la determinación de la capacidad estructural de un pavimento in situ, para lo cual se han desarrollado varias metodologías y equipos.

El objeto del ensayo es medir a través de transductores el desplazamiento vertical de varios puntos de la superficie de un pavimento ya sea localizados directamente bajo una placa circular rígida o alejada de ella sometida a un pulso de carga dinámica de magnitud conocida.

Con los resultados de este ensayo es posible determinar el cuenco de deflexiones para un eje longitudinal de pavimentos y obtener varios parámetros útiles tanto para la evaluación estructural de los pavimentos como para el análisis y diseño de su rehabilitación o

reconstrucción tales como el módulo de elasticidad de cada capa, rigidez combinada de los sistemas de pavimentos, eficiencia en la transferencia de carga en las juntas de pavimentos de concreto hidráulico, módulos de reacción de la subrasante, espesor efectivo, número estructural o valor de soporte del suelo y capacidad de carga o capacidad de soporte del pavimento.

Según Pérez et al, (2004), los equipos más comunes para determinar la capacidad estructural de los pavimentos son:

- a) Equipo discontinuo de medición: Opera con el principio de brazo de palanca simple (por ejemplo: Viga Benkelman)
- b) Equipo estático semicontinuo: Actúa con el principio de doble brazo de palanca (por ejemplo: Deflectógrafo Lacroix)
- c) Equipo dinámico de aplicación de carga: Utiliza un generador de fuerza dinámica, el cual puede ser una masa giratoria o un mecanismo actuador servohidráulicamente controlado (por ejemplo: Dynaflect, Road Rater)
- d) Equipo de impacto: Crea un impulso de carga sobre el pavimento, dejando caer una masa a partir de alturas variables sobre un sistema de resortes o caucho. Conocido generalmente como Falling Weight Deflectometer, FWD (por ejemplo: Dynatest, Kuab, Jils)

2.5.3 Falling Weight Deflectometer o Deflectómetro de Peso Descendente

El Falling Weight Deflectometer o Deflectómetro de Peso Descendente es un equipo de innovación tecnológica que simula la acción del tráfico mediante la generación de una onda de carga que se produce por el impacto que ocasiona la caída de un determinado peso sobre la superficie de un pavimento.

El impacto se transmite al pavimento a través de un sistema de amortiguadores elásticos apoyados sobre una placa de carga que simula, de manera bastante aproximada, un vehículo circulando sobre el pavimento.

Producto del impacto se generan valores de deflexión que son medidos por dispositivos encargados de captar la deformación superficial del pavimento, son denominados geófonos y

están localizados en la parte inferior del FWD separados entre sí por un espaciamiento predefinido.

El deflectómetro mide la deflexión bajo el área de aplicación de la carga y bajo una serie de 6 a 9 puntos localizados a distancias predefinidas que varían entre 20 y 180 cm del centro del impacto a través sensores o geófonos que se encuentran localizados en su parte baja. Esta deflexión se debe a la deformación de la porción de pavimento que se encuentra dentro de la zona de tensión generada por el pavimento o la subrasante formando el denominado cuenco de deflexión.

El deflectómetro cuenta además con un par de sensores de temperatura, que captan la temperatura del ambiente y superficial del pavimento al momento de la ejecución de la prueba.

Los ensayos deben realizarse siguiendo las recomendaciones de las normas americanas:

- ASTM D4695 General Pavement Deflection Measurements. (2003)
- ASTM D4694 Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device. (1996)
- ASTM D5858 Calculating In Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials Using Layered Elastic Theory. (1996)
- AASHTO R032 Calibrating the Load Cell and Deflection Sensors for a Falling Weight Deflectometer.

El número de ensayos y la localización del ensayo puede variar de acuerdo al tipo de proyecto en estudio y del uso que se les dará a los datos obtenidos. Generalmente los ensayos se realizan sobre una de las roderas como una primera aproximación ya que la respuesta del pavimento refleja el efecto del daño acumulado.

A nivel de redes de carreteras se recomienda realizar los ensayos de deflexión en intervalos de 100 a 500 m, dependiendo de las condiciones específicas de los pavimentos y la magnitud del área por analizar, de todas maneras, se recomienda un mínimo de siete ensayos por sección uniforme de pavimento para asegurar una muestra estadísticamente significativa y colocar la carga a nivel de la rodera externa. A nivel de proyecto general se recomiendan intervalos entre los 50 a 200m dependiendo de las condiciones específicas del pavimento y de la magnitud del área por estudiar; sin embargo, se recomienda un mínimo de 15 determinaciones por sección

de pavimento uniforme en este nivel de proyecto, asimismo la carga se debe colocar a nivel de la rodera externa. Por último, a nivel de proyecto detallado la recomendación es de 10 a 100 m en donde el muestreo se realiza a nivel de ambas roderas.

2.5.4 Secciones Homogéneas y Método de las Diferencias Acumuladas

El método de diferencias acumuladas es un método analítico para delinear unidades estadísticamente homogéneas a partir de las mediciones de la respuesta del pavimento, el método se encuentra definido en la AASHTO 1993, apéndice J de la Guía de Diseño Estructural de Pavimentos.

Este enfoque se puede utilizar para una amplia variedad de variables de respuesta de pavimento medidas como deflexión, capacidad de servicio, resistencia al deslizamiento, grados de severidad de daño del pavimento, etc. y su objetivo es encontrar secciones cuyos datos en promedio, presenten un comportamiento similar.

Para la determinación de secciones homogéneas, el técnico encargado del proyecto se encargará de procesar las mediciones de respuesta del pavimento efectuadas con el Deflectómetro de Peso Descendente; y, con la ayuda del método de las diferencias acumuladas, evaluará cada tramo en función de las características y comportamiento similares que cada uno de ellos presente, revisará información de partida como número de carriles, sección estructural tanto en la naturaleza como en su espesor, categoría de tráfico, etc. así como el comportamiento de las medidas de las deflexiones e información complementaria a partir del análisis calicatas o sondeos y resultados de ensayos de muestras.

El método se basa en los siguientes pasos que pueden ser implementados en una hoja de cálculo:

- Identificación de Abscisas (x_i): la primera columna debe contener la información de las abscisas del ensayo realizado ($x_1, x_2 \dots, x_n$),
- Distancia de Intervalo (Δx_i): la segunda columna constituirá la diferencia entre las abscisas constantes en la primera columna:

$$\Delta x_1 = 0$$

$$\Delta x_1 = x_1 - x_0$$

$$\Delta x_2 = x_2 - x_1$$

$$\Delta x_n = x_n - x_{n-1}$$

- Distancia Acumulativa ($\sum \Delta x_i$): la tercera columna es el resultado del acumulado de las distancias de la segunda columna:

$$\sum \Delta x_1 = 0$$

$$\sum \Delta x_2 = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

$$\sum \Delta x_3 = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$$

$$\sum \Delta x_n = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_{n-1} + \Delta x_n$$

- Respuesta del Pavimento (r): la cuarta columna contiene la información de la respuesta del pavimento, en el caso de este estudio, contendrá la información de las deflexiones máximas obtenidas en el ensayo de deflectometría. (D0)
- Valores Promedio (\check{r}): la quinta columna es el cálculo del promedio de las deflexiones consignadas en la cuarta columna. (D0prom):

$$\check{r}_1 = r_1$$

$$\check{r}_2 = \frac{(r_1 - r_2)}{2}$$

$$\check{r}_n = \frac{(r_{n-1} - r_n)}{2}$$

- Área de Intervalo: la sexta columna contiene el valor calculado del área del intervalo mediante la fórmula:

$$a_1 = 0$$

$$a_2 = \Delta x_2 * \check{r}_2$$

$$a_n = \Delta x_n * \check{r}_n$$

- Área Acumulada: la séptima columna es el resultado del acumulado de las áreas calculadas en la anterior columna.

$$\sum a_1 = 0$$

$$\sum a_2 = a_1 + a_2$$

$$\sum a_3 = a_1 + a_2 + a_3$$

$$\sum a_n = a_1 + a_2 + \dots + a_{n-1} + a_n$$

- Diferencia Acumulada: es simplemente la diferencia en los valores del área acumulada, en una distancia dada, entre las líneas promedio real y del proyecto, esta última columna contiene los valores calculados mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{\text{Área Acumulativa}}{\text{Distancia Acumulativa}}$$

$$F = \frac{\sum a_n}{\sum \Delta x_n}$$

Para la visualización de las secciones homogéneas se realiza un gráfico a partir de la primera y octava columnas.

Debe considerarse que las secciones determinadas no sean muy pequeñas pues su tratamiento de rehabilitación o reconstrucción podría resultar antieconómico.

2.5.5 Deflexión Característica

Según la Guía AASHTO (1993), la deflexión característica se define como el valor de la deflexión que representa un determinado tramo de vía. Su cálculo corresponde al promedio de las deflexiones más 1.65 del valor de la desviación típica muestral, debiendo procurarse que no exista mayor dispersión entre los valores a promediar.

2.5.6 Definición de Módulo Resiliente

Los ciclos de carga y descarga que se originan a causa del repetido paso de los vehículos en una carretera, someten a la estructura del pavimento a un comportamiento de esfuerzo

deformación que puede variar en función de la magnitud de la carga y del tiempo de duración de la misma.

Los materiales de la estructura del pavimento sujetos a la acción de estas cargas no se recuperan en su totalidad, presentando una deformación plástica o permanente y otra deformación elástica o resiliente. Las deformaciones plásticas son aquellas que permanecen después de cesar la carga, en tanto que las deformaciones resilientes o elásticas son aquellas que se recuperan de manera instantánea.

La deformación plástica tiende a ser acumulativa, aunque en cada ciclo va reduciéndose hasta llegar al punto en el que se recupera en su totalidad, la deformación permanente tiende entonces a ser aproximadamente constante y por ende el comportamiento del material describe la misma curva. En este punto el material presenta un comportamiento elástico o resiliente ya que prácticamente se recupera de toda la deformación inducida. Este comportamiento se encuentra graficado en la Figura 3.

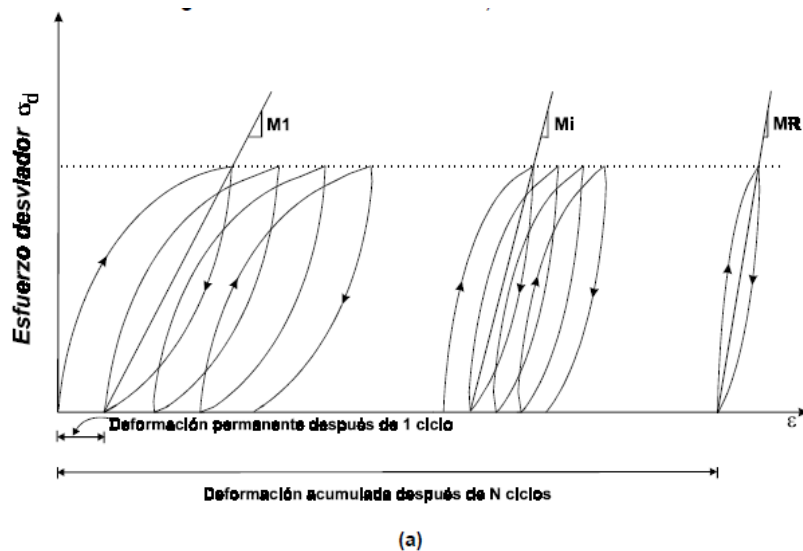


Figura 3. Acumulación de la deformación permanente

Fuente: Módulos de resiliencia en suelos finos y granulares, Instituto Mexicano del Transporte, 2001

El Módulo Resiliente se define como la magnitud del esfuerzo desviador repetido en compresión triaxial dividido entre la deformación axial recuperable y se representa como sigue:

$$MR = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

Donde:

σ_1 : Esfuerzo principal mayor

σ_3 : Esfuerzo principal menor

σ_d : Esfuerzo desviador

ϵ_{axial} : Deformación recuperable

2.5.7 Retrocálculo

Conocidos los valores de carga aplicada, espesor de las capas de pavimento, módulo y coeficiente de Poisson es posible calcular los esfuerzos, las deformaciones y las deflexiones producidas en la estructura del pavimento, a partir de las cuales puede obtenerse la curva de deformación del pavimento a diferentes distancias. En tanto que el proceso de retrocálculo o también denominado cálculo inverso es una técnica que busca evaluar la capacidad estructural de un pavimento determinando los valores de los módulos de las capas que constituyen la estructura del pavimento a partir del cuenco de deflexiones determinado a través de las deflexiones medidas sobre su superficie.

Para determinar los módulos de las capas del pavimento, el retrocálculo realiza un proceso iterativo en el que se busca encontrar un ajuste razonable entre las curvas generadas a partir de las deflexiones teóricas calculadas a partir de valores asumidos para los módulos y las curvas generadas a partir de las deflexiones medidas con dispositivos como el deflectómetro de impacto. Este proceso puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Asumir valores predeterminados para los módulos de las capas que constituyen la estructura del pavimento
2. Calcular las deflexiones teóricas
3. Comparar los valores de las deflexiones teóricas y medidas
4. Realizar un ajuste entre las curvas de deflexiones teóricas y medidas

5. Determinar el valor medio cuadrático (RMS) entre las deflexiones teóricas y medidas
6. Verificar que la diferencia entre el valor del medio cuadrático (RMS) sea igual o inferior al 2%

2.5.8 Métodos matemáticos de retrocálculo

Existen varios métodos de análisis inverso o retrocálculo, los cuales pueden dividirse en dos grupos, analíticos y los obtenidos con herramientas computacionales.

Los métodos analíticos se basan generalmente en el supuesto de un sistema bicapa en el que la primera capa es la subrasante y la segunda capa la conforman todas las capas de pavimento que se encuentran sobre la subrasante, por ende, los resultados se resumen a la obtención de los módulos de la subrasante y de la estructura del pavimento en su conjunto, entre ellos podemos citar los propuestos por la AASHTO, LUKANEN, YONAPAVE, RODHE, HOGG.

Los métodos con herramientas computacionales a su vez pueden agruparse dependiendo de la carga aplicada (estática o dinámica) y además del análisis utilizado para la caracterización del material (lineal o no lineal). Con estos métodos es posible llegar a obtener los módulos de la subrasante y de las capas que conforman la estructura del pavimento. Entre los más conocidos podemos citar EVERCALC, MODULUS, ELMOD, etc. Zoo (2000)

2.5.8.1 Método AASHTO 1993

Módulo resiliente de la subrasante: El método AASHTO tiene como punto de partida estimar el módulo resiliente de la subrasante a partir de deflexiones medidas en la superficie del pavimento, Higuera (2010), más específicamente en el sensor ubicado a 180 cm del eje de carga del deflectómetro de impacto mediante retrocálculo, para lo cual plantea la siguiente ecuación:

$$M_{rr} = \frac{P (1 - \mu^2)}{\pi d r} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Mrr: Módulo resiliente de la subrasante obtenido mediante retrocálculo (MPa o lb/pulg²)

P: Carga aplicada en el impacto (kN o libras)

μ: Relación de Poisson de la subrasante

dr: Deflexión registrada a la distancia r medida desde el centro de carga (centímetros o pulgadas)

r: Distancia entre el eje de carga del sistema y el sensor dado (centímetros o pulgadas)

En la literatura es muy común encontrar la siguiente expresión simplificada:

$$M_{rr} = \frac{0.24 P}{d_r r} \quad \text{Ecuación 3}$$

Que resulta de asumir una relación de Poisson de 0.5; no obstante, siempre será recomendable usar el valor que represente a la subrasante en estudio.

La guía AASHTO (1993) determina que la deflexión a usarse en estas ecuaciones debería ser la que corresponde al sensor lo más cercano posible al plato de carga, debiendo cumplir a su vez, que la distancia entre el sensor y el eje del plato de carga sea lo suficientemente lejana para que permita cumplir las consideraciones asumidas. En todo caso deberá verificarse el cumplimiento de una distancia radial mínima “r” dada por la siguiente expresión:

$$r \geq 0.7a_e \quad \text{Ecuación 4}$$

En donde:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_{rr}}}\right)^2} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

a_e : Radio del bulbo de tensión en la interfase pavimento-subrasante (pulgadas)

a : Radio del plato de carga (pulgadas)

D : Espesor total del pavimento por encima de la subrasante (pulgadas)

E_p : Módulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante (lb/pulg²), definido como:

$$D_0 = 1.5qa \left\{ \frac{1}{Mrr \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{Mrr}} \right)^2}} + \frac{[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{D}{a})^2}}]}{E_p} \right\}$$

Ecuación 6

Donde:

D_0 : Deflexión máxima medida en el centro de la placa de carga corregida a 20 °C (pulgadas)

q : Presión de la placa de carga (lb/pulg²)

Número Estructural: Por otra parte, a partir de la información del cuenco de deflexión, módulo equivalente y el espesor total del paquete estructural, es posible determinar el Número estructural efectivo del pavimento, SN_{ef} con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$SN_{ef} = 0.0045 D \sqrt[3]{E_p}$$

Ecuación 7

Donde:

SN_{ef} : Número estructural efectivo de la estructura de referencia

D : Espesor total del pavimento (pulgadas)

E_p : Módulo efectivo del pavimento (lb/pulg²)

2.5.8.2 Método de Yonapave

Módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante: Según Higuera (2010), el módulo resiliente retrocalculado de la subrasante (M_{rr}) puede calcularse en función de la longitud característica, presión del plato de carga, la deflexión central y con base a coeficientes de ajuste de curvas que se detallan en la Tabla 1 usando la siguiente expresión:

$$M_{rr} = m * \frac{P}{d_0} * l_0^n \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

M_{rr} : Módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante, en MPa

P: Presión del plato de carga del FWD, en kPa

d_0 : Deflexión máxima bajo el plato de carga, en 0,001 mm

l_0 : Longitud característica del cuenco de deflexión, en cm

m, n: Coeficientes de ajustes de curvas (ver Tabla 1)

Tabla 1. Coeficientes de ajuste de curvas para determinar el módulo equivalente de la subrasante

Rango de valores del AREA, pulgadas	h/l_0	m	n
Mayor o igual a 23	5	926.9	-0.8595
Mayor o igual a 21 y menor que 23	10	1152	-0.8782
Mayor o igual a 19 y menor de 21	20	1278	-0.8867
Menor de 19	40	1344	-0.8945

Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS, Bogotá. 2008, p. 231.

Longitud característica: Yonapave plantea que la siguiente expresión para la determinación de la longitud característica (l_0):

$$l_0 = A * e^{B * AREA} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

l_0 : Longitud característica del cuenco de deflexión, en cm

A, B: Coeficientes de ajuste de curvas (ver Tabla 2)

h: Profundidad real a la base o a la capa rígida, en cm

Tabla 2. Coeficientes de ajuste de curvas para determinar la longitud característica

Rango de valores del AREA, pulgadas	h/l ₀	A	B
Mayor o igual a 23	5	3.275	0.1039
Mayor o igual a 21 y menor que 23	10	3.691	0.0948
Mayor o igual a 19 y menor de 21	20	2.8	0.1044
Menor de 19	40	2.371	0.1096

Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS, Bogotá. 2008, p. 231.

AREA del cuenco de deflexiones: Para la determinación del área del cuenco de deflexiones se utiliza la expresión desarrollada por Hoffman que se describe a continuación:

$$AREA = 6 * \left[\frac{D_0 + 2D_{300} + 2D_{600} + 2D_{900}}{D_0} \right] \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

AREA: Área del cuenco de deflexiones, en pulgadas

D₀, D₃₀₀, D₆₀₀ y D₉₀₀: Deflexiones en milímetros del FWD para una distancia r de 0, 30, 60, 90 cm

Número Estructural Efectivo: Una vez que los valores de la longitud característica y el módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante son conocidos, es posible calcular el Número Estructural Efectivo mediante la siguiente expresión:

$$SN_{Efectivo} = 2 * \left[0.0182 * l_0 \sqrt[3]{Mrr} \right] - 0.5 \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

SN_{Efectivo}: Número estructural efectivo

l₀: Longitud característica, en cm

Mrr: Módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante, en MPa

2.5.9 Factores de ajuste

2.5.9.1 Factor de ajuste del módulo de capas no ligadas

El Módulo Resiliente de la subrasante retrocalculado (Mrr) y el Módulo Resiliente medido en laboratorio (Mr) no son iguales debido principalmente a que las presiones de confinamiento uniforme y los esfuerzos verticales repetidos usados durante el ensayo en laboratorio no simulan realmente el confinamiento y estado de esfuerzos a los que se encuentra sometida la estructura del pavimento por la carga del tráfico o por el FWD.

Por este motivo es necesario realizar utilizar un factor de ajuste (C) para equiparar los valores determinados en laboratorio respecto a los determinados por retrocálculo ya que el procedimiento de diseño está sustentado en el valor de módulo medido en laboratorio. De llegarse a utilizar el módulo obtenido mediante retrocálculo, el espesor de pavimento calculado resultaría insuficiente para diseños basados en el criterio de serviciabilidad.

Según la guía AASHTO (1993), los módulos resilientes determinados por retrocálculo a partir de las deflexiones medidas con el deflectómetro difieren en más a los obtenidos en laboratorio por lo que recomienda utilizar un factor de ajuste C que lo haga consistente con el valor real de la subrasante, conforme la siguiente formulación:

$$Mr = C * \frac{0.24 P}{d_r r} \quad \text{o} \quad Mr = C * Mrr$$

Ecuación 12

Donde:

P: Carga aplicada (libras)

Mr: Módulo resiliente de la subrasante (lb/pulg²)

Mrr: Módulo resiliente por retrocálculo de la subrasante (lb/pulg²)

C: Factor de ajuste (0.33)

Al momento, con el incremento del uso de deflectómetros, varios países de Latinoamérica están realizando proyectos de investigación para calcular el factor “C” para suelos típicos de cada territorio.

La literatura refiere varias investigaciones tendientes a determinar factores de corrección que equiparen los módulos obtenidos a través del retrocálculo respecto a aquellos obtenidos en laboratorio, de entre las que podemos citar “*Design Pamphlet for the Determination of Layered Elastic Moduli for Flexible Pavement Design in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures*”, “*Design Pamphlet for the Determination of Design Subgrade in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures*”, *Guía para la Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos INVÍAS, Factores de Ajuste Utilizados por Distintos Departamentos de Transporte en Estados Unidos*, Estudio Realizado en la Universidad Técnica Federico Santa María – Chile, Estudio de la Universidad del Estado De Michigan, “*Estimación del valor “C” incluido en el método AASHTO-93 para el retrocálculo modular de la subrasante*” estudio realizado por la Universidad del Rosario –Argentina, Estudio Instituto de Transporte de Texas, Estudio Departamento de Transporte de Mississippi, Estudio “*Comparación del módulo resiliente de la subrasante obtenido a partir de deflexiones de impacto y mediante ensayos de laboratorio en un proyecto vial del departamento de Cundinamarca*”, Estudio “*Relación entre el Módulo Resiliente hallado por retrocálculo y el encontrado en ensayos de laboratorio*”, Estudio Comparación entre el módulo resiliente de la subrasante determinado en laboratorio y el retrocalculado – factor de ajuste “C” del grupo de investigación y desarrollo en infraestructura vial - GRINFRAVIAL - de la Escuela de Transporte y Vías, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estos estudios, en resumen, concluyen con la obtención de diferentes factores en función de las características mecánicas de cada capa y de su localización en la conformación del pavimento, en cuyo caso el proyectista deberá utilizar el coeficiente que más se adapte a las condiciones de su análisis.

2.5.9.2 Factor de ajuste del módulo por carga y temperatura

Según Guzmán (2016) las deflexiones medidas, o el módulo de las capas retrocalculado, deben ser ajustadas a un tipo particular de sistema de carga y a condiciones ambientales normalizadas para su uso en el estudio de pavimentos. Los factores relacionados con el sistema de carga son la frecuencia y nivel de la carga aplicada con FWD. El factor ambiental más importante que afecta la superficie de pavimentos flexibles, es la temperatura de la capa asfáltica, influyendo en su módulo. En materiales no ligados, sus propiedades de resistencia se ven afectadas, principalmente, por variaciones en el nivel de carga y el contenido de humedad.

En este contexto, previo a la obtención de los módulos retrocalculados de las capas que conforman el pavimento, las deflexiones medidas con el deflectómetro son corregidas en función de una carga normalizada, de tal forma que puedan ser comparables entre sí los cuencos de deflexión obtenidos en el tramo de prueba.

Una vez obtenidos los módulos resilientes retrocalculados éstos deben ser ajustados a un módulo esperado a una temperatura característica o de referencia del pavimento que está siendo analizado. En este aspecto la AASHTO (1993) señala que el módulo resiliente obtenido por retrocálculo de la carpeta asfáltica debe ser corregido por temperatura; no así el módulo resiliente de la subrasante ya que la deflexión utilizada para su cálculo se debe únicamente a la deformación de la subrasante; de manera análoga, Chen *et al* (2000) considera incorrecto corregir las deflexiones por temperatura previo a aplicar un programa de cálculo inverso de los módulos de las capas de pavimento y recomienda tener mucho cuidado al hacerlo.

La importancia de la temperatura en el comportamiento del pavimento asfáltico es tal que se han realizado varios estudios e investigaciones en los que se desarrollan diferentes modelos en búsqueda del mejor ajuste. Así también la literatura refiere varios factores de ajuste para realizar la corrección de las deflexiones por temperatura por ello, dada la falta de investigaciones locales respecto de este factor, es de suma importancia el criterio ingenieril al momento de seleccionar el factor adecuado a aplicar, haciendo posible estimar con buen grado de confiabilidad las condiciones en servicio de las capas de pavimento. En la Tabla 3 y Tabla 4 se visualizan varias ecuaciones para determinar el factor de ajuste por temperatura recopiladas por Guzmán (2016).

Ref	Autor	Expresión	Observaciones	No
[3]	Ulidtz y Peattie (1982)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 1 - 1.384 \log\left(\frac{T_{ca}}{15}\right)$	Tref = 15°C = 59°F Tca, °C	(1)
[4]	Baltzer y Jansen (1994)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.018(20-T_{ca})}$	Tref = 20°C = 68°F Tca medida a 1/3 espesor capa, °C	(2)
[4]	Kim (1995)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.0275(20-T_{ca})}$	Tref = 20°C = 68°F Tca medida a 1/3 espesor capa, °C	(3)
[1]	Chile	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.02284(20-T_{ca})}$	Tref = 20°C = 68°F Tca, °C	(4)
[9]	Noureldin (2005)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{1}{1.0000008^{313442 - T_{ca}^3}}$	Tref = 20°C = 68°F Tca medida a 1/2 espesor capa, °F	(5)
[10]	Loizos et al (2015)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = e^{-0.06(T_{ca}-20)}$	Tref = 20°C = 68°F Tca, °C	(6)
[9]	Agencia de Autopistas Inglesa (2008)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{0.0003(20-T_{ca})^2 - 0.022(20-T_{ca})}$	Tref = 20°C = 68°F Tca medida a 10cm espesor capa, °C Tca entre 15 y 25°C	(7)
[5]	Johnson y Baus (1992)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.0002175(70^{1.006} - T_{ca}^{1.006})}$	Tref = 21.1°C = 70°F Tca, °F	(8)
[9]	Ali y López (1996)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = e^{-0.03608145 T_{ca} - 0.75771}$	Tref = 21.1°C = 70°F Tca, °C	(9)
[3]	Chang (2002)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.02822(25-T_{ca})}$	Tref = 25°C = 77°F Tca medida a 1/2 espesor capa, °C	(10)
[5]	Alexander Kwasi (2003)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = e^{-0.031(T_{ca}-25)}$	Tref = 25°C = 77°F Tca, °C	(11)
[3]	EVERCALC MICHIPAVE	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.000147362(77^2 - T_{ca}^2)}$	Tref = 25°C = 77°F Tca, °F	(12)
[6]	TxDOT	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{T_{ca}^{2.81}}{185000}$	Tref = 25°C = 77°F Tca, °F	(13)
[7]	Reddy (2003)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{1 - 0.238 \log(35)}{1 - 0.238 \log(T_{ca})}$	Tref = 35°C = 95°F Tca, °F	(14)

Tabla 3. Factor de ajuste con temperatura de referencia prefijada

Fuente: Factores para el Ajuste de los Módulos de Retrocálculo de Pavimentos Flexibles, Suarez (2017)

Ref	Autor	Expresión	Observaciones	No
[5]	Ullidtz (1987)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{1}{3.177 - 1.673 \log T_{ca}}$	Tca >1 °C	(15)
[8]	Lukanen (2000)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{m(T_{ref}-T_{ca})}$	m = -0.0195 para la huella m = -0.021 parte central del carril Tca a 1/2 espesor capa, °C y Tref, °C	(16)
[4]	Jung (1990)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = e^{-0.072(T_{ref}-T_{ca})}$	Tca y Tref, °C	(17)
[3]	Baltzer y Jansen (1994)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{1}{1 - 2.2 \log \left(\frac{T_{ca}}{T_{ref}} \right)}$	Tref, °C Tca medida a 1/3 espesor capa, °C	(18)
[3]	Antunes (1993)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{1.635 - 0.0317 T_{ref}}{1.635 - 0.0317 T_{ca}}$	Tca y Tref, °C	(19)
[3]	Chen (2000)	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = \frac{(1.8 T_{ca} + 32)^{2.4462}}{(1.8 T_{ref} + 32)^{2.4462}}$	Tref, °C Tca medida a 1/2 espesor capa, °C	(20)
[9]	Braun Intertec	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.01(T_{ref}-T_{ca})}$	Tca y Tref, °F	(21)
[9]	ELMOD	$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = e^{-0.04663(T_{ref}-T_{ca})}$	Tca y Tref, °C	(22)

Tabla 4. Factor de ajuste con temperatura de referencia seleccionable.

Fuente: Factores para el Ajuste de los Módulos de Retrocálculo de Pavimentos Flexibles, Suarez (2017)

De las fórmulas recopiladas y ante la falta de investigaciones locales, Suarez (2017) recomienda utilizar las expresiones de Lukanen, ELMOD y Baltzer y Jansen, las cuales aplican un factor corrector que se encuentra en un intervalo de confianza del 95 % de la media de los resultados obtenidos con las metodologías consultadas.

2.5.10 Evaluación Estructural mediante el California Bearing Ratio (CBR)

2.5.10.1 Definición de California Bearing Ratio

El California Bearing Ratio (Relación de soporte California) fue propuesto por los ingenieros Stanton y Porter del Departamento de carreteras de California en el año 1929 y es un porcentaje de la carga unitaria patrón.

El CBR es un ensayo normado (ASTM 1883) que mide la resistencia al corte (punzonamiento) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, posibilitando la obtención de un porcentaje de la relación de soporte. Este porcentaje se obtiene de la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón 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.

2.6 Tránsito

La determinación del tránsito es trascendental para el diseño de un pavimento, de allí la gran importancia de realizar una adecuada cuantificación de este parámetro para obtener buenos resultados. Sería entonces conveniente contar con un registro de datos de varios años que nos permitan conocer el comportamiento del tránsito y su variabilidad de manera que su proyección de crecimiento sea lo más cercana a la realidad y por ende sea más confiable.

Ante la imposibilidad de contar con este tipo de estaciones permanentes en todas las vías, se recomienda estimar en una primera semana el TPDA semanal, efectuando montajes por muestreo de 24 horas diarias, durante por lo menos 4 días por semana que incluyan sábado y domingo. En lo posible, las muestras semanales que se obtengan deberán corresponder a los meses y semanas más representativos del año, con el objeto de tomar en cuenta las variaciones estacionales máximas y mínimas; sin embargo, 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. (MTO, 2003)

Contando con los datos de contaje de tráfico y aplicando los factores de variación de tráfico es posible determinar el TPDA para el año en el cual se realiza el estudio.

Las Normas de Diseño Geométrico del MTO señalan que puede obtenerse el TPDA a partir de una muestra mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$TPDA = TO \times FH \times FD \times FS \times FM$$

Ecuación 13

Donde:

TPDA: Tráfico promedio diario anual

T0: Tráfico observado

FH: Factor de ajuste horario

FD: Factor de ajuste diario

FS: Factor de ajuste semanal

FM: Factor de ajuste mensual

En esta fórmula intervienen el tráfico observado y 4 factores de variación, horario, diario, semanal y mensual. Estos factores de variación de tráfico se obtienen a partir de la relación entre las observaciones actuales y puntuales del tráfico y datos estadísticos de eventos anteriormente registrados. Fh tienen la función de transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a volumen diario promedio, Fd el volumen de tráfico promedio diario a volumen semanal promedio, Fs el volumen de tráfico promedio semanal a volumen mensual promedio y Fm el volumen de tráfico promedio mensual a anual.

2.7 Correlaciones entre el M_R obtenido mediante retrocálculo y CBR obtenido en laboratorio

El Módulo Resiliente (M_R) de la subrasante ha sido ampliamente estudiado en los últimos años y es un factor muy importante en el proceso de evaluación y diseño del pavimento. Este parámetro puede ser obtenido con pruebas de laboratorio de carga repetida, con correlaciones a partir de propiedades índice, o, mediante retrocálculo a partir de deflexiones obtenidas con pruebas no destructivas.

La obtención del Módulo Resiliente en laboratorio requiere de mucho tiempo, equipo sofisticado y costoso y personal especializado, es por ello que desde 1960 numerosos investigadores han buscado caracterizar este parámetro en función de variables de esfuerzo o propiedades físicas. F. Lekarp et al (2000).

Carmichael y Stuart en 1985 estudiaron las propiedades resilientes de los suelos con el

objetivo de desarrollar ecuaciones de correlación para predecir el módulo resiliente de la subrasante a partir de los ensayos básicos del suelo, desarrollando dos modelos de regresión, uno para suelos de grano fino y otro para suelos de grano grueso.

El CBR es el parámetro más utilizado para estimar el M_R ya que no es caro y es fácil de obtener. Los investigadores han sugerido varias ecuaciones empíricas para estimar la M_R y a partir de una correlación entre M_R y el CBR del suelo de la subrasante. Sigurdur E. (2011) buscó una relación entre la prueba triaxial de carga repetida (RLT) y la prueba CBR probando veinte materiales con ambos métodos con cuatro contenidos de humedad diferente ya que sostiene que en las correlaciones no se considera que la rigidez depende del esfuerzo y de la humedad. Los resultados indicaron que se puede utilizar una ley de potencia simple para pronosticar la rigidez si se conoce el valor CBR.

Por otra parte, si bien N. Garg et al (2009) encontró una fuerte tendencia en la correlación entre el CBR y el M_R , lastimosamente los resultados mostraron mucha dispersión. Por su parte, Muhammad A., 2019 desarrolló un modelo empírico para estimar M_R sobre la base de valores de CBR utilizando resultados experimentales obtenidos de 52 muestras granulares remoldeadas que contenían agregados naturales, pavimento de asfalto recuperado (RAP) y agregado de concreto reciclado (RCA) concluyendo que el modelo de regresión propuesta tiene una correlación de moderada a fuerte. S. F. Brown, and E. T. Selig (1991) determinó que M_R no es una función simple de CBR, sino que depende del tipo de suelo y nivel de esfuerzo desviador aplicado. Dione A. et al (2013), en su investigación utilizó métodos de regresión simple y múltiple por pasos para establecer relaciones lineales y no lineales para predecir M_R , concluyendo que se predice mejor en una relación no lineal

En general, la literatura advierte que, los modelos desarrollados a partir del estudio de un cierto tipo de suelo, no debe aplicarse otro tipo diferente de suelo ya que al hacerlo se han confirmado desviaciones significativas. (Kim et al., 2006). En el mismo sentido Dione A. et al (2015) y J. Anochie- Boateng J. et al (2010) señalan que al aplicar la correlación entre M_R y CBR debe tenerse mucho cuidado porque puede predecirse en exceso o defecto, lo que podría ocasionar un sobre dimensionamiento o un diseño insuficiente y prematuro deterioro de carreteras, además este último concluye que los datos de pruebas de laboratorio serían más

apropiados para caracterizar el comportamiento de los suelos de subrasante y para realizar el análisis y diseño de carreteras y pavimentos de aeropuertos.

A diferencia de las investigaciones hasta ahora citadas, en 1976, M. R. Thompson et al, no encontró una correlación adecuada entre CBR y M_R , en 1982 D. W. Hight and M. G. H. Stevens determinan que el CBR no se correlaciona consistentemente con el M_R con fuerza o rigidez. En 1990 E. C. Drumm et al concluyen que el CBR no es adecuado para estimar el M_R ya que el CBR es una medida de fuerza y por lo tanto no puede ser correlacionado con M_R que es una medida de rigidez y depende en gran medida del estado de tensión. En el año 2002 Sukumaran B. concluye en su investigación que no podía predecirse adecuadamente el módulo resiliente con el uso del CBR y que se puede obtener una estimación más adecuada del módulo resiliente a partir de resistencia a la compresión no confinada del suelo.

George K. (2004), sostiene que el problema fundamental con las relaciones empíricas desarrolladas para correlacionar el módulo resiliente con parámetros del suelo, como el CBR, es que estas pruebas son en gran medida empíricas, mientras que el módulo de resiliencia es un parámetro mecánico que depende de una serie de propiedades índice del suelo y del estado de las tensiones.

2.8 Diseño de pavimentos

Antes del año 1920 ya se sabía de la existencia de métodos utilizados para el diseño de pavimentos, la mayoría de estos métodos se basaban en principios geotécnicos para cualificar la subrasante y de esta manera buscar protegerla de tensiones excesivas, por ejemplo, el método de índice de grupo y métodos edafológicos. En tanto que otros se fundamentaban en el uso de las propiedades de resistencia o carga-deformación especialmente de la subrasante sin dejar de lado a las capas que conformaban la estructura del pavimento. De estos métodos podemos citar al método de California Bearnig Ratio (CBR), método de valor R de Hveem, métodos basados en ensayos de carga deformación (Plato de carga) y métodos basados en ensayos triaxiales.

Entre los años 1920 a 1954 se realizaron una serie de experimentos viales como el de Bates, Maryland y WASHO en los que se empezó a considerar que las cargas de tránsito y su distribución eran fundamentales para el diseño de pavimentos. El objeto de los ensayos era analizar el comportamiento del pavimento y determinar los efectos que ocasionaban las cargas

utilizando diferentes materiales y cargas. Alrededor del año 1960 se realizó el experimento vial de AASHO uno de los ensayos más completos en donde se introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos, sirviendo de base para la elaboración de la primera guía de diseño AASHTO que se emitió en 1961.

Esta guía ha sido revisada y extendida en varias ocasiones dando lugar a la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO en el año de 1986 y por último a la guía con el mismo nombre con la introducción del concepto del proceso de diseño de sobrecapas en el año 1993.

Para el año 1998 se incluyó un suplemento para la Guía de 1993 con el que se introducen principios del método mecanicista dando inicio al método empírico mecanicista con la nueva Guía de Diseño AASHTO 2002.

De esta manera los métodos de diseño han evolucionado con el paso de los años a procesos cada vez más precisos partiendo de métodos puramente empíricos hasta llegar a métodos mecanicistas.

Los métodos empíricos se basan en experimentos a escala real y en ecuaciones de desempeño que utilizan conceptos de ejes equivalentes que a su vez dependen de factores de ejes equivalentes, del tipo de pavimento, espesor de la losa o número estructural, tipo de eje y carga, e índice de serviciabilidad terminal. Por su parte los métodos mecanicistas se basan en la ciencia de materiales y de la ingeniería incorporando conceptos de mecánica de los materiales, respuesta del pavimento (esfuerzo-deformación) ante situaciones críticas de carga y clima y modelos matemáticos que relacionan la respuesta del pavimento con su comportamiento (predicción de deterioros y rugosidad).

Es así que en el año 2008 la AASHTO publica la Guía Empírico-Mecanicista de Diseño de Pavimentos por su sigla en español "GEMDP", pese a su existencia, en nuestro país aún se continúa utilizando de manera generalizada la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados y se tiene muy escasa información e investigación respecto de la calibración local y la implementación de este método empírico-mecanicista. A diferencia de lo que ocurre en nuestro país, varios países están haciendo un esfuerzo serio para generar bases de datos y modelos de calibración acordes con el clima, suelos, tráfico y materiales de cada región, de entre los que podemos citar a Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica y Perú.

El método empírico-mecanicista propuesto por la AASHTO ha sido la base para el desarrollo del software M-EPDG cuya primera versión es de libre uso; sin embargo, las actualizaciones y mejoras de este software ya significan la obtención de una licencia.

2.8.1 Diseño Empírico Mecanicista (MEPDG)

En general, el diseño empírico mecanicista puede resumirse en un proceso iterativo que se explica más fácilmente a través de la Figura 4.

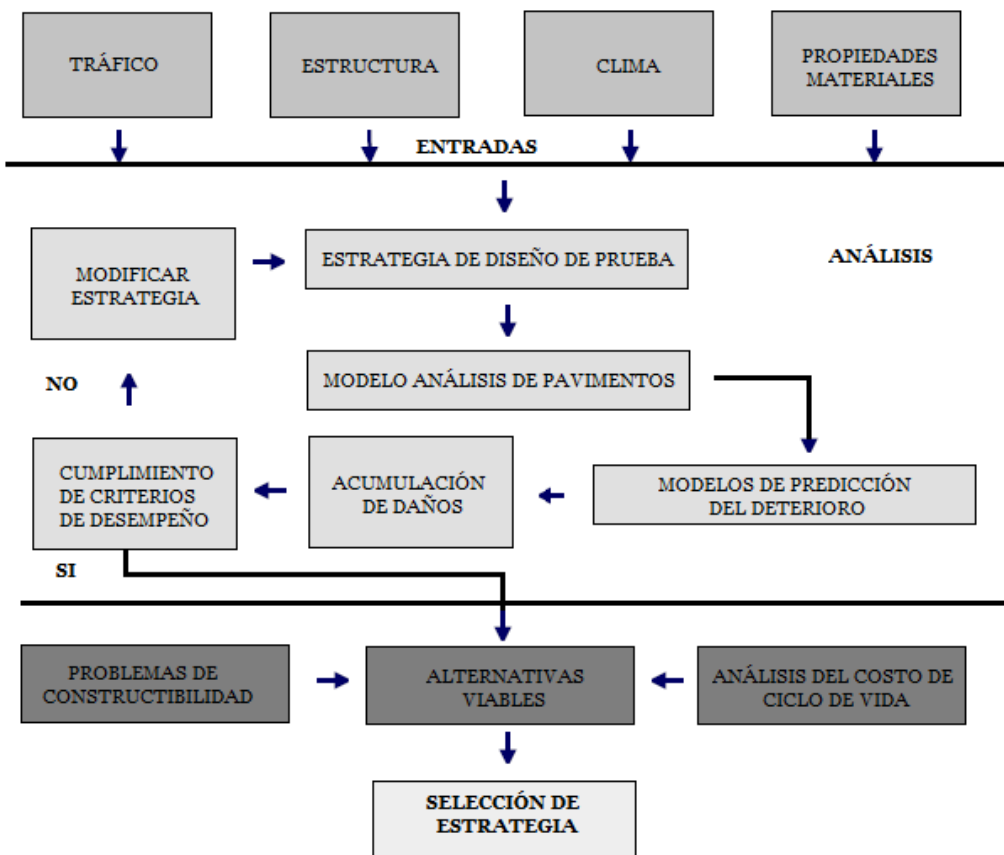


Figura 4. Proceso de diseño global para pavimentos flexibles.

En general, el diseño requiere de información de partida que debe ser alimentada o definida por parte del diseñador, luego de lo cual se deberá suponer una geometría inicial de la estructura del pavimento en el que se prefigure el número de capas, el espesor de las mismas y el tipo de materiales a utilizar. La estructura propuesta deberá cumplir con las solicitaciones del tránsito

y las condicionantes de diseño planteadas, de no ser así, deberán cambiarse los espesores o propiedades de los materiales propuestos en un proceso iterativo como el ilustrado en la Figura 4.

En este contexto, el proceso para el diseño de pavimentos flexibles establecido en la MEPPDG (2008) se resume a continuación:

1. Elaborar un diseño de prueba para las condiciones específicas del lugar: definir el tipo de pavimento y las características de diseño y construcción, número de capas, espesores y propiedades de cada uno de los materiales que configuran la estructura del pavimento, las cargas de tráfico y el clima.
2. Establecer los criterios de comportamiento aceptable del pavimento al final del período de diseño (es decir, niveles aceptables de ahuellamiento, agrietamiento por fatiga, agrietamiento térmico e IRI).
3. Seleccionar el nivel de confiabilidad deseado para cada uno de los indicadores de rendimiento aplicables (por ejemplo, seleccionar los niveles de confiabilidad para el ahuellamiento, el agrietamiento y el IRI). El análisis de confiabilidad es necesario debido a la variabilidad que existe en las características de los materiales, factores de clima, valoración de tránsito y procesos constructivos.
4. Procesar las entradas para obtener los valores mensuales de las entradas de tráfico y las variaciones estacionales de las entradas de materiales y climáticas necesarias en las evaluaciones de diseño para todo el período de diseño.
5. Calcular las respuestas estructurales (tensiones y deformaciones) utilizando la teoría elástica multicapa o los modelos de respuesta del pavimento basados en elementos finitos para cada tipo de eje y carga y para cada incremento del cálculo de daños a lo largo del período de diseño.
6. Calcular los esfuerzos y/o daños acumulados al final de cada período de análisis para todo el período de diseño.
7. Predecir los principales deterioros (formación de roderas, agrietamiento por fatiga ascendente/descendente, agrietamiento térmico) al final de cada período de análisis a lo largo de la vida de diseño, utilizando los modelos de rendimiento mecánico-empíricos calibrados. La calibración de estos modelos de deterioro debe ser permanente y debe ser verificada en campo para las condiciones locales en donde serán utilizadas para que

sean confiables. Estos modelos son funciones de transferencia que relacionan la respuesta estructural de un sistema con varios tipos de deterioro.

8. Predecir el IRI en función del IRI inicial, de los deterioros que se acumulan con el tiempo y de los factores de emplazamiento al final de cada incremento de análisis.
9. Evaluar el rendimiento esperado del diseño de la prueba en el nivel de confiabilidad dado.
10. Si el diseño de prueba no cumple los criterios de rendimiento, modificar el diseño y repetir los pasos 4 a 9 anteriores hasta que el diseño cumpla los criterios.

Los diseños que satisfacen los criterios de rendimiento se consideran viables desde el punto de vista estructural y funcional. Se considera que el diseño es satisfactorio cuando el número de repeticiones esperadas de tránsito durante el período de diseño del pavimento resultan menores que el número de repeticiones permisibles en la carpeta asfáltica y en las capas granulares derivados de los modelos de deterioro, de no ser así, se repite el procedimiento modificando la geometría del pavimento o las características elásticas de las capas (módulos dinámicos y módulos resilientes) hasta que cumplan con la solicitud de tránsito esperada.

Capítulo 3

3. Materiales y Metodología

3.1 Materiales

3.1.1 Aspectos generales

Antes del año 1993, el tramo vial objeto de este estudio, se constituía en una arteria vial de suma importancia en la conexión entre la ciudad de Cuenca y otras ciudades de entre las que se destacan Azogues y Quito al norte; y, Méndez, Gualaquiza y Macas al este. A partir de este año, con la construcción de la Vía Rápida Cuenca Azogues el uso del tramo en análisis pasó a tener las características de una vía colectoras; no obstante, con el pasar de los años la ciudad de Cuenca, al igual que muchas ciudades del país, ha vivido un crecimiento poblacional y por ende un crecimiento demográfico urbano, a consecuencia de lo cual, el uso de esta vía pasó a ser mayoritariamente urbano cuya finalidad principal es la conexión entre parroquias urbanas y rurales de la ciudad.

Este tramo de vía ha venido siendo administrado por la Dirección Distrital del Azuay de la Subsecretaría Zonal 6 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, sin embargo y debido al cambio de las características de uso, durante la ejecución del estudio, la institución se encontraba realizando trámites para la conversión de Red Vial Estatal (RVE) a Red Vial Urbana (RVU) con el correspondiente traslado de competencias al GAD Municipal del Cantón Cuenca. Sin embargo, sea que esta vía continúe formando parte de la RVE o se convierta en RVU es evidente la necesidad de una intervención que garantice la serviciabilidad, el confort y la seguridad que esta vía debe brindar a la colectividad. De aquí la necesidad de realizar una evaluación del estado de la vía como punto de partida para, en segunda instancia, realizar una propuesta de intervención que devuelva a este tramo vial sus características de funcionalidad.

Según datos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la última evaluación de este tramo vial fue realizado en junio del año 2005 por los ingenieros Luis Ávila y Roberto Tinoco. El Informe de Ingeniería y Presupuesto de Rehabilitación Emergente de la Panamericana Norte tramo Intersección Av. González Suarez-Puente de Guangarcucho, producto de la evaluación señala que las obras de construcción del tramo en análisis datan, en aquel entonces, de hace poco más de 40 años y que las obras de mantenimiento y refuerzo fueron ejecutadas por los años 1994 y 1995 por la compañía VICA.

El informe tuvo el objeto de realizar una evaluación estructural y funcional de este tramo de vía con base al cual se realizó una propuesta de rehabilitación de mantenimiento y mejoramiento para conseguir que el tráfico vehicular se lo realice de manera confortable y con mayor seguridad, con una superficie de rodadura en buenas condiciones y protegidas con un sistema de drenaje en adecuado funcionamiento que permita un buen nivel de servicio.

La evaluación funcional fue realizada mediante ensayos de Índice de Regularidad Internacional (IRI), Surco de Huella (TPL), Inventario de fallas y Video Georeferenciado, en tanto que la evaluación estructural se realizó mediante el Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer) complementada con extracción de núcleos y ensayos con Cono de Penetración Dinámico para la obtención del CBR.

La propuesta de rehabilitación de mantenimiento y mejoramiento fue ejecutada en el año 2006, siendo esta la última intervención realizada en este tramo vial por parte del MTOP. No obstante, se conoce que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas ha realizado eventuales intervenciones de bacheo menor hace ya más de 4 años.

3.1.1.1 Ubicación del Tramo Vial

La Red Vial Estatal E35 Antigua Panamericana Norte se encuentra situada al noroeste de la ciudad de Cuenca, es una vía que conecta a la ciudad de Cuenca con la parte este y norte del país, el tramo comprendido entre el Redondel de las Mujeres o Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho tiene un recorrido paralelo con la Red Vial Estatal E35 Nueva Panamericana Norte o también denominada Vía Rápida Cuenca Azogues.

Ese tramo de vía tiene una longitud de 9,5 km, cuenta con dos carriles de circulación, uno en cada sentido, tiene un ancho aproximado de 9 m en todo su recorrido, atraviesa una topografía accidentada típica de la región montañosa y gran parte de su recorrido se aproxima al Río Cuenca.

En la Figura 5 y Figura 6 podemos observar la ubicación del tramo vial en estudio mismo que inicia en las coordenadas 9681045 N; 727145 E y finaliza en las coordenadas 9685743 N; 734827 E.

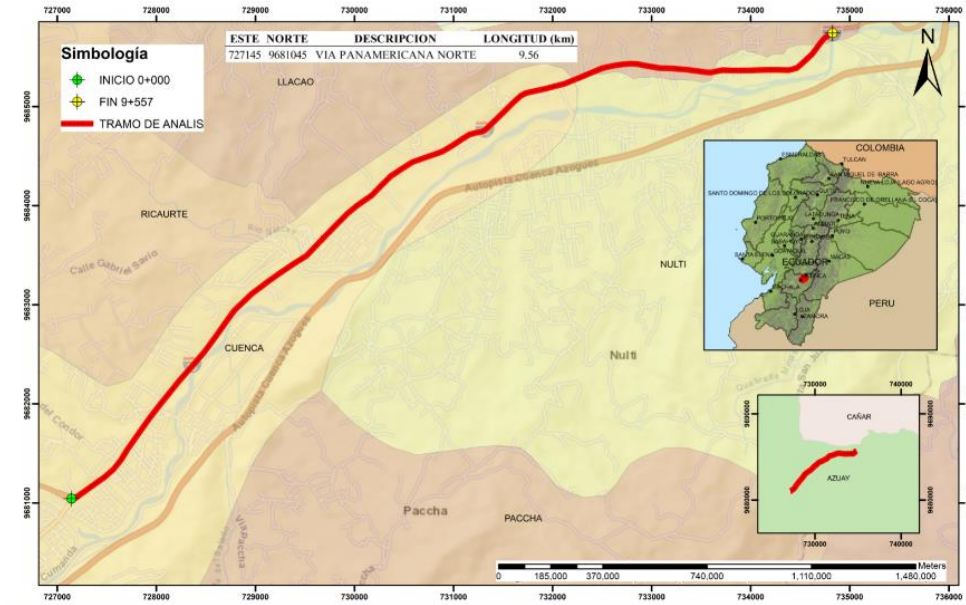


Figura 5. Ubicación, tramo Redondel Muñecas de Piedra-Puente de Guangarcucho

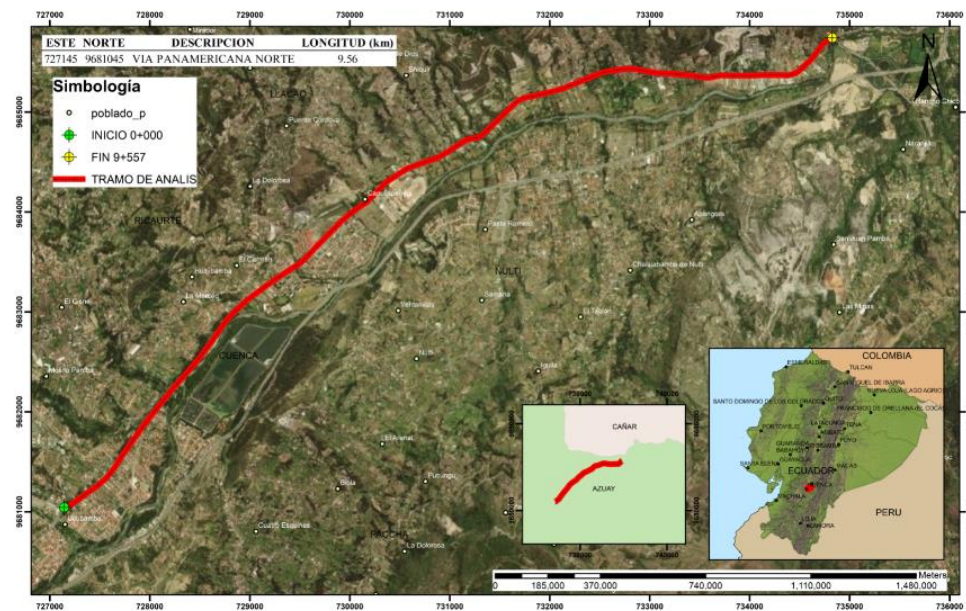


Figura 6. Ubicación, tramo Redondel Muñecas de Piedra-Puente de Guangarcucho

3.1.2 Aspectos Geomorfológicos

3.1.2.1 Clima

En general, la zona de estudio posee un clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo que es el clima más frecuente de la zona interandina, excepto en valles abrigados o zonas situadas sobre los 3200 m.s.n.m, este clima se caracteriza por tener temperaturas medias anuales entre los 9 y 20 °C, la humedad media oscila entre los 65 y 85 % y las precipitaciones tienen valores comprendidos entre los 500 y 2000 mm anuales. Todas estas características varían conforme la altura.

La ciudad de Cuenca se sitúa a 2500 m.s.n.m y goza de un clima primaveral entre cálido y templado ya que se encuentra emplazada en un valle interandino, con temperaturas que en pocas ocasiones baja menos de 5°C y sube más de 19°C. S, en general su temperatura media anual está entre los 14 y 15°C (Tabla 5). Generalmente llueve durante todo el año, sin embargo, la temporada de mayor precipitación se da entre los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre, en tanto que la temporada más seca se da de junio a septiembre.

Tabla 5. Parámetros climáticos promedio de Cuenca, Ecuador

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	26.7	26.1	27.2	24.4	25.0	25.0	22.8	25.6	25.0	27.2	27.2	27.2	27.2
Temp. máx. media (°C)	20.6	21.1	20.6	20.6	19.4	18.9	18.3	18.9	20.6	21.1	21.7	21.7	20.3
Temp. media (°C)	15.3	15.8	15.6	15.3	14.4	13.6	13.3	13.3	14.7	15.3	14.7	15.6	14.7
Temp. mín. media (°C)	10.0	10.6	10.6	10.0	9.4	8.3	8.3	7.8	8.9	8.8	7.8	9.4	9.2
Temp. mín. abs. (°C)	3.3	2.8	3.9	1.1	0.0	-0.6	-1.7	-1.1	2.2	-0.6	-0.6	1.1	-1.7
Lluvias (mm)	67	85	107	109	77	68	53	47	56	73	69	67	878
Días de lluvias (≥ 0.1 mm)	20	21	22	19	15	11	10	10	12	16	13	10	179
Horas de sol	155	113	124	120	155	150	186	186	150	155	150	155	1799

Fuente: Word Climate Guide

3.1.2.2 Suelo

El primer tramo de vía está asentado sobre suelo constituido por materiales característicos de la formación Azogues, compuesto por areniscas tobáceas de grano medio a grueso café amarillentas con capas de limolitas y pocas intercalaciones de conglomerados. El un segundo

tramo, al estar asentado en una terraza aluvial, se halla constituido por limos, arcillas, arenas, gravas y bloques en proporciones variables y con acusados cambios de facies laterales y verticales. El último tramo, se asienta en materiales característicos de la formación Loyola constituido por limolitas y depósitos localizados de lentes de areniscas limosas habanas finamente estratificadas con cemento calcáreo, calizas, y mega brechas.

3.1.2.3 Geología

El Ecuador se encuentra dividido en tres regiones: Andina, Amazónica y Costa, las cuales presenta características morfológicas y geológicas propias.

La región Andina se encuentra constituida por las cordilleras occidental y real separadas por el valle interandino.

La cuenca de Cuenca se ubica al sur del Ecuador y se encuentra limitada al Oeste por la Cordillera Occidental y el Este por la Cordillera Real. Se extiende en sentido Norte Este – Sur Oeste en donde afloran terrenos volcánicos, rocas metamórficas antiguas y rocas sedimentarias.

El tramo de vía en estudio se ubica en el límite norte de la cuenca de Cuenca y se ubica en el mapa geológico de Azogues.

Se analizaron las diferentes litologías aflorantes mediante lectura de las hojas geológicas de la zona y observaciones in situ de los taludes que atraviesan la zona de estudio y que se encuentran junto a la vía, más específicamente en las abscisas 0+820, 6+980, 9+220 y 9+460. Estos puntos fueron georeferenciados con la ayuda de un GPS en el sistema WGS-84 realizando la descripción de las características geológicas de cada punto representativo.

En el primer punto (727771E, 9681634N, Figura 7) se observó un afloramiento que contiene tres estratos marcados, partiendo por una capa vegetal de máximo 10cm de potencia, seguido de un conglomerado con una potencia de 30 a 50 cm de matriz limo arenosa con clastos redondeados de tamaño de pequeño a mediano y por último rocas de origen volcánico clástico sedimentario de matriz tobácea con guijarros de tamaño medio a fino, presenta buzamientos en sentido este-oeste. La observación en este punto nos refiere a la formación Azogues, pudiéndose advertir también la presencia de terrazas coluviales y depósitos aluviales.



Figura 7. Afloración 1 (727771E, 9681634N)

En el segundo punto (732518E, 9685388N) no es posible observar un afloramiento; sin embargo, dada la proximidad al río Cuenca se determina que la vía se encuentra asentada sobre un depósito aluvial. La observación en este punto nos refiere a la presencia de terrazas y depósitos aluviales.

En el afloramiento del tercer punto (734664E, 9685588N, Figura 8) se observan dos estratos, uno que corresponde a la capa vegetal con una potencia de 10 a 20 cm y otro que contiene arenas de granos medios a gruesos semiconsolidadas de origen volcánico fácilmente disgregables con capas en diferentes direcciones. La observación en este punto nos refiere a la formación Loyola, pudiéndose advertir también la presencia de terrazas coluviales y depósitos aluviales.



Figura 8. Afloración 3, (734664E, 9685588N)

En el último punto (734810E, 9685729N, Figura 9) se observa la convergencia 2 formaciones dada la presencia de buzamientos en sentido norte-este y en sentido oeste-este que denota la existencia de pequeños esfuerzos. Se determina la presencia de rocas curvonianas. La observación en este punto nos refiere a la convergencia entre la formación Loyola y la formación Azogues, pudiéndose advertir también la presencia de depósitos aluviales.



Figura 9. Afloración 4, (734810E, 9685729N)

En este contexto, según las observaciones de campo, las litologías que afloran a lo largo de la vía son la Formación Loyola y Formación Azogues, así como se advierte la presencia de depósitos aluviales y coluviales, las que se describen a continuación:

3.1.2.3.1 Formación Azogues (MAZ):

La formación está presente a lo largo de toda la cuenca sedimentaria, en los flancos del anticlinal de Cuenca, sinclinal de Azogues y de Cruz Loma. Con presencia de Areniscas tobáceas de grano medio a grueso café amarillentas con capas de limolitas y pocas intercalaciones de conglomerados. Los derrumbes y caídas de bloques son típicos de esta formación, en terrenos de pendiente fuerte (condición morfológica), los deslizamientos relacionados a la mayor facturación del macizo en general que involucran principalmente a la facie fina incompetente de los sedimentos Azogues, así como a sedimentos finos de la formación Loyola en condiciones saturadas (condiciones geológico-geotécnicas).

Las areniscas conglomeráticas se presentan medianamente fracturadas y las juntas cerradas a abiertas, rellenas de arena y bordes rugosos deleznable, las tobas y limolitas se presentan muy fracturadas con juntas cerradas a abiertas < 10mm, con relleno limo arenoso y bordes suaves y oxidados. Las estructuras son un principal condicionante en la caída de bloques.

3.1.2.3.2 Formación Loyola (ML)

La formación Loyola se encuentra presente en algunos tramos o secciones de la vía en algunos afloramientos, plegamientos, fracturas y contacto litológico con la formación Azogues.

Es una formación sedimentaria clástica fino granular, con limolitas que meteorizan a arcillas de color blanco y habano, localmente lentes de areniscas limosas habanas finamente estratificadas con cemento calcáreo, calizas, y mega brechas. En el lado oriental de la cuenca, en la base de la formación ocurren areniscas y conglomerados (básales) en discordancia sobre la Formación. Yunguilla.

La formación se caracteriza por numerosos fenómenos inestables implican a los sedimentos de la facie fino granular. El intenso plegamiento y fracturamiento por fallamiento interviene en la fragmentación del macizo y la degradación general de sus características físicas mecánicas. Las condiciones de saturación son indispensables en el desarrollo de la rotura general.

Las facies arenosas muy localizadas presentan fracturación de media a alta que puede intervenir en roturas en bloque, con relleno areno arcilloso y óxidos, caras planas, bordes rugosos. Facie fina, con fracturas cerradas a abiertas relleno arcilloso y bordes blandos.

Suelos residuales de Loyola propician reptaciones en secuencias temporales: desecación-infiltración-deformación-desecación. Sedimentos Loyola fino granulares fragmentados, propician en condiciones no drenadas, deslizamientos rotacionales profundos en bajas a medias pendientes, implicando incluso los sedimentos competentes de la formación Azogues. En superficie predomina la desecación, fragmentación y erosión laminar.

3.1.2.3.3 Depósitos Aluviales Recientes (Qa)

Depósitos recientes post-glaciares (Holoceno) hasta nuestros días, material transportado y depositado por los ríos, el cual forma parte de las llanuras de inundación. Está compuesto por bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición, sus formas van de redondeadas a sub angulares según la dinámica y morfología del curso fluvial.

Material suelto granular, muy permeable, friccionante no cohesivo, acepta carga, pero es deleznable.

En la Figura 10, observamos la implantación del tramo de vía en análisis en el mapa geológico de Azogues.

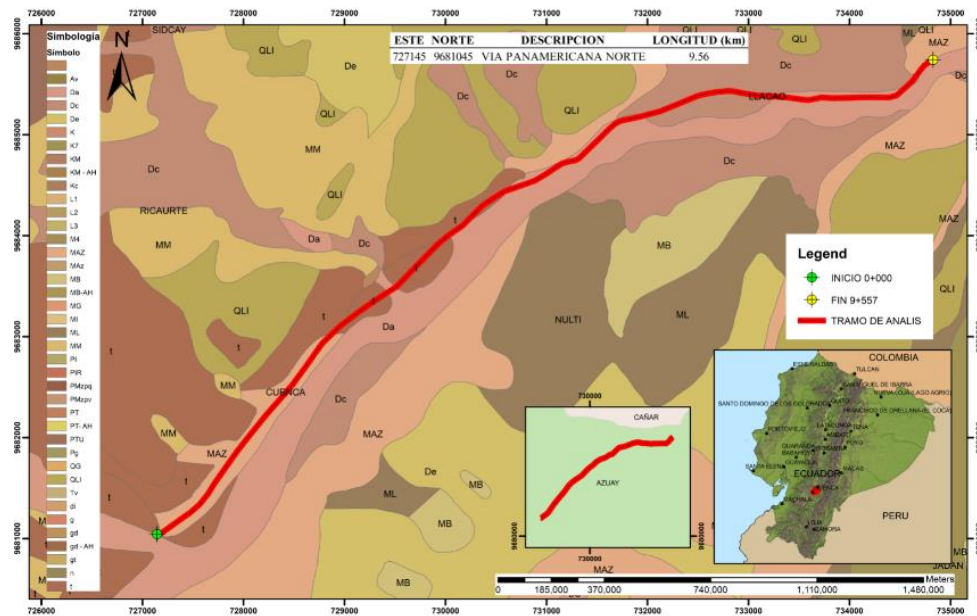


Figura 10. Implantación del tramo en estudio en el Mapa Geológico Azogues

3.1.2.4 Aspectos Topográficos

La ciudad de Cuenca se ubica en la región interandina caracterizada por la presencia de la Cordillera de los Andes y más específicamente en la Cordillera Occidental del Sur, que es una barrera montañosa conformada por la presencia de altiplanos formados por numerosos valles que constituyen una serie de cuencas deprimidas, con altitudes fluctuantes entre los 2366 y 3974 msnm.

El tramo de vía en estudio se encuentra situado al norte-este de la Ciudad de Cuenca, parte desde el sector de Machángara (2440 msnm) y termina en el sector de Guangarcucho (2328 msnm). Su trazado es aproximadamente paralelo al trayecto del Río Cuenca y corta las faldas de la región montañosa de las parroquias Ricaurte y LLacao. La vía se asienta en un constante corte-relleno en casi toda su trayectoria y cuenta con pendientes bajas y regulares.

3.1.2.5 Estructura Vial

Según ensayos realizados en la vía en el año 2005 por Ávila y Tinoco, antes de la intervención realizada en el año 2006, la capa asfáltica tenía un espesor promedio de 24 cm y una capa granular promedio de 46 cm.

En la actualidad, para determinar la estructura de la vía se realizaron 8 calicatas según el detalle de la Tabla 6:

Tabla 6. Ubicación y profundidad de calicatas

Calicata	Coordenadas		Abscisa	Lado	Profundidad (m)	No. de muestras obtenidas
	Norte	Este				
C1	9681495.00	727670.00	0+633	Izquierdo	1.50	2
C2	9681949.00	727998.00	1+195	Izquierdo	1.50	2
C3	9682660.00	728585.00	2+112	Derecho	1.50	2
C4	9683891.00	729903.00	3+938	Derecho	1.50	2
C5	9685394.00	732505.00	6+962	Izquierdo	1.67	2
C6	9685397.00	732969.00	7+453	Derecho	1.50	2
C7	9685355.00	733601.00	8+087	Izquierdo	1.50	2
C8	9685520.00	734618.00	9+142	Derecho	1.50	2

Fuente: Informe de Laboratorio CALICATAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS PARA LA VÍA ESTATAL E35 ANTIGUA PANAMERICANA NORTE, TRAMO RENDODEL MUÑECAS DE PIEDRA – PUENTE GUANGARCUCHO, EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

De las calicatas realizadas en el tramo de vía se determinó la siguiente estratigrafía:

PROF.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
(m)								
0.1	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	1ERA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA
0.12								
0.2	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA DE ASFALTO (CAPA ANTIGUA)	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA	2DA CAPA MEZCLA ASFÁLTICA
0.3								
0.32								
0.34	MATERIAL GRANULAR GP / A 2 6	MATERIAL GRANULAR GP / A 2 4 CBR= 33.5%	MATERIAL GRANULAR GP / GC / A 2 4	MATERIAL GRANULAR GP / A 2 4	MATERIAL GRANULAR GP / A 1 a	MATERIAL GRANULAR GP / GC / A 2 4 CBR= 32.5%	MATERIAL GRANULAR GP / GC / A 1 a	MATERIAL GRANULAR GP / GC / A 1 a
0.4								
0.45								
0.5								
0.55								
0.57								
0.6								
0.62								
0.67								
0.7								
0.72					MEJORAMIENTO			
0.8	SUBRASANTE GC / A 2 6 CBR= 14.5%	SUBRASANTE GP / GC / A 2 6 CBR= 20%	SUBRASANTE GC / A 2 4 CBR= 20.7%	SUBRASANTE GW / GC / A 2 6 CBR= 25.7%	SUBRASANTE CH / A 7 6 CBR= 4.8%	SUBRASANTE SC / A 2 4 CBR= 25%	SUBRASANTE SC / A 2 6 CBR= 21%	SUBRASANTE SC / A 2 4 CBR= 22.9%
1								
1.15								
1.2								
1.4								
1.5								
1.6								
1.67								

Figura 11. Estratigrafía de las calicatas

Fuente: Informe de Laboratorio CALICATAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS PARA LA VÍA ESTATAL E35 ANTIGUA PANAMERICANA NORTE, TRAMO RENDODEL MUÑECAS DE PIEDRA – PUENTE GUANGARCUCHO, EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

Con los resultados de las calicatas se determinó que el espesor de la capa asfáltica del tramo de vía estudiado oscila entre los 30 y 34 cm, en tanto que la capa de material granular tiene una variación entre los 15 a los 40 cm a excepción de la calicata No. 5 en la cual la capa de material granular tiene un espesor de 71 cm.

3.2 Metodología

3.2.1 Aspectos Generales

La evaluación funcional de la vía se realizó a través de la medición del Índice de Condición del Pavimento en tanto que la evaluación estructural se realizó a través de la extracción de núcleos, la medición de las deflexiones con el Deflectómetro de Impacto propiedad del

Ministerio de Transporte y Obras Públicas y la medición del Californian Bearing Ratio (CBR) del material de las capas que forman la estructura del pavimento obtenido de calicatas previamente determinadas en función de las secciones homogéneas definidas por la deflectometría.

Los datos de los resultados de la extracción de núcleos, ensayo de deflectometría y CBR realizada en el tramo de vía analizado fue obtenida de la información suministrada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas a través de una solicitud formal de autorización de utilización de la misma para fines únicamente académicos.

3.2.2 Índice de Condición de Pavimento PCI

La medición del Índice de Condición del Pavimento se realizó conjuntamente con personal e instrumentos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas entre el 12 y 15 de marzo de 2021 (Figura 13), conforme el procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos de la ASTM D6433-03. La información se levantó cada 200 m de vía en una longitud de 25 m para cada sección. Los materiales e instrumentos utilizados fueron los siguientes:

1. Hoja de Campo en el cual se registró la información levantada durante la inspección.

Tabla 7.

Tabla 7. Hoja de Campo (Deterioros)

KM 0+000 - 1+000																														
ABSCISA	0+000-0+200						0+200-0+400						0+400-0+600						0+600-0+800						0+800-0+000					
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H
Piel de cocodrilo	m²																													
Exudacion	m²																													
Agrietamiento en bloques	m²																													
Abult y Hundimiento	m²																													
Grieta long/transversal	m	3,33	3,33	x			15	15,00		x		4,78	4,78	x			13,4	###		x			1	1,00		x				
		6,47	6,47	x			5,33	5,33		x		16,3	##	x			7,23	7,23		x										
		1,56	1,56		x							5	5,00	x																
Parcheo	m²	1,8	1	1,80		x						2	0,8	1,60		x														
		2,28	1,56	3,56		x																								
Huecos		0,3	0,05	0,02		x	0,4	0	0,01		x						0,5	0,02	0,01		x									
																	0,3	0,02	0,01		x									
																	2,4	0,02	0,05		x									
Ahuellamiento	m²																													
Meteorización	m²	10	7,18	71,80		x	0,30	0,30	0,09		x	0,40	18,00	7,20	x		4	###	###		x	0,30	0,7	0,21		x				
		0,30	1	0,30		x	4	25	###		x	0,6	0,6	##	x	x	0,7	4	2,80		x	0,6	20	###		x				
		7,30	6	43,80		x						3	12	##	x		3	6	###		x									
																	0,5	0,4	0,20		x									
OBSERVACION																														

Fuente: Departamento de Estudios MTOP

- Odómetro Manual, con el cual se realizaron las mediciones de largo y ancho de la sección, longitud de fisuras, etc. Ver Figura 12.



Figura 12. Utilización de odómetro manual

3. Regla o Cordel. Para medir la deformación longitudinal y transversal de la Superficie del pavimento
4. Conos de seguridad vial. Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores.
5. Plano de Distribución, en donde esquematizó la red de pavimento que será evaluada.

Procedimiento de inspección

1. Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
2. Registrar el tramo y número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
3. Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual.
4. Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y registrando la información obtenida. Los tipos de fallas y el grado de severidad se encuentran descritos en el punto 3.9. 5.El método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla.
5. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada
6. Determinación del PCI de la sección



Figura 13. Levantamiento y medición de deterioros

El procesamiento de los datos de campo se realizó en una hoja de cálculo, con base a los cual se determinó el PCI siguiendo los pasos determinados en la sección 2.3.3 de este documento.

3.2.3 Extracción de Núcleos

La información de la extracción de núcleos de la carpeta asfáltica se obtuvo del INFORME EVALUACION PRELIMINAR DEL ESTADO DE LA CARPETA ASFALTICA DE LA PANAMERICANA NORTE, L=9.50Km. La extracción de núcleos fue realizada cada kilómetro por funcionarios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas el 22 de agosto de 2018.

3.2.4 Deflectometría, Secciones Homogéneas, Módulo Resiliente por retrocálculo

El ensayo de deflectometría fue realizado en el tramo de estudio con el deflectómetro de peso descendente propiedad de la Subsecretaría Zonal 6 del Ministerio de Transporte y Obras

Públicas fue ejecutada por funcionarios del Departamento de Estudios el 04 de febrero de 2020 siguiendo las normas ASTM D4694 y ASTM D 4695, (Figura 18).

El equipo utilizado se trata de un deflectómetro PIMAX 1500 que cuenta con un plato de carga de 5.9 pulgadas de radio, carga de 9000 libras y 9 sensores ubicados a 0, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 cm del centro del plato de carga.

Como puede observarse en la Figura 14, el deflectómetro utilizado en las mediciones está montado sobre un remolque que es halado por un vehículo, lo cual permite realizar las mediciones en presencia del tráfico normal de la vía.



Figura 14. Deflectómetro PRIMAX 1500, ensayo Panamericana Norte ABSCISA 6+170

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Las mediciones deflectométricas fueron realizadas, en sentido Ascendente (desde el Redondel denominado Muñecas de Piedra hasta el Puente de Guangarcucho) en una distancia de 10.128 km y en sentido Descendente (desde el Puente de Guangarcucho hasta el Redondel denominado Muñecas de Piedra) en una distancia de 9.634 km. Las mediciones en ambos carriles se realizaron a 75 cm del borde externo de cada carril, de manera que coincidan con la huella externa de los vehículos que transitan, con una frecuencia de medición aproximada de

70 metros calzada, esto es cada 140 metros carril y de manera alternada para el carril derecho e izquierdo. (Figura 14)

3.2.5 Secciones Homogéneas

Los datos obtenidos del ensayo de deflectometría fueron procesados en una hoja de cálculo para la obtención de las secciones homogéneas, cuenco de deflexiones y deflexión característica.

Previo al cálculo del módulo resiliente, las deflexiones fueron corregidas sobre la base de una carga normalizada de 4082,3 kg (9000 lbs).

Igualmente, antes de trabajar con los datos arrojados por la deflectometría, se realizó un proceso de revisión y análisis de la información. En este proceso se eliminaron valores atípicos que fueron identificados con la ayuda de gráficos estadísticos (caja y bigote Figura 15) y del gráfico de las curvas del cuenco de deflexión para valores de deflexión no decrecientes (Figura 16).

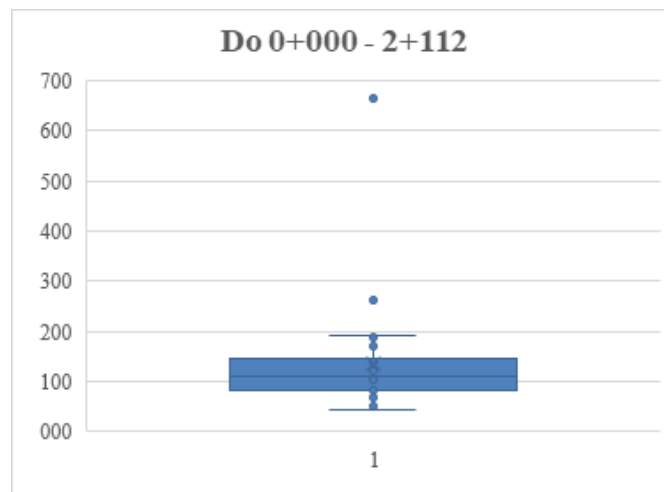


Figura 15. Gráfica de caja y bigote

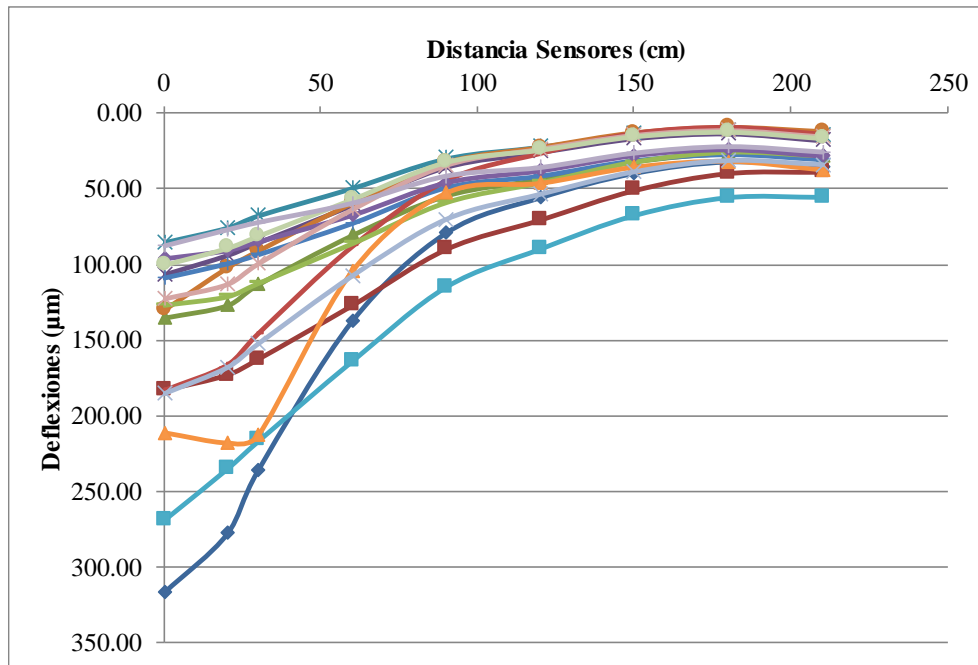


Figura 16. Cuencos de deflexión 2+ 112 – 4+367

Generalmente los datos atípicos pueden deberse a que el golpe se efectuó muy cerca de alguna estructura que probablemente pudo pasar desapercibida a simple vista, así también pudo ser porque alguno de los sensores no haya estado apoyado correctamente sobre la superficie a evaluar.

Una vez depurados los datos, mediante el método de las diferencias acumuladas, se definieron 6 secciones homogéneas. A partir de estas secciones homogéneas se realizó el cálculo de la deflexión promedio y la deflexión característica

3.2.6 Módulo Resiliente por retrocálculo y Módulo Resiliente

Para obtener los módulos resilientes de la subrasante (M_{rr}) se utilizaron los métodos de AASHTO y YONAPAVE; y, con la ayuda de los programas EVERCALC y ELLEA1, se calcularon los módulos resilientes de la subrasante, capa granular y carpeta asfáltica.

El retrocálculo del módulo de la subrasante mediante el método AASHTO se realizó en una hoja de cálculo con base a las deflexiones características obtenidas de las secciones homogéneas definidas en el acápite anterior y con la ayuda de la herramienta SOLVER buscando que se cumpla la condición de que la deflexión usada en las ecuaciones sea la más cercana posible a

la del plato de carga y a su vez encontrarse lo suficientemente lejana desde el plato de carga para cumplir con las consideraciones asumidas.

Por su parte, el retrocálculo del módulo de la subrasante mediante el método YONAPAVE fue igualmente realizado en una hoja de cálculo de acuerdo a la formulación detallada en el capítulo dos.

Para el retrocálculo de la subrasante, material granular y carpeta asfáltica, se cargaron todos los parámetros requeridos por el software EVERCALC, tales como número y distribución de los sensores, radio del plato de carga, espesores y módulo inicial de cada capa, relación de Poisson, unidades, etc. (Figura 17). Al momento de cargar los valores, considerando las recomendaciones bibliográficas, se tomó especial atención en la determinación de la profundidad y el módulo de la capa rígida ya que de ello depende la asertividad en los resultados, es por ello que deben realizarse varias iteraciones buscando que los módulos encontrados por el programa se encuentren dentro de los rangos recomendados para cada material y que el error sea el menor posible.

General Data Entry - C:\CECY\SECCIO-1\SECCIO-1.GEN

Title: PANAMERICANA NORTE

No of Layers: 4 No of Sensors: 8 Plate Radius (cm): 15.0

Units: Metric US Units

Stiff Layer Temp. Correction

Temp. Measurement: Direct Method Southgate Method

Seed Moduli: Internal User Supplied

Sensor Weigh Factor: Uniform Inverse First Sensor User Supplied

Sensor No:	1	2	3	4	5	6	7	8
Radial Offset (cm):	0.0	20.0	30.0	60.0	90.0	120.0	150.0	180.0

Layer Information						
No	Layer ID	Poisson' Ratio	Initial Modulus (MPa)	Min. Modulus (MPa)	Max. Modulus (MPa)	
1	0	0.35	1500.0	0.0	0.0	

Max. Iteration: 15 RMS Tol. (%): 3.0 Modulus Tol. (%): 2.0

Stress and Strain Location...

Save Save As Cancel

Figura 17. Datos de entrada EVERCALC

Con respecto a los espesores de las diferentes capas, si bien en la Figura 11, se observa que la estructura del pavimento en la Calicata 5 está conformada por material granular (26 cm) y material de mejoramiento (55 cm), para el cálculo de los módulos en los programas se consideró como si estuviesen formando una sola capa de 81 cm en total. Esta consideración obedece al hecho de que el material granular inmediato a la capa asfáltica se encuentra mezclado con el material de mejoramiento, además porque las propiedades del material granular debido a su deterioro, no distan mucho de las propiedades del material de mejoramiento.

Por último, con la ayuda del programa ELLEA1 y tomando como referencia la profundidad y módulo de la capa rígida y los valores encontrados en con el programa EVERCALC se realizaron los cálculos de los módulos de la subrasante, material granular y carpeta asfáltica. Para ello, se creó una hoja de cálculo con los valores de las deflexiones de cada sección homogénea y los valores semilla de módulos de cada una de las capas (Tabla 8) para, con la herramienta SOLVER y la hoja de cálculo del programa descargada de la página web (Tabla 9), realizar el cálculo buscando el menor error.

Tabla 8. Hoja de datos ELLEAI

Capas #	Espesores mm	Poisson (-)	Modulus (Mpa)			Deflexiones Caracteristicas		ELLEAI	
1	320	0.35	2111.9		#	Medida (micron)	Desp. Radial (mm)	80.5	Error
2	400	0.40	177.1		DO	216.20	0	227.5	5.2%
3		0.40	240.0		D1	176.40	200	176.4	0.0%
4	semi-inf	0.40	124.2		D2	157.00	300	155.8	0.8%
					D3	112.10	600	112.1	0.0%
					D4	75.20	900	80.5	7.0%
	Radio del Plato (mm)	150.00			D5	58.10	1200	58.2	0.1%
	Esfuerzo Maximo (Mpa)	0.566			D6	42.70	1500	42.7	0.0%
					D7	34.90	1800	31.9	8.5%
		X=	900					Total Error	2.7%
		Z=	0						

Tabla 9. Hoja de cálculos ELLEAI

Layer	Modulus	Poisson	Thickness				
1	2,112	0.35	320.0				
2	177	0.40	400.0				
3	240	0.40	0.0				
4	124	0.40	3330.0				
5	400	0.35	semi-inf				
Load#	Stress	Radius	X	Y			
1	0.57	150.00	0.00	0.00			
2	0.00	150.00	0.00	0.00			
Evaluation Poi	x	y	z	Layer=			
	900.00	0.00	0.00	1			
Direction	Stress	strain (microstrain)	Displacement				
X	-1.74E-02	-13	-1.40E-02				
Y	2.68E-02	16	0.00E+00				
Z	-3.94E-05	-2	8.05E-02				
YZ	0.00E+00	0					
XZ	-7.29E-07	0					
XY	0.00E+00	0					

ELLEAI₁ (ver. 0.96) computes stresses, strains and displacements in a layered elastic half-space due to two uniformly loaded (dissimilar) circular areas. Five fully bonded weightless, homogeneous, and isotropic layers are considered. Developed under JTRP Project 2813 by Dr. Eyal Levenberg, North Central Superpave Center, Purdue University, November 2008 (January 2016 update). For questions, requests, and comments contact: eyal.levenberg@yahoo.com.

Sign convention:

Una vez obtenidos los módulos por retrocálculo, se calcularon los módulos de diseño con la aplicación del factor de ajuste seleccionado. Así, para determinar el Módulo Resiliente de Diseño (M_r) de la subrasante se utilizó el valor de 0.35, ya que varias de las investigaciones citadas en el capítulo DOS coinciden en la determinación de este valor como resultado de los estudios realizados para pavimentos cuyas subrasantes se encuentren bajo una capa de base y/o subbase granular no ligada, sin subrasante estabilizada. El factor es utilizado para la corrección de los módulos de retrocálculo obtenidos para el material granular y material de mejoramiento es de 0.62 que se tomó de la Guía Empírico Mecanicista conforme las características mecánicas y condiciones físicas en las que se encuentran estos materiales. Estos factores se han tomado

de la literatura consultada ya que se desconoce la existencia de investigaciones respecto de este factor para suelos locales.

Por otra parte, y conforme las recomendaciones de la bibliografía consultada, únicamente los módulos de la capa asfáltica producto del retrocálculo fueron ajustados a partir de la con el factor de temperatura obtenido a partir de la Ecuación 14

$$\frac{E_{ref}}{E_{ca}} = 10^{-0.000147362 (77^2 - T_{ca}^2)} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$$

Ecuación 15

$$T_{ca} \text{ } ^\circ\text{F}$$

Donde:

E_{ref} = Módulo del concreto asfáltico a la temperatura de referencia

E_{ca} = Módulo del concreto asfáltico retrocalculado

T_{ref} = Temperatura de referencia

T_{ca} = Temperatura de la capa de concreto asfáltico

Esta formulación es utilizada por el software EVERCALC y por ello se utiliza para la corrección por temperatura de los módulos calculados de la carpeta asfáltica con el software ELLEA1.

Para la propuesta de reconstrucción del tramo de vía analizado se utilizaron los valores calculados mediante el programa ELLEA1 ya que el error en el cálculo es el menor, como se mostrará más adelante en el capítulo de resultados.



Figura 18. Deflectometría en diferentes abscisas del tramo de vía en estudio.

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

3.2.7 Calicatas y Ensayos de Laboratorio

La ejecución de calicatas fue contratada por la Dirección Distrital del Azuay del Ministerio de Transporte y Obras Públicas con un laboratorio particular. Como se puede observar en la Figura 19, la actividad se llevó a cabo con todas las medidas de seguridad para el personal ya que fue realizada en presencia del tráfico habitual de esta vía. Para la extracción de las muestras

UCUENCA

de las diferentes capas de la estructura del pavimento fue necesario el uso de equipos como cortadora y rotomartillo en el caso de la carpeta asfáltica y herramienta manual para el material granular y material de subrasante. El propósito de este estudio fue obtener estratigrafía, clasificación, granulometría, densidades y CBR de los de los materiales de la estructura del pavimento y de la subrasante en observancia de las normas de la ASTM aplicables en cada caso. Los resultados se encuentran contenidos en el informe de laboratorio emitido por la contratista. Las calicatas fueron realizadas los días 17 y 18 de noviembre de 2020, bajo la dirección y supervisión de la Especialista en Geotecnia de la Subsecretaría Zona 6 MTOP.

Pese a que en el presente trabajo se determinaron secciones homogéneas propias bajo las consideraciones descritas en el acápite anterior, la determinación de los sitios de extracción fue definido por la especialista en geotecnia del ministerio a partir de las secciones homogéneas determinadas por esta profesional. En cualquier caso, la deflectometría utilizada para la definición de secciones homogéneas fue la misma.



Figura 19. Ejecución de Calicatas en abscisas determinadas

3.2.8 Correlaciones

La literatura advierte tener mucho cuidado al aplicar ecuaciones de correlación ya que éstas dependen fundamentalmente del tipo de material analizado. Por esta razón, una vez contando con los resultados de deflectometría y de laboratorio, lo más acertado hubiese sido encontrar regresiones para los tres tipos de materiales determinados en los ensayos de laboratorio; no obstante, la cantidad de calicatas realizadas no pueden considerarse una muestra estadística representativa que explique el comportamiento de las variables con un grado de confiabilidad adecuado.

Para el fin que persigue este apartado, hubiese sido ideal realizar nuevas calicatas y en mayor número para cada tipo de material encontrado; sin embargo, debido a las limitaciones económicas de la institución, este trabajo complementario no fue posible.

En todo caso, se realizó el retrocálculo de los módulos resilientes con la ayuda del programa EVERCALC en cada una de las abscisas en las que se realizaron las calicatas y se buscó realizar la correlación entre los módulos retrocalculados y los CBR obtenidos en laboratorio para 2 de los tres tipos de materiales identificados ya que el material clasificado como A7-6 cuenta con un solo CBR.

3.2.9 Tráfico

El conteo vehicular necesario para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual no pudo ser realizado por el Ministerio debido a una falla de los equipos de medición de la unidad encargada de realizar este procedimiento y además por la pandemia que coincidió con la programación; sin embargo, en virtud del compromiso de cooperación interinstitucional del Ministerio de Transporte y Obras Públicas con el GAD Municipal del Cantón Cuenca, en aras de aunar esfuerzos para la reconstrucción de este tramo vial, esta información fue obtenida del

INFORME DE REHABILITACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA PANAMERICANA NORTE, L = 9.50 Km.

Es importante precisar que la información obtenida tiene fuertes limitaciones así, por ejemplo, el conteo fue realizado apenas cuatro días con una duración de 16 horas diarias; sin embargo, esta información fue utilizada para el diseño de la estructura planteado en esta investigación con el objeto de poder realizar la comparación de los resultados de diseño obtenidos en el informe citado en el párrafo anterior ya que este último fue efectuado con el método puramente empírico.

De los datos de campo suministrados, se obtuvo el TPDA de camiones, distribución por tipo de camión y distribución horaria, que se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 10. Distribución por tipo de vehículo

Tipo	Cantidad	Porcentaje
Buses	397	25.68%
Camiones 2DB	886	57.31%
Camiones 3A	157	10.16%
Camiones 4C	106	6.86%
(TPDA) Camiones	1546	100.00%

Tabla 11. Distribución Horaria

HORA		Estación 3	Estación 2	Estación 1	Promedio
6:00:00	7:00:00	4.70%	4.90%	5.81%	5.13%
7:00:00	8:00:00	10.66%	8.72%	7.77%	9.05%
8:00:00	9:00:00	9.87%	8.48%	7.94%	8.76%
9:00:00	10:00:00	9.51%	8.36%	8.18%	8.69%
10:00:00	11:00:00	9.39%	8.60%	7.94%	8.64%
11:00:00	12:00:00	9.09%	7.65%	6.87%	7.87%
12:00:00	13:00:00	8.37%	8.12%	8.02%	8.17%
13:00:00	14:00:00	8.91%	8.00%	7.12%	8.01%
14:00:00	15:00:00	7.59%	7.89%	6.55%	7.34%
15:00:00	16:00:00	6.14%	6.45%	6.46%	6.35%
16:00:00	17:00:00	5.90%	6.33%	6.96%	6.40%
17:00:00	18:00:00	4.15%	5.02%	6.38%	5.19%
18:00:00	19:00:00	2.95%	4.78%	5.89%	4.54%
19:00:00	20:00:00	1.38%	3.46%	4.91%	3.25%
20:00:00	21:00:00	0.96%	2.03%	2.37%	1.79%
21:00:00	22:00:00	0.42%	1.19%	0.82%	0.81%
TOTAL		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

3.2.10 Diseño Empírico – Diseño Empírico Mecanicista

El GAD Municipal del Cantón Cuenca presentó al Ministerio de Transporte y Obras Públicas una propuesta de rehabilitación de la estructura del pavimento del tramo de vía en estudio. En esta propuesta se utilizaron los resultados de la deflectometría realizada por el propio Ministerio y fue planteada con el enfoque del método AASTHO 1993 (Método empírico). Es por ello que, con el objeto de comparar los resultados de la conformación de la estructura entre el método empírico y el método empírico mecanicista, se cargaron al programa M-EPDG tanto los valores de los diferentes parámetros requeridos para el diseño determinados por el calculista de dicha institución como los determinados en esta investigación.

En cualquiera de los dos casos, las estructuras planteadas deberán empatar con los niveles de inicio y fin del tramo, y considerar el fresado del pavimento existente con el objeto de reciclar los áridos por cuestiones económicas y sobre todo ambientales.

3.2.10.1 Datos de entrada para el programa M-EPDG

El programa requiere de varios parámetros para su funcionamiento los mismos que deben ser determinados, definidos o asumidos por el diseñador, entre ellos, datos generales que describan al proyecto, condicionantes de diseño, datos de tráfico, propiedades de materiales utilizadas para el diseño e información meteorológica.

El programa en sí carga varios valores por defecto, y si bien estos valores son el resultado de varias investigaciones, ensayos y análisis efectuados por la AASHTO, estos se refieren a condiciones específicas y propias del entorno en estudio por ello, siempre será recomendable realizar estudios propios con los que se confirmen o se sustituyan estos valores con el objeto de generar bases de datos y modelos de calibración acordes a la realidad de cada proyecto, sin embargo y dada la complejidad, recursos y tiempo requerido, esta labor sería objeto de otro tema de investigación.

En este contexto, es importante acotar que, para el diseño de la estructura del pavimento del tramo propuesto, se realizó un gran esfuerzo por obtener información propia; no obstante, ante la falta de algunos parámetros se asumieron los recomendados en la Guía de Diseño y que carga el programa por defecto, en cuyo caso se especifica en el acápite correspondiente.

En lo referente al diseño de la estructura del pavimento, en primera instancia, el programa fue alimentado con la información del INFORME DE REHABILITACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA PANAMERICANA NORTE, L = 9.50 Km. presentado por el GAD Municipal del Cantón Cuenca al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en el marco del ACTA COMPROMISO ENTRE EL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS Y GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA, que se trata de una propuesta de diseño realizada mediante el método empírico. En la Tabla 12, se muestran los espesores y módulos de cada capa cargados en el programa M-EPDG y que fueron los calculados o asumidos por el técnico municipal en su diseño.

Tabla 12. Valores de diseño Propuesta GAD Cuenca

ESTRUCTURA	ESPESOR	MR
	h (in)	(psi)
Carpeta Asfáltica	4	400000
Base de material reciclado estabilizada con cemento	8	175000
Material Granular	11.8	30251
Subrasante Natural	semi-inf	20890

Si bien estos datos fueron cargados al programa para verificar el cumplimiento de condicionantes del diseño empírico - mecanicista, adicionalmente, se verificó que el diseño propuesto fuera aplicable al caso más desfavorable de las secciones homogéneas definidas pues, como se puede apreciar en la estratigrafía del tramo que corresponde a la calicata 4, Figura 11, el espesor de material granular aprovechable luego del fresado sería de 6,72 in mas no de 11,8 in como fue planteado en términos generales en el aludido diseño.

En segunda instancia, con el objeto de realizar un análisis de la incidencia de los diferentes parámetros utilizados en el diseño, el programa fue alimentado con los espesores de la estructura propuesta por el GAD Cuenca; pero con los valores de los módulos de la subrasante

obtenidos y asumidos en esta investigación. Debe aclararse que en este caso el diseño se divide en dos tramos que fueron determinados en función de los módulos de subrasante obtenidos por retrocálculo. El primer tramo inicia en la abscisa 0+000 y concluye en la abscisa 6+330 en el cual se considera que el espesor de la capa granular es de 6.72 luego del fresado pues la calicata 4 se encuentra incluida en este tramo. El segundo tramo inicia en la abscisa 6+330 y concluye en la abscisa 10+128, en cuyo caso se considera que el espesor de la capa granular luego del fresado es de 11.8 in.

En la Tabla 13, se muestran los datos principales que fueron cargados al programa.

Tabla 13. Valores obtenidos en esta investigación (Espesores Propuesta GAD Cuenca)

ESTRUCTURA	PRIMER TRAMO		SEGUNDO TRAMO	
	ESPESOR	MR	ESPESOR	MR
	h (in)	(psi)	h (in)	(psi)
Carpeta Asfáltica	4	400000	4	400000
Base de material reciclado estabilizada con cemento	8	750000	8	50000
Material Granular	6.72	11334.86	11.8	6107.81
Subrasante Natural	semi-inf	4180.36	semi-inf	3051.38

Por último, se planteó una propuesta de diseño diferente al propuesto por el GAD Cuenca debido principalmente a que la propia guía advierte que no es recomendable realizar el diseño de pavimentos semirígidos en los que se consideren materiales estabilizados con cal, cemento o cenizas volantes dado a que el programa no cuenta con la calibración global de este análisis. En este caso los datos que fueron utilizados para el diseño son los que se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Valores y propuesta de esta investigación

ESTRUCTURA	PRIMER TRAMO		SEGUNDO TRAMO	
	ESPESOR	MR	ESPESOR	MR
	h (in)	(psi)	h (in)	(psi)
Carpeta Asfáltica	6	400000	6	400000
Base Clase I	10	45000	16	45000
Sub Base Clase III con material reciclado	14	35000	18	35000
Subrasante Natural	semi-inf	4180.36	semi-inf	3051.38

Las ilustraciones del programa que se muestran en cada sección pueden referirse a cualquiera de las propuestas de manera indistinta.

Es de resaltar que la información utilizada para el diseño en ambos casos tiene como base los estudios y ensayos realizados por la Subsecretaría Zonal 6 MTOP y que son parte de esta tesis; no obstante, los resultados de los cálculos pueden diferir según los métodos y criterios utilizados para su procesamiento, es importante además aclarar que los módulos de la subrasante y material granular calculados por el técnico municipal fueron obtenidos con la utilización de fórmulas de correlación CBR-MR.

Dado a que la versión del programa MEPDG es una de las primeras en existencia y es de uso libre, todos los valores a emplear deben encontrarse en unidades del sistema inglés ya que el programa no cuenta con otra opción.

3.2.10.2 Información General

En los datos de información general debemos introducir en el programa la vida útil para la cual queremos diseñar nuestro pavimento, un estimado de las fechas en las que se colocarán las diferentes capas y sobre todo el tipo de pavimento que deseamos construir, en nuestro caso, un nuevo pavimento flexible (Figura 20). La vida útil para el diseño planteado por el GAD Municipal es de 10 años, en tanto que para el diseño planteado en esta investigación es de 20 años según la referencia las normas NEVI para proyectos de rehabilitación y mejoras.

The screenshot shows the 'General Information' dialog box with the following details:

- Project Name:** Propuesta M CCP.dgp
- Description:** RECONSTRUCCION ANTIGUA PANAMERICANA NORTE TRAMO REDONDEL MUÑECAS DE PIEDRA Y PUENTE DE GUANGARCUCHO
- Design Life (years):** 20
- Base/Subgrade Construction Month:** October, **Year:** 2021
- Pavement Construction Month:** December, **Year:** 2021
- Traffic open month:** January, **Year:** 2022
- Type of Design:**
 - New Pavement:** Flexible Pavement, Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP), Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)
 - Restoration:** Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)
 - Overlay:** Asphalt Concrete Overlay, PCC Overlay

Figura 20. Información General (MEPDG)

3.2.10.3 Parámetros de Análisis

En esta pestaña deben alimentarse varias características relacionadas con las propiedades del pavimento. El programa requiere de valores admisibles para realizar la modelación, es por ello que estos valores varían dependiendo de la normativa establecida en cada país, así por ejemplo

el valor de IRI inicial se refiere al valor de este parámetro cuando el pavimento es nuevo o recién terminado, en tanto que el valor terminal del IRI se refiere al máximo aceptado antes de que el pavimento entre en una fase de mantenimiento. A nivel internacional el IRI inicial está alrededor de 1.8 m/km o 114 in/mi y el IRI terminal entre 3 m/km o 190 in/mi y 4m/km o 253 in/mi, se consideró prudente adoptar un IRI terminal de 3.80 m/km que equivalen a 240.00 in/mi. Con estos valores se estaría cumpliendo con el valor del IRI inicial fijado por las Normas de Diseño Geométrico del MTOP como máximo en 2.5 m/km que equivalen a 158 in/mi para la recepción de un pavimento recién construido.

La confiabilidad (R) se define como la probabilidad de que el deterioro en el período de diseño no supere el nivel crítico de deterioro predefinido. Esta probabilidad se ve afectada por muchas fuentes de variación e incertidumbre tales como errores en la estimación de cargas de tránsito, fluctuaciones climáticas a lo largo del período de diseño, variaciones en espesores de capas, propiedades de materiales y de subrasante a lo largo del proyecto, errores en la medida de las fallas e IRI y limitaciones de los modelos de deterioro. En este orden de ideas, la bibliográfica refiere rangos de confiabilidad recomendados o sugeridos en función del tipo de vías y su caracterización conforme la siguiente tabla:

Tabla 15. Niveles de Confiabilidad recomendadas por la AASHTO

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, 1993

Es por ello que para el diseño planteado en esta investigación se utilizó un R de 85% considerando que se trata de una vía colectoras de carácter urbano al igual que en el diseño planteado por el GAD Cuenca. (Figura 21).

Continuando con la definición de los parámetros requeridos por el programa, en la normativa nacional no existen valores admisibles respecto de agrietamiento longitudinal, piel de cocodrilo y agrietamiento térmico, razón por la cual se han asumido valores manejados a nivel internacional; así, en el caso de agrietamiento longitudinal y térmico el valor típico admisible

se encuentra en el orden de 190m/k o 100 ft/mi; y, para la piel de cocodrilo el valor típico admisible está en un rango del 25 al 50% del total del área de la trocha.

	Limit	Reliability
<input checked="" type="checkbox"/> Terminal IRI (in/mile)	240	85
<input checked="" type="checkbox"/> AC Surface Down Cracking Long. Cracking (ft/mi)	1000	85
<input checked="" type="checkbox"/> AC Bottom Up Cracking Alligator Cracking (%)	25	85
<input checked="" type="checkbox"/> AC Thermal Fracture (ft/mi)	1000	85
<input checked="" type="checkbox"/> Chemically Stabilized Layer Fatigue Fracture(%)	25	85
<input checked="" type="checkbox"/> Permanent Deformation - Total Pavement (in)	0.75	85
<input checked="" type="checkbox"/> Permanent Deformation - AC Only (in)	0.50	85

Figura 21. Parámetros de análisis (MEPDG)

Adicionalmente en la alimentación de los datos, se activó la opción de fractura por fatiga de la capa estabilizada químicamente debido a que según el planteamiento del diseño se espera fresar un espesor determinado de la capa del asfalto existente para mezclarlo con base y estabilizarlo con cemento. En este caso se asume valor admisible del 25% del total del área de trocha para la fisuración por fatiga para la capa estabilizada químicamente.

3.2.10.4 Tráfico

Como bien lo recomiendan las Normas de Diseño Geométrico del MTOP, sería ideal disponer de datos de una estación de conteo permanente que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales y disponer de un registro de datos de varios años que permitan la obtención de parámetros necesarios para caracterizar el tráfico y pronosticar su crecimiento con bastante certeza. En este sentido, el programa utilizado para el diseño requiere de varios

parámetros que se obtendrían fácilmente de un conteo como el recomendado por Ministerio; sin embargo, generalmente las limitaciones de carácter económico y la reducida importancia que se le otorga al desarrollo de programas técnicos para la conservación y mantenimiento de las vías de nuestro país, no nos permiten contar con información completa y detallada. Ante lo cual, y dadas las limitaciones de la información con que se cuenta, se asumieron varios valores por defecto que se encuentran alimentados en el propio programa para caracterizar el tráfico ya que no es posible contar con el nivel de información requerido, claro está, siempre buscando que los valores asumidos guarden, en la medida de lo posible, concordancia con la realidad de la vía a diseñar.

El primero valor requerido por el programa es el TPDA de camiones que según nuestro conteo de tráfico es de 1546 vehículos. Luego entonces se define el número de carriles en la dirección de diseño, así como el porcentaje de camiones en la dirección de diseño y en el carril de diseño, al tratarse de una vía de dos carriles, uno en cada. Por último, la velocidad de circulación está definida por el tipo de vía y las condiciones que esta presenta para la circulación, considerando que la vía presenta deterioros, constantes intersecciones y semaforización que restringen la velocidad, se asumió un valor de 50 km/h o 31.07 mph. (Figura 22)

The screenshot shows a 'Traffic' dialog box with the following fields and values:

- Design Life (years): 20
- Opening Date: January, 2022
- Initial two-way AADTT: 1546
- Number of lanes in design direction: 1
- Percent of trucks in design direction (%): 50.0
- Percent of trucks in design lane (%): 100.0
- Operational speed (mph): 31.07
- Traffic Volume Adjustment: Edit
- Axle load distribution factor: Edit
- General Traffic Inputs: Edit
- Traffic Growth: Class specific

Figura 22. Tráfico (MEPDG)

Definido el tráfico, seguidamente se pasa a calibrar los factores de ajuste para el volumen de tráfico conforme las mediciones realizadas en campo. Para la distribución mensual de los diferentes tipos de vehículos pesados a lo largo del año se asume el valor de 1 en cada mes ya que para determinar un factor de ajuste específico para cada mes es indispensable contar mínimamente con un conteo anual con el cual no se cuenta debido a las limitaciones tanto del GAD como del MTOP. (Figura 23)

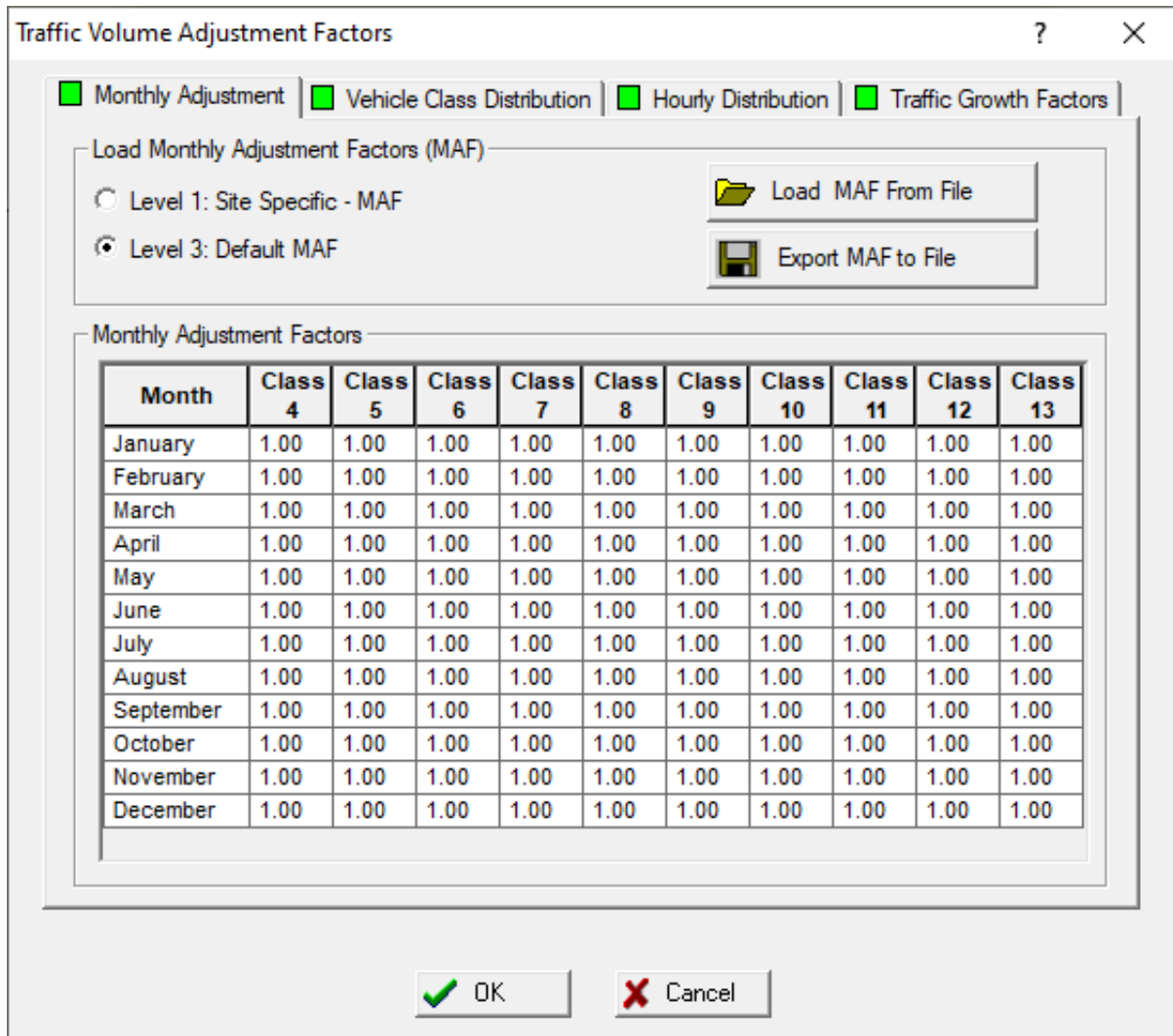


Figura 23. Factores de ajuste mensual (MEPDG)

Del estudio de tráfico se determinaron las clases o tipos de vehículos que circulan por la vía, así como sus porcentajes de distribución, los que fueron cargados al programa como se aprecia en la Figura 24.

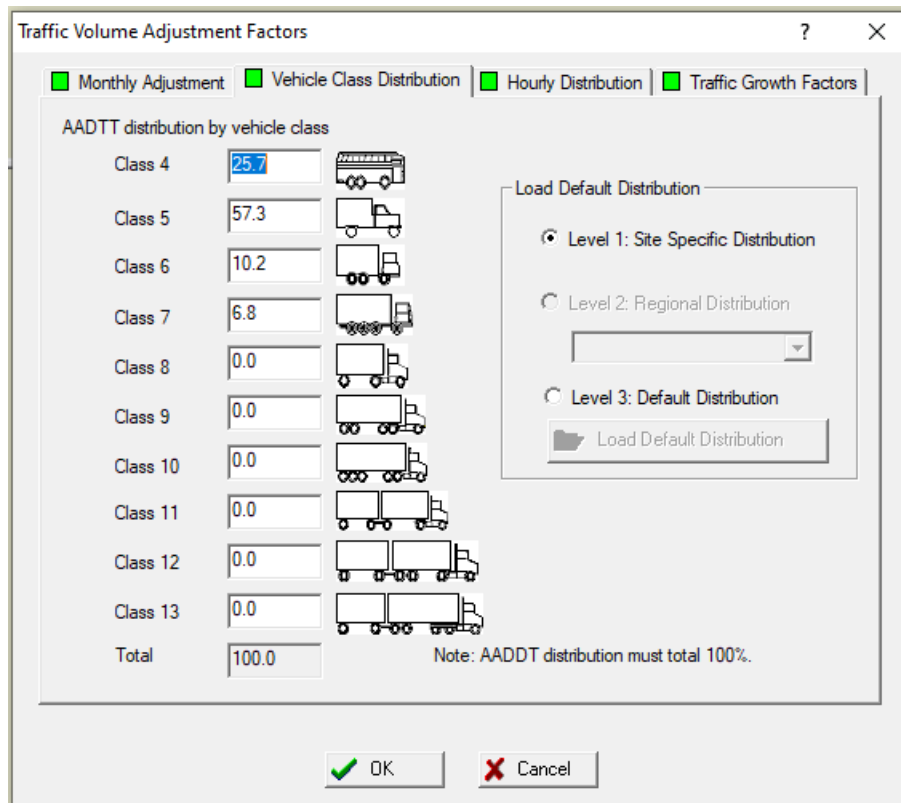


Figura 24. Distribución por tipo de vehículo (MEPDG)

La distribución horaria de la circulación de los camiones en la vía, fueron igualmente obtenidos del conteo de tráfico proporcionado por el GAD Municipal del Cantón Cuenca razón por la cual no se cuenta con datos en los horarios de 10:00 pm. a 06:00 am. Sin embargo, y conforme el análisis de las características de movilidad actual de esta vía, es decir que su uso pasó de ser arterial y colectora a mayormente urbana, se considera que estos valores no serían mayormente afectados en caso de realizar un conteo en horario completo. (Figura 25).

Traffic Volume Adjustment Factors

Monthly Adjustment |
 Vehicle Class Distribution |
 Hourly Distribution |
 Traffic Growth Factors

Hourly truck traffic distribution by period beginning:

Midnight	0.0	Noon	7.9
1:00 am	0.0	1:00 pm	8.2
2:00 am	0.0	2:00 pm	8.0
3:00 am	0.0	3:00 pm	7.3
4:00 am	0.0	4:00 pm	6.3
5:00 am	0.0	5:00 pm	6.4
6:00 am	0.0	6:00 pm	5.2
7:00 am	5.1	7:00 pm	4.5
8:00 am	9.1	8:00 pm	3.3
9:00 am	8.8	9:00 pm	1.8
10:00 am	8.7	10:00 pm	0.8
11:00 am	8.6	11:00 pm	0.0

Note: The hourly distribution must total 100%

Total:

Figura 25. Distribución Horaria (MEPDG)

Para la distribución por clase de vehículos pesados se optó por la distribución de vías colectoras menores o rutas locales debido a las características de la vía, Figura 26.

Load Default AADTT

Select general category: AADTT distribution for the selected General Category:

* = recommended value

	*	TTC	Bus %	Multi-Trailer %	Single-trailer and Single-unit(SU) Trucks	Vehicle Class	Percent(%)
<input type="checkbox"/>		5	(<2%)	(>10%)	Predominately Single-trailer trucks.	Class 4	3.3
<input type="checkbox"/>		8	(<2%)	(>10%)	"High percentage of single-trailer truck with some single-unit trucks.	Class 5	34
<input type="checkbox"/>		11	(<2%)	(>10%)	Mixed truck traffic with a higher percentage of single-trailer trucks.	Class 6	11.7
<input type="checkbox"/>		13	(<2%)	(>10%)	Mixed truck traffic with about equal percentages of single-trailer trucks and single-unit trucks.	Class 7	1.6
<input type="checkbox"/>		16	(<2%)	(>10%)	Predominantly single-unit trucks.	Class 8	9.9
<input type="checkbox"/>		3	(<2%)	(2 - 10%)	Predominantly single-trailer trucks	Class 9	36.2
<input type="checkbox"/>		7	(<2%)	(2 - 10%)	Mixed truck traffic with a higher percentage of single-trailer trucks.	Class 10	1
<input type="checkbox"/>		10	(<2%)	(2 - 10%)	Mixed truck traffic with about equal percentages of single-trailer trucks and single-unit trucks.	Class 11	1.8
<input type="checkbox"/>		15	(<2%)	(2 - 10%)	Predominantly single-unit trucks.	Class 12	0.2
<input type="checkbox"/>		1	(>2%)	(<2%)	Predominantly single-trailer trucks	Class 13	0.3
<input type="checkbox"/>		2	(>2%)	(<2%)	"Predominantly single-trailer trucks with a low percentage of single-unit trucks.		
<input type="checkbox"/>		4	(>2%)	(<2%)	Predominantly single-trailer trucks with a low to moderate percentage of single-unit trucks.		
<input type="checkbox"/>		6	(>2%)	(<2%)	Mixed truck traffic with a higher percentage of single-unit trucks.		
<input checked="" type="checkbox"/>	*	9	(>2%)	(<2%)	Mixed truck traffic with about equal percentages of single-trailer trucks and single-unit trucks.		
<input type="checkbox"/>	*	12	(>2%)	(<2%)	Mixed truck traffic with a higher percentage of single-unit trucks.		
<input type="checkbox"/>	*	14	(>2%)	(<2%)	Predominantly single-unit trucks		
<input type="checkbox"/>	*	17	(>25%)	(<2%)	Mixed truck traffic with about equal single-unit and single-trailer trucks.		

< >

OK Cancel

Figura 26. Distribución por clase de vehículos de carga (MEPDG)

La tasa de crecimiento del tráfico utilizada fue la establecida por el departamento de factibilidad del MTOP ya que esta institución cuenta con sus propias tasas de crecimiento anual del tráfico vehicular por provincias (Tabla 16).

Tabla 16. Tasas de crecimiento Azuay

PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2018-2020	5.98%	2.27%	4.45%
2020-2025	5.16%	1.96%	4.07%
2025-2030	4.51%	1.72%	3.67%
2030-2035	3.99%	1.51%	3.33%
2035-2040	3.63%	1.36%	2.99%
2040-2045	3.42%	1.26%	2.67%

Fuente: Departamento Factibilidad MTOP

El programa presenta tres opciones, sin crecimiento, crecimiento lineal y crecimiento compuesto; y, en este último caso, la posibilidad de establecer una tasa de crecimiento para cada clase de vehículo. Por ello, considerando las tasas de crecimiento referenciales del MTOP, se establece un promedio de las tasas de crecimiento promedios correspondientes al periodo 2020 a 2045 de los buses (1.56%) y camiones (3.35%).

Traffic Volume Adjustment Factors

Monthly Adjustment |
 Vehicle Class Distribution |
 Hourly Distribution |
 Traffic Growth Factors

Opening Date:
 Design Life (years):

AADTT:
 % Traffic Design Direction:
 % Traffic Design Lane:

Vehicle-class specific traffic growth

	Rate (%)	Function
Class 4	1.56	Compound
Class 5	3.35	Compound
Class 6	3.35	Compound
Class 7	3.35	Compound
Class 8	3.35	Compound
Class 9	3.35	Compound
Class 10	3.35	Compound
Class 11	3.35	Compound
Class 12	3.35	Compound
Class 13	3.35	Compound

Default Growth Function
 No Growth
 Linear Growth
 Compound Growth
 Default growth rate (%)

View Growth Plots

Note: Vehicle-class distribution factors are needed to view the effects of traffic growth.

OK |
 Cancel

Para la distribución de las cargas por eje (Figura 27) se asumieron las que carga por defecto por el programa ya que no se cuenta con datos al respecto, pues para ello, además de un conteo anual, sería necesaria una estación de pesaje.

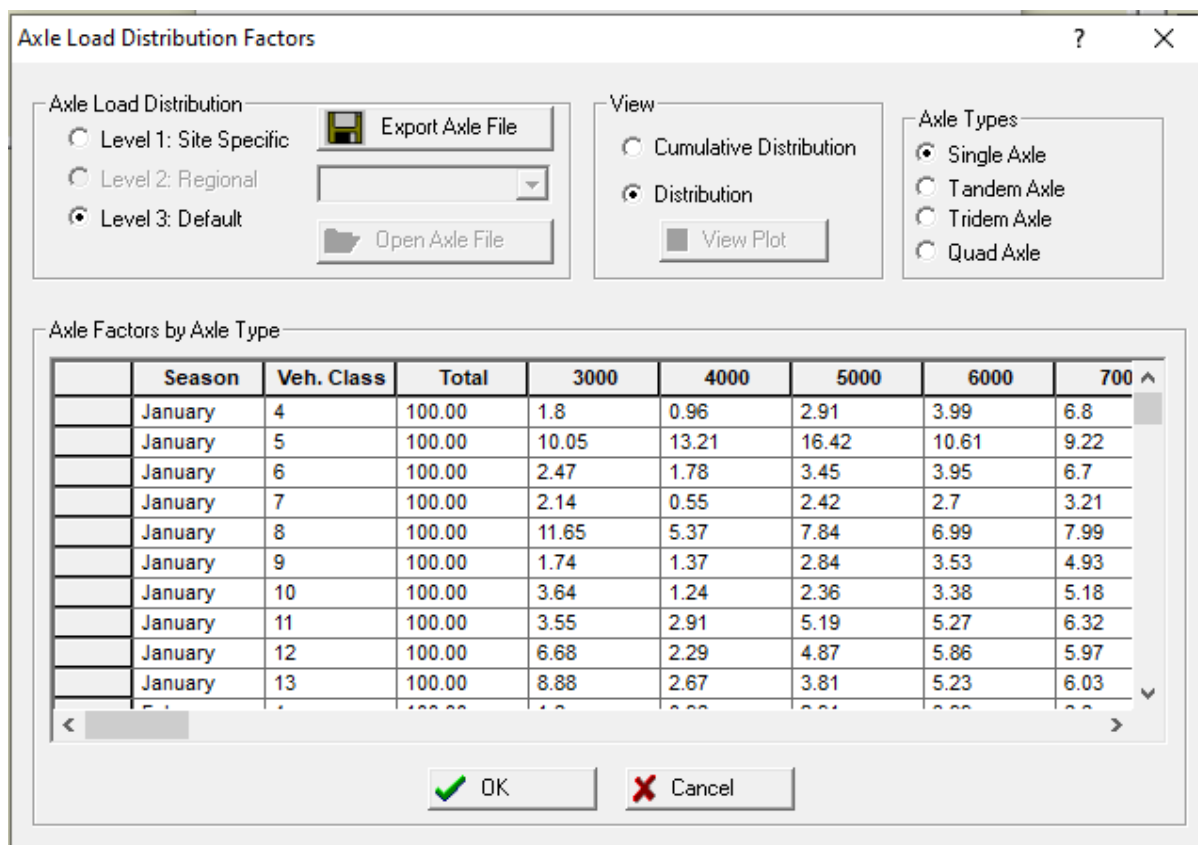


Figura 27. Distribución de cargas por eje (MEPDG)

En la entrada de los datos de tráfico generales, se asumen los datos cargados por defecto por el programa bajo el análisis de que los valores son concordantes con la realidad de la vía en análisis así, en la ubicación media de la rueda el valor de 18 pies que equivale a 5,48 m, en la desviación estándar de deambulacion del tráfico el valor de 10 pies que equivale 3,05 m y en el ancho del carril de diseño 12 pies que equivale a 3,65 m. El resto de valores así mismo se asumen ya que se refieren a valores estándar de número de ejes, ancho medio del eje, espaciado doble de neumáticos, presión de llanta, espaciamiento del eje, etc.

3.2.10.5 Clima

Los datos de clima que el programa requiere para su funcionamiento y modelación pueden ser generados a partir de la información de estaciones meteorológicas que se encuentran cargados en el propio programa; empero, todas estas estaciones se ubican en los Estados Unidos razón por la cual no sería acertado su uso ya que las condiciones climáticas de estas estaciones no se asemejan a las existentes en nuestra ciudad. En cuyo caso el programa permite crear una

base propia de datos climáticas a partir de archivos con extensión .icm que posean la información que se detallan en la Tabla 17.

Tabla 17. Formato de base de datos climática

#Station:AUSTIN/BERGSTROM, TX - Elevation (ft):661 - Latitude:30.11 - Longitude:-97.41 - Location:AUSTIN-BERGSTROM INTL ARPT - Months available data: 100									
#Weather station ID not available									
#Weather station ID not available									
#Weather station ID not available									
#Weather station ID not available									
#Weather station ID not available									
19960701-20060228 Fecha de inicio y fin de registro (año/mes/día) Humedad media mensual									
-97.41,30.11,661			12,-1,-1,-1,67.7064,3.28833,35.3357			70.7,73.1,73.4,73.1,74.1,73.7,70.1,68.8,70.5,75.9,76.0,70.3			
7	1	1996	5.04244	18.9576	3711.8				
0	75.7	0.00	3.1	100	12				
1	75.7	0.00	3.1	100	12	Día/Mes/Año			
2	75.7	0.00	3.1	100	12	Latitud y longitud (grados, minutos, elevación (ft))			
3	75.7	0.00	0.3	100	12	Hora de salida y puesta del sol			
4	73.8	0.00	0.2	100	12	Información nivel freático			
5	73.7	0.00	0.0	100	12	Radiación solar máxima (Btu/ft ² día)			
6	75.9	0.00	0.3	100	12	Temperatura media anual (°F)			
7	80.9	0.00	4.1	100	12	Días bajo cero F			
8	84.9	0.00	3.1	100	12	Precipitación Anual (in)			
9	88.0	0.00	3.1	100	12	Temperatura (°F)			
10	89.2	0.00	4.0	100	12	Precipitación (in)			
11	89.2	0.00	3.9	53	12	Velocidad del viento (mph)			
12	93.9	0.00	5.8	98	12	Porcentaje de Cielo Claro			
13	93.7	0.00	5.9	72	12	Nivel Freático (ft)			
14	95.0	0.00	6.1	100	12				
15	95.0	0.00	3.2	77	12				
16	95.0	0.00	4.4	100	12				
17	93.9	0.00	5.2	100	12				
18	90.0	0.00	9.1	100	12				
19	87.1	0.00	8.2	100	12				

Dada esta condición, para el diseño propuesto, se elaboró una base de datos de la zona del proyecto de los años 2018, 2019 y 2020 a partir de información existente en el internet en las páginas <https://www.tutiempo.net/> y <https://salidaypuestadelsol.com/sun> que refieren a la estación meteorológica Cuenca Mariscal Lamar (842390 SECU), Latitud: -2.88, Longitud: -78.98 y Altitud: 2530. (Figura 28, Figura 29, y Figura 30)

Los datos de humedad, nubosidad, temperatura, velocidad del viento, precipitación, salida del sol, puesta del sol, radiación y nivel freático, fueron digitados manualmente en un archivo en formato Excel que posteriormente fue transformado en un archivo con extensión .icm.

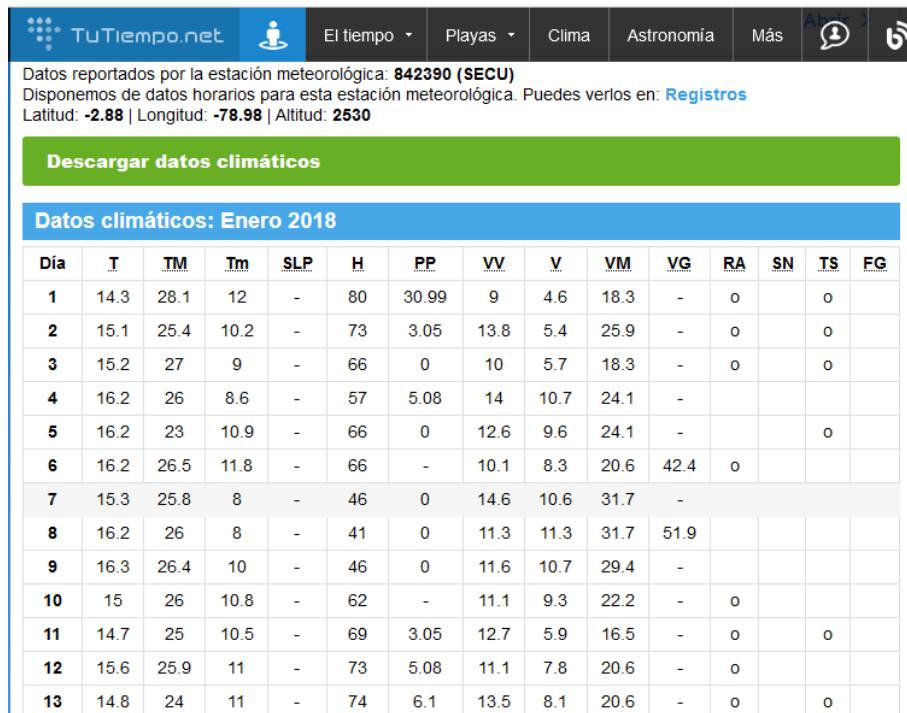


Figura 28. Datos de Precipitación mes enero 2020

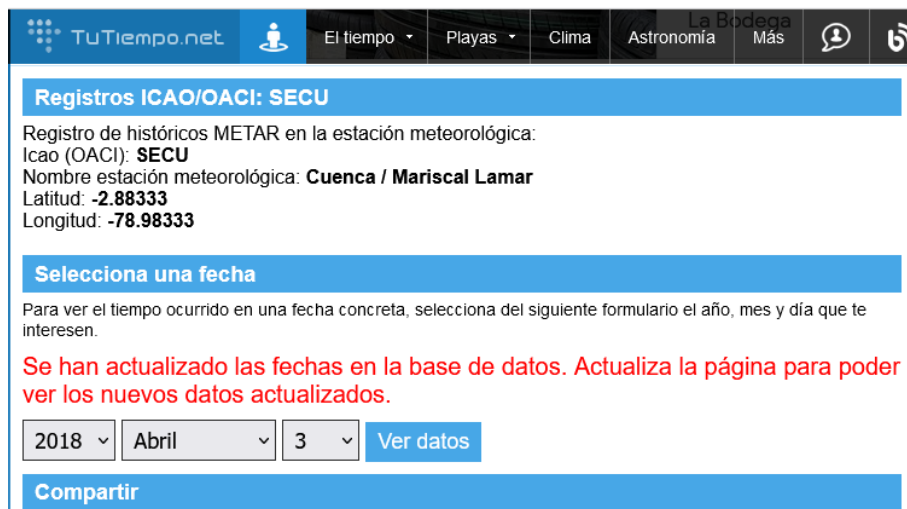


Figura 29. Información estación meteorológica, selección del día para búsqueda de información

Hora	Condiciones meteorológicas	Tem.	Viento	Hum.	Presión
00:00	Cielo cubierto	12°	En calma	94%	1025 hPa
01:00	Cielo cubierto	12°	4 km/h	100%	1025 hPa
02:00	Cielo cubierto	12°	4 km/h	94%	1024 hPa
03:00	Cielo cubierto	12°	4 km/h	100%	1024 hPa
04:00	Cielo cubierto	12°	6 km/h	100%	1024 hPa
07:00	Parcialmente cubierto	13°	2 km/h	88%	1026 hPa
08:00	Mayormente cubierto	14°	11 km/h	88%	1026 hPa
09:00	Mayormente cubierto	15°	7 km/h	77%	1026 hPa
10:00	Mayormente cubierto	16°	4 km/h	72%	1026 hPa
11:00	Mayormente cubierto	17°	2 km/h	63%	1025 hPa
12:00	Mayormente cubierto	20°	4 km/h	53%	1024 hPa
13:00	Cielo cubierto	18°	9 km/h	64%	1023 hPa
13:14	Mayormente cubierto	18°	20 km/h	68%	1023 hPa
14:00	Cielo cubierto	15°	4 km/h	88%	1023 hPa
15:00	Mayormente cubierto	15°	19 km/h	88%	1023 hPa

Figura 30. Datos martes 3 de abril de 2018

En lo que respecta al nivel freático, si bien el programa permite su registro hora por hora, pues este parámetro resulta de suma importancia a la hora de realizar una predicción del comportamiento del pavimento; no obstante, es usual que por practicidad se coloque el valor anual más desfavorable dado a que en muy pocas ocasiones se cuenta con un registro de mediciones en las condiciones requeridas. Por este motivo se optó por estimar un valor constante de nivel freático para los tres años de registro con base a observaciones de campo en lugares aledaños a la zona del proyecto.

Los datos de radiación solar de los años 2018, 2019 y 2020 pudieron ser obtenidos de la estación meteorológica de Llaqueo perteneciente al Instituto de Investigación Geológico y Energético.

Dado a que el programa utiliza los datos climáticos para la modelación del comportamiento del pavimento conforme a los cambios que se producen en el ambiente, entre mayor sea el registro de la base climática mejores serán los resultados de predicción; en todo caso, el programa requiere un mínimo de información de dos años.

3.2.10.6 Materiales

En el programa se debe crear el número de capas planteadas para el diseño y cargar la información de cada una de ellas.

La estructura planteada por el GAD Municipal está conformada por 10.16 cm o 4 in de Concreto Asfáltico, 20.32 cm u 8 in de base estabilizada con cemento (material de base + áridos provenientes de reciclaje por fresado de la carpeta asfáltica existente + cemento), 30 cm u 11.81 in de material granular y por último la subrasante natural. Como ya se mencionó, en el caso del material granular se realizan dos corridas en el programa considerando en el primer caso 11.81 in de este material tal como lo plantea el GAD; y, en un segundo caso, cuando se comprueba el cálculo para el tramo con menor espesor de material granular, es decir para 6.72 in.

Por otra parte, esta investigación propone 2 tramos de diseño según los resultados de los módulos retrocalculados. En todo caso en ambos tramos la estructura está conformada por 15.24 cm o 6 in de Concreto Asfáltico, base granular clase I de 25.40 cm o 10 in en el primer tramo y 40.64 cm o 16 in en el segundo tramo, subbase clase III (material granular clasificado + agregado reciclado) de 35.56 cm o 14 in en el primer tramo y de 45.72 cm o 18 in en el segundo tramo, por último; la subrasante natural. En ambos tramos se eliminaría completo el material granular existente; y, los áridos provenientes del fresado de la carpeta asfáltica existente serían mezclados con material de base o subbase para formar la capa de material granular con las características de asumidas en el diseño. Los espesores planteados resultaron de iteraciones con diferentes valores hasta conseguir el cumplimiento de los criterios de deterioro con ayuda del software.

3.2.10.6.1 Carpeta Asfáltica

Se asumieron los valores por defecto que carga el propio programa para definir las características y propiedades generales de la carpeta asfáltica considerando que cumplen los requerimientos de las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transportes y Obras Públicas, así como también de la Norma NEVI a pesar de que esta última tiene carácter únicamente referencial pues su uso no es mandatorio. Se verificó que los valores de granulometría que carga por defecto el sistema, Figura 31, se encuentran entre los límites determinados en la Tabla 18. Así también fueron verificadas con la

bibliografía revisada, los valores de la Relación de Poisson, Temperatura de Referencia, Peso Unitario, Conductividad Térmica, Capacidad Calorífica de la Mezcla y Porcentaje de Vacíos, Figura 32. Propiedades del Concreto Asfáltico (MEPDG) , en este último caso el programa establece un valor de 8.5 % que fue reemplazado por 5% ya que nuestra normativa establece un porcentaje de vacíos entre 3 y 5 % para mezclas asfálticas densas, que son las usadas en el medio.

The screenshot shows a software dialog box titled "Asphalt Material Properties". It contains several input fields and a section for aggregate gradation. The "Level" is set to 3, "Asphalt material type" is "Asphalt concrete", and "Layer thickness (in)" is 4. The "Aggregate Gradation" section has four input fields with the following values: Cumulative % Retained 3/4 inch sieve: 7, Cumulative % Retained 3/8 inch sieve: 30, Cumulative % Retained #4 sieve: 57.5, and % Passing #200 sieve: 4. At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "View HMA Plots".

Property	Value
Level	3
Asphalt material type	Asphalt concrete
Layer thickness (in)	4
Cumulative % Retained 3/4 inch sieve	7
Cumulative % Retained 3/8 inch sieve	30
Cumulative % Retained #4 sieve	57.5
% Passing #200 sieve	4

Figura 31. Graduación de los Agregados y Propiedades del Concreto Asfáltico (MEPDG)

Asphalt Material Properties

Level: 3

Asphalt material type: Asphalt concrete

Layer thickness (in): 4

Asphalt Mix | Asphalt Binder | Asphalt General

General

Reference temperature (F°): 70

Poisson's Ratio

Use predictive model to calculate Poisson's ratio.

Poisson's ratio: 0.35

Parameter a:

Parameter b:

Gravimetric Properties (Mix Design)

Binder content by weight(%):

Optimum binder content (OBC) (%):

Design air voids used to select OBC (%):

Volumetric Properties as Built

Effective binder content (%): 10

Air voids (%): 5

Total unit weight (pcf): 150

Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67

Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

OK Cancel View HMA Plots

Figura 32. Propiedades del Concreto Asfáltico (MEPDG)

Tabla 18. Husos granulométricos para Mezcla Asfáltica

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Por último, como se aprecia en la Figura 33, se define el tipo de asfalto a utilizar, en nuestro caso el cemento asfáltico AC-20

The image shows a software dialog box titled "Asphalt Material Properties". It contains several input fields and radio button options. At the top left, there is a "Level" dropdown menu set to "3". To its right, "Asphalt material type" is a dropdown menu set to "Asphalt concrete", and "Layer thickness (in)" is a text input field with the value "4". Below these are three radio buttons: "Asphalt Mix", "Asphalt Binder", and "Asphalt General", all of which are selected. In the center, there are two sections: "Options" with three radio buttons ("Superpave binder grading", "Conventional viscosity grade" which is selected, and "Conventional penetration grade"), and "Viscosity Grade" with six radio buttons ("AC 2.5", "AC 5", "AC 10", "AC 20" which is selected, "AC 30", and "AC 40"). At the bottom of the dialog, there are two text input fields: "A" with the value "10.7709" and "VTS" with the value "-3.6017". At the very bottom are three buttons: "OK" with a green checkmark icon, "Cancel" with a red X icon, and "View HMA Plots" with a green X icon.

Figura 33. Definición del tipo de asfalto (MEPDG)

3.2.10.6.2 Base con pavimento asfáltico reciclado estabilizada con cemento

Para la capa de base cementada se tomaron como valores referenciales recomendados en la Guía, Tabla 19.

Tabla 19. Niveles de entrada recomendados, parámetros y valores para materiales estabilizados químicamente

Required Input	Recommended Input Level																		
Elastic/resilient modulus	<ul style="list-style-type: none"> Use unconfined compressive strength (f'_c or q_u) in psi of lab samples or extracted cores converted into elastic/resilient modulus by the following: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Relationship for Modulus</th> <th>Test Method</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lean concrete and cement treated aggregate</td> <td>$E = 57000(f'_c)^{0.5}$</td> <td>AASHTO T 22</td> </tr> <tr> <td>Open graded cement stabilized aggregate</td> <td>Use input Level 3</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Lime-cement-fly ash</td> <td>$E = 500 + q_u$</td> <td>ASTM C 593</td> </tr> <tr> <td>Soil cement</td> <td>$E = 1200(q_u)$</td> <td>ASTM D 1633</td> </tr> <tr> <td>Lime stabilized soil</td> <td>$M_r = 0.124(q_u) + 9.98$</td> <td>ASTM D 5102</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Relationship for Modulus	Test Method	Lean concrete and cement treated aggregate	$E = 57000(f'_c)^{0.5}$	AASHTO T 22	Open graded cement stabilized aggregate	Use input Level 3	None	Lime-cement-fly ash	$E = 500 + q_u$	ASTM C 593	Soil cement	$E = 1200(q_u)$	ASTM D 1633	Lime stabilized soil	$M_r = 0.124(q_u) + 9.98$	ASTM D 5102
	Material	Relationship for Modulus	Test Method																
	Lean concrete and cement treated aggregate	$E = 57000(f'_c)^{0.5}$	AASHTO T 22																
	Open graded cement stabilized aggregate	Use input Level 3	None																
	Lime-cement-fly ash	$E = 500 + q_u$	ASTM C 593																
	Soil cement	$E = 1200(q_u)$	ASTM D 1633																
	Lime stabilized soil	$M_r = 0.124(q_u) + 9.98$	ASTM D 5102																
	OR	<ul style="list-style-type: none"> Select typical E and M_r values in psi as follows: <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Lean concrete, E</td> <td>2,000,000</td> </tr> <tr> <td>Cement stabilized aggregate, E</td> <td>1,000,000</td> </tr> <tr> <td>Open graded cement stabilized aggregate, E</td> <td>750,000</td> </tr> <tr> <td>Soil cement, E</td> <td>500,000</td> </tr> <tr> <td>Lime-cement-flyash, E</td> <td>1,500,000</td> </tr> <tr> <td>Lime stabilized soils, M_r</td> <td>45,000</td> </tr> </tbody> </table>	Lean concrete, E	2,000,000	Cement stabilized aggregate, E	1,000,000	Open graded cement stabilized aggregate, E	750,000	Soil cement, E	500,000	Lime-cement-flyash, E	1,500,000	Lime stabilized soils, M_r	45,000					
	Lean concrete, E	2,000,000																	
	Cement stabilized aggregate, E	1,000,000																	
Open graded cement stabilized aggregate, E	750,000																		
Soil cement, E	500,000																		
Lime-cement-flyash, E	1,500,000																		
Lime stabilized soils, M_r	45,000																		
Flexural strength (required only for flexible pavements)	<ul style="list-style-type: none"> Use 20% of the compressive strength of lab samples or extracted cores as an estimate of the flexural strength for all chemically stabilized materials. 																		
	OR	<ul style="list-style-type: none"> Select typical M_R values in psi as follows: <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Chemically stabilized material placed under flexible pavement (base)</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>Chemically stabilized material used as subbase, select material, or subgrade under flexible pavement</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table>	Chemically stabilized material placed under flexible pavement (base)	750	Chemically stabilized material used as subbase, select material, or subgrade under flexible pavement	250													
	Chemically stabilized material placed under flexible pavement (base)	750																	
Chemically stabilized material used as subbase, select material, or subgrade under flexible pavement	250																		
Poisson's ratio	Select typical Poisson's ratio values are as follows:																		
Unit weight	Use default MEPDG values of 150 pcf																		
Thermal conductivity	Use default MEPDG values of 1.25 BTU/h-ft-°F																		
Heat capacity	Use default MEPDG values of 0.28 BTU/lb-°F																		

Fuente: AASHTO Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, 2008

Los valores de peso unitario, conductividad térmica y capacidad calorífica fueron asumidos los que carga el programa por defecto, conforme la recomendación de la guía. El valor utilizado para la resistencia a compresión simple o módulo de ruptura es de 25 kg/cm² o 360 psi conforme

lo establecen las Especificaciones Técnicas MTOP. En el caso de la relación de Poisson se utilizó el valor medio. (Figura 34)

Section	Property	Value
General Properties	Material type	Cement Stabilized
	Layer thickness (in)	8
	Unit weight (pcf)	150
	Poisson's ratio	0.15
Strength Properties	Elastic/resilient modulus (psi)	175000
	Minimum elastic/resilient modulus (psi)	100000
	Modulus of rupture (psi)	360
Thermal Properties	Thermal conductivity (BTU/hr-ft-F*)	1.25
	Heat capacity (BTU/lb-F*)	0.28

Figura 34. Propiedades del material estabilizado químicamente (MEPDG)

En todo caso, para la producción de la base estabilizada con cemento debe considerarse que el material, además de cumplir con las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del MTOP, deberá cumplir con los valores con los cuales se realizó el diseño para lo cual deberán realizarse ensayos de laboratorio con diferentes porcentajes de cemento hasta conseguirlos.

3.2.10.6.3 Capa de material granular

La capa de material granular se refiere a la capa de base con la que fue construida inicialmente la vía y que, con el paso del tiempo y sobre todo por el insuficiente drenaje de la vía, perdió sus propiedades mecánicas. Según la propuesta de diseño del GAD Cuenca esta capa no sería removida, motivo por el cual ha sido cargada al programa como parte de la estructura pavimentaría, al igual que en la comprobación de esta propuesta de diseño con los datos obtenidos y asumidos en esta investigación.

En la propuesta del GAD Municipal, el valor considerado para esta capa es de 30 cm u 11.81 in. (Figura 35); no obstante, según lo descrito en este capítulo, el cálculo fue verificado para el escenario más desfavorable es decir para el tamaño en el cual el espesor del material granular es menor, 17 cm o 6.7 in.

Structure

Surface short-wave absorptivity:

Layers

Layer	Type	Material	Thicknes	Interface
1	Asphalt	Asphalt concrete	4.0	1
2	Chemically Stabilized	Cement Stabilized	8.0	1
3	Subgrade	A-2-4	11.8	1
4	Subgrade	A-2-6	Semi-infinit	n/a

Insert Delete Edit

Opening Date: Design Life (years): ...

OK Cancel

Figura 35. Determinación de la estructura del pavimento (MEPDG)

Para la definición del tipo de material a utilizar en el diseño, de los resultados de los ensayos de laboratorio del material extraído de las calicatas efectuadas en la vía, se determinó que el material predominante, tiene una clasificación AASHTO A-2-4. Con esta definición, se cargaron al programa los valores de la granulometría e índice de plasticidad y límite líquido que corresponden al material analizado en la calicata Nro. 2 (Figura 36).

El programa permite el ingreso tanto del CBR como del Módulo Resiliente, es por ello que para la propuesta del GAD se cargó el Módulo Resiliente calculado por el diseñador a partir del CBR, en tanto que para la comprobación de esta propuesta se cargó el Módulo Resiliente obtenido mediante retrocálculo en el capítulo cuatro (Figura 37). De cargarse los valores de CBR, el programa posee sus propias ecuaciones de correlación con las cuales calcula el Módulo Resiliente del material.

Unbound Layer - Layer #3

Unbound Material: A-2-4 Thickness(in): 11.81 Last layer

Strength Properties ICM

Range Mean

Export Import Update

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	4.7
#100	
#80	
#60	
#50	
#40	8
#30	
#20	
#16	
#10	15
#8	
#4	22.7
3/8"	30
1/2"	34
3/4"	43
1"	51
1 1/2"	74
2"	88
2 1/2"	92
3"	100
3 1/2"	

Plasticity Index (PI)	7.24
Liquid Limit (LL)	25.94
Compacted Layer	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Index Properties from Sieve Analysis	
% Passing #200	4.7
% Passing #40	8.0
% Passing #4	22.7
D10 (mm)	0.6616
D20 (mm)	3.507
D30 (mm)	9.5
D60 (mm)	29.3
D90 (mm)	56.12
User Overridable Index Properties	
Maximum Dry Unit Weight(pcf)	<input type="checkbox"/> 105.4
Specific Gravity, Gs	<input type="checkbox"/> 2.70
Sat. Hydraulic Conductivity(ft/hr)	<input type="checkbox"/> 1.9e+002
Optimum gravimetric water content(%)	<input type="checkbox"/> 18.8
Degree of Saturation at Optimum(%)	84.6
User Overridable Soil Water Characteristic Curve	
af	<input type="checkbox"/> 9.048
bf	<input type="checkbox"/> 3.25
cf	<input type="checkbox"/> 1.296
hr	<input type="checkbox"/> 168.1

OK Cancel

Figura 36. Propiedades del material granular (MEPDG)

Figura 37. Propiedades del material granular (MEPDG)

3.2.10.6.4 Subrasante Natural

De la misma forma que en el caso de la capa granular, los datos utilizados en el programa como: granulometría, índice de plasticidad y límite líquido (Figura 38), fueron igualmente los de la calicata Nro. 2 cuya clasificación AASHTO es A-2-6, pues se consideró que éste era el material predominante en el tramo de vía en estudio y el que representa el escenario más desfavorable. Respecto al valor utilizado para el Módulo Resiliente, en el caso de la propuesta del GAD es el obtenido de manera indirecta con el valor de CBR, en tanto que el valor del Módulo Resiliente de la propuesta propia fue obtenido mediante retrocálculo con base a la información de la deflectometría. (Figura 39)

Unbound Layer - Layer #4

Unbound Material: A-2-6 Thickness(in): Last layer

Strength Properties ICM

Range Mean

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	9.7
#100	
#80	
#60	
#50	
#40	17
#30	
#20	
#16	
#10	28
#8	
#4	36.2
3/8"	47
1/2"	51
3/4"	60
1"	65
1 1/2"	78
2"	91
2 1/2"	100
3"	100
3 1/2"	

Plasticity Index (PI)	16.39
Liquid Limit (LL)	36.59
Compacted Layer	<input type="checkbox"/> No
Index Properties from Sieve Analysis	
% Passing #200	9.7
% Passing #40	17.0
% Passing #4	36.2
D10 (mm)	0.08054
D20 (mm)	0.6484
D30 (mm)	2.47
D60 (mm)	19
D90 (mm)	48.91
User Overridable Index Properties	
Maximum Dry Unit Weight(pcf)	<input type="checkbox"/> 121.2
Specific Gravity, Gs	<input type="checkbox"/> 2.70
Sat. Hydraulic Conductivity(ft/hr)	<input type="checkbox"/> 6.3e-006
Optimum gravimetric water content(%)	<input type="checkbox"/> 10.4
Degree of Saturation at Optimum(%)	<input type="checkbox"/> 71.9
User Overridable Soil Water Characteristic Curve	
af	<input type="checkbox"/> 39.17
bf	<input type="checkbox"/> 1.214
cf	<input type="checkbox"/> 0.6382
hr	<input type="checkbox"/> 418

Figura 38. Propiedades del material de subrasante (MEPDG)

Figura 39. Propiedades del material de subrasante (MEPDG)

Con todos los datos introducidos en el programa se activa la pestaña Run Analysis (Figura 40) para que éste realice los cálculos necesarios, luego de lo cual arrojará los resultados en un archivo formato Excel (Figura 41).

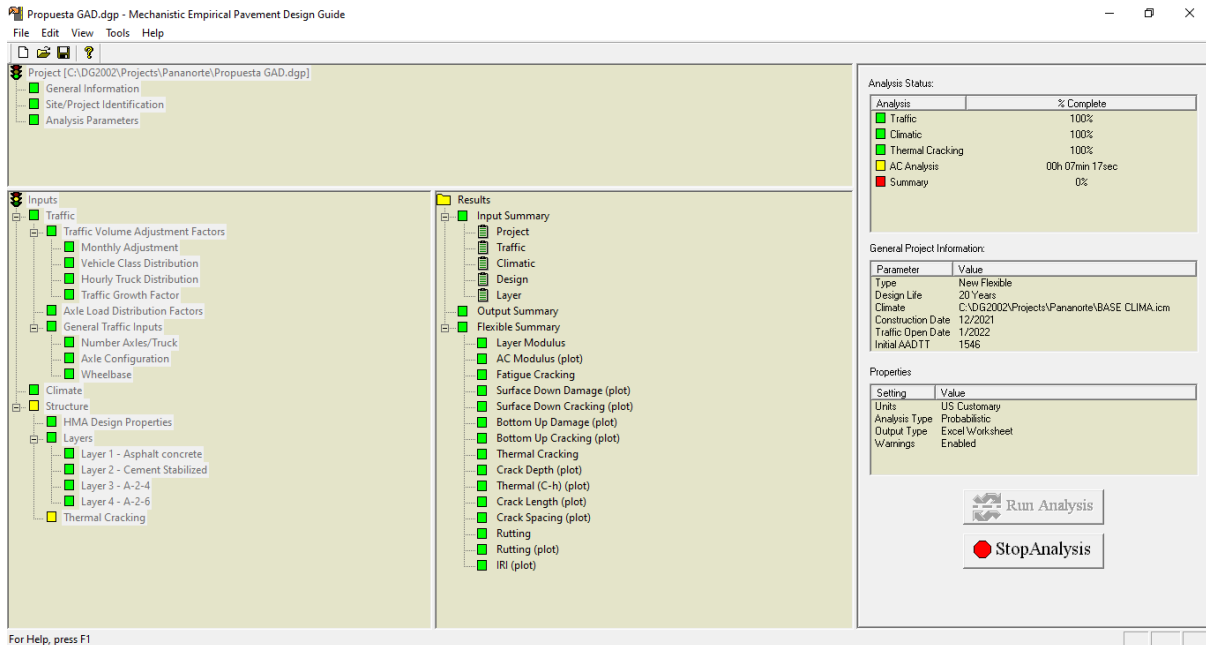


Figura 40. Cálculo de criterios de rendimiento (MEPDG)

Project: Propuesta GAD.dgp Reliability Summary

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Reliability Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	130	99.89	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0.1	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	85			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.08	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.24	99.999	Pass

Figura 41. Resultado de criterios de rendimiento (Excel)

Capítulo 4

4. Análisis y Discusión de Resultados

4.1 Índice de condición del pavimento

Los resultados obtenidos a partir de la información levantada entre el 12 y 15 de marzo de 2021, se pueden observar en la Figura 42 y nos llevan a la conclusión de que el tramo de vía se encuentra en condiciones de pobre a muy pobre conforme el rango de calificación de la Tabla 20. Si bien es cierto el 40% de las mediciones realizadas arrojan valores que se ubicarían dentro del rango 55 – 70, estos resultan ser muy cercanos al nivel inferior lo cual nos lleva incluir estos sectores en la condición inmediatamente inferior más aun, considerando que el mantenimiento aplicado a esta vía en los últimos años se ha limitado a la limpieza de señalización, cunetas, alcantarillas, espaldones y calzada.

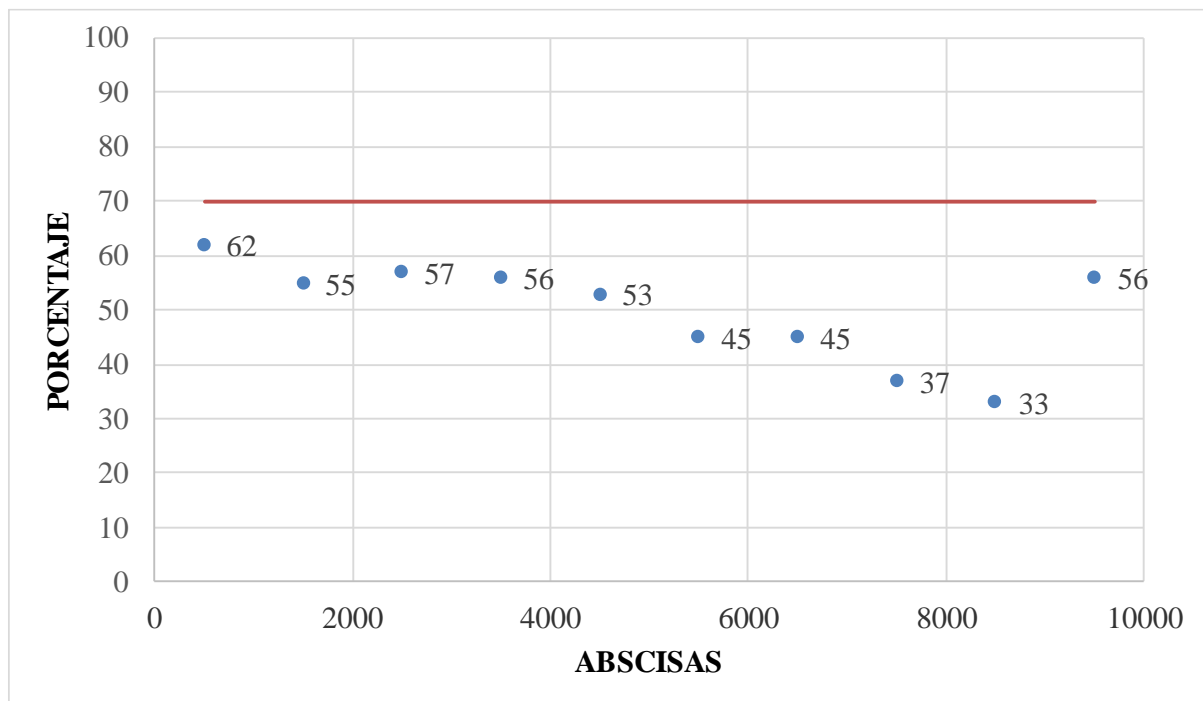


Figura 42. PCI Antigua Panamericana Norte tramo comprendido entre el Redondel de las Muñecas de Piedra y el Puente de Guangarcucho

Tabla 20. Rango de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Bueno
85 - 70	Satisfactorio
70 - 55	Aceptable
55 - 40	Pobre
40 - 25	Muy Pobre
25 - 10	Grave
10 - 0	Fallada

En el análisis de los daños identificados en el tramo de estudio se enlistan como los más comunes las fisuras y grietas por fatiga o piel de cocodrilo, fisuras o grietas por agrietamiento en bloque, abultamiento/hundimiento, fisuras y grietas longitudinales/transversales, parcheo, huecos, ahuellamiento y meteorización.

De estos deterioros, el abultamiento/hundimiento es el que menos se ha producido pues su aparición es puntual. El hundimiento más marcado ocurre previo al ingreso del puente sobre la quebrada de Molinopamba a la altura de la abscisa 1+040, en donde se observa además el colapso de la cuneta de desfogio de escorrentía superficial. Figura 43.



Figura 43. Hundimiento abscisa 1+040

Por otra parte, el deterioro más constante a lo largo de toda la vía es la meteorización con una intensidad mayoritariamente media, seguramente debido a la antigüedad del pavimento sumado a la alta circulación de volquetes que transportan material desde las minas hacia la

UCUENCA

ciudad de Cuenca, circunstancia que se ve agravada cuando existen derrames de material que sin duda alguna ocasionan el desgaste de la superficie del pavimento asfáltico. Figura 44.



Figura 44. Meteorización de intensidad media (0+000 y 9+200). Derrame de materiales pétreos (0+600)

En el recorrido de campo se observaron vestigios de la aplicación de algún tipo de tratamiento superficial al parecer ejecutado por el GAD Municipal de Cuenca hace varios años atrás pues al momento su estado es deficiente, como se puede observar en la Figura 45.



Figura 45. Tratamiento superficial en mal estado 5+600 y 8+200

Durante el levantamiento de la información, se identifica que las grietas longitudinales tienen su origen en la falta de confinamiento lateral derecho (Figura 46) y en defectos constructivos. (Figura 47).

Las grietas más recurrentes y de mayor intensidad se deben a la primera causa pues las condiciones topográficas produjeron un trazado en un constante corte-relleno. Estas grietas se han ido agravando con el transcurrir de los años ya sea por la carga de tráfico o por los agentes climáticos que además de deteriorar la estructura de la vía, ocasionan erosión en los taludes y por ende pérdida de soporte.



Figura 46. Fisuras longitudinales debido a la falta de confinamiento lateral (0+200 - 0+330 - 7+020)



Figura 47. Fisuras longitudinales por junta de carril (2+020 - 4+200)

En lo referente a la falla por fatiga o piel de cocodrilo, esta se sitúa en varios tramos de la vía en sitios puntuales, las de mayor intensidad son las que se ubican en los tramos 3+800 – 4+000 y 5+800 -6+000; no obstante, en el tramo comprendido entre las abscisas 7+600 hasta la 9+000 se torna más constante, presumiblemente por el incremento en la circulación de vehículos pesados que se conectan desde la Vía Rápida a esta vía por la Av. Del Bombero con destino a PETROECUADOR. (Figura 48)



Figura 48. Piel de cocodrilo y parcheo (7+600)

El agrietamiento en bloque se observa a lo largo de la vía y generalmente su aparición se limita a pequeñas áreas afectadas (Figura 49).



Figura 49. Agrietamiento en bloque (7+800)

Los huecos y parches son una constante; y, tanto sus dimensiones como sus intensidades presentan gran variación a lo largo de la vía. (Figura 50 y Figura 51)



Figura 50. Huecos (1+660 y 5+900)



Figura 51. Parcheo (8+400 y 9+400)

De manera complementaria, se realizó la revisión del estado del sistema de drenaje en donde se pudo observar que con el pasar de los años los sitios aledaños a la vía se fueron urbanizando y con ello se incrementó la necesidad de realizar descargas tanto de aguas servidas como de aguas lluvias esto, sumado a la necesidad de los propietarios de terrenos bajos de taponar las

alcantarillas para evitar daños en sus predios, provocan un acelerado deterioro de la estructura del pavimento en toda su longitud.



Figura 52. Drenaje en condiciones precarias (0+600), Alcantarilla taponada (1+800), Cuneta sin desfogue (4+400)

4.2 Estado de la capa de rodadura

A decir del informe de EVALUACION PRELIMINAR DEL ESTADO DE LA CARPETA ASFALTICA DE LA PANAMERICANA NORTE, L=9.50Km, la extracción se dificultó debido a que la carpeta asfáltica existente no tenía cohesión y con frecuencia se encontraba disgregada y saturada, esto debido a que, en la mayoría de los casos, la carpeta asfáltica estaba conformada por la superposición de diferentes capas. Esta particularidad impidió que se pueda llegar a las capas granulares, no obstante, se obtuvieron núcleos de espesores que oscilan entre los 10 y 21 cm.



Figura 53. Núcleos extraídos de la carpeta asfáltica

Fuente: EVALUACION PRELIMINAR DEL ESTADO DE LA CARPETA ASFALTICA DE LA PANAMERICANA NORTE, L=9.50Km, Informe Geotecnia, MTOP

El estado de saturación de los núcleos obtenidos confirma la mala calidad de drenaje que presenta todo el tramo analizado, a su vez la falta de cohesión y fácil disgregación nos dan una idea clara del grado de deterioro que tiene la carpeta asfáltica (Figura 53).

4.3 Secciones homogéneas

En la Tabla 21 se muestran las abscisas, la deflexión promedio y la deflexión característica de las secciones homogéneas determinadas con base a la información de la deflectometría realizada. En la Figura 54 y Figura 55 , podemos observar la curva de diferencias acumuladas y la gráfica de la deflexión promedio y característica de las secciones homogéneas determinadas.

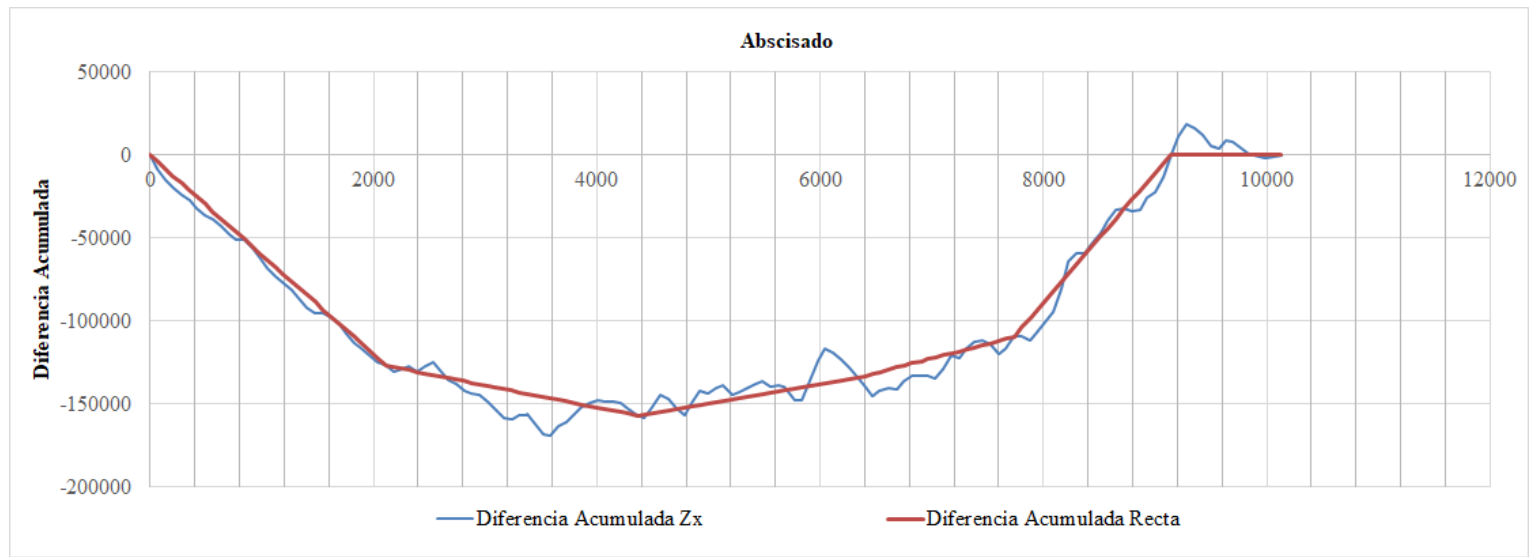


Figura 54. Curva Diferencias Acumuladas

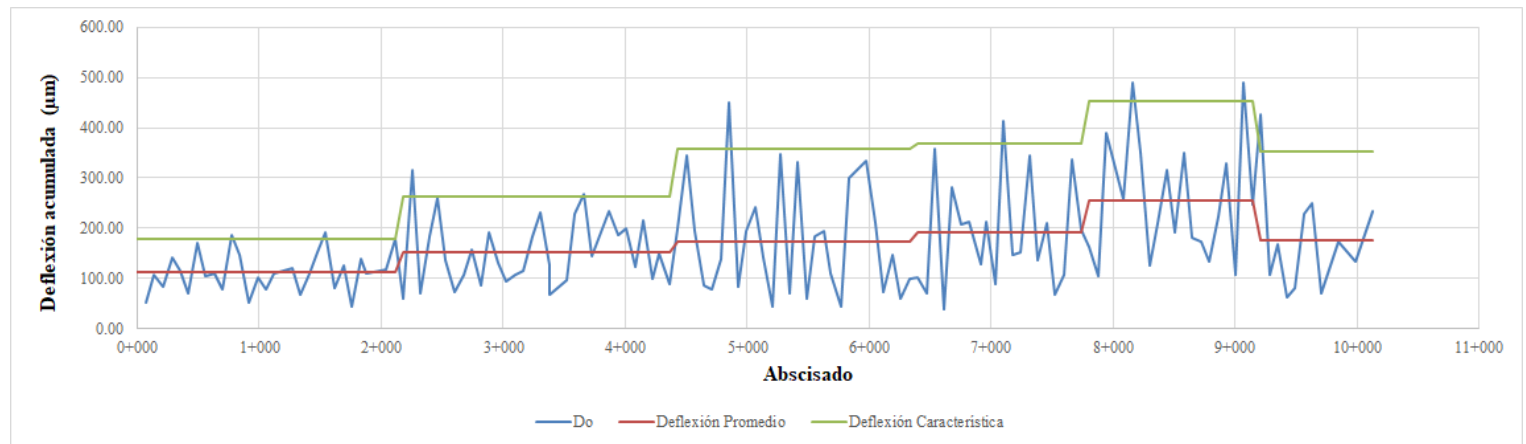


Figura 55. Secciones Homogénea

Tabla 21. Secciones homogéneas

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Deflexión Promedio μm	Deflexión Característica Prom+1,65*DE	Coefficiente de Variación
0+000	2+112	113.04	178.74	35.23
2+112	4+367	152.58	263.55	44.08
4+367	6+330	173.74	357.28	64.02
6+330	7+736	190.86	368.76	56.49
7+736	9+141	254.47	452.10	47.07
9+141	10+128	175.61	352.21	60.95

4.4 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio que se realizaron en las muestras obtenidas de las calicatas fueron granulometría y límites de Atterberg (Clasificación), Proctor Modificado y CBR. En la Tabla 22 y Tabla 23 se observan los límites de Atterberg y la clasificación del material granular y la subrasante a lo largo de la vía en los sitios previamente determinados, así también en la Tabla 24 se encuentran los resultados de CBR tanto del material granular como de la subrasante.

Tabla 22. Propiedades y Clasificación del Material Granular

CALICATA	ABSCISA	LÍMITES ATTERBERG			HUMEDAD Natural	CLASIFICACIÓN	
		LL	LP	IP		SUCS	AASHTO
		(%)	(%)	(%)			
C1	0+633	27.86	16.46	11.40	5.16	GP	A-2-6
C2	1+195	25.94	18.7	7.24	2.62	GP	A-2-4
C3	2+112	23.54	17.27	6.26	4.38	GP-GC	A-2-4
C4	3+938	27.73	18.9	8.82	5.97	GP	A-2-4
C5	6+962	25.11	19.6	5.51	5.97	GP	A-1-a
C6	7+453	25.37	19.03	6.34	2.14	GP-GC	A-2-4
C7	8+087	25.09	19.49	5.60	8.01	GP-GC	A-1-a
C8	9+142	25.09	19.49	5.60	8.08	GP-GC	A-1-a

Tabla 23. Propiedades y Calcificación de la Subrasante

CALI CATA	ABS CISA	LIMITES ATTERBERG			HUMEDAD	CLASIFICACIÓN	
		LL	LP	IP	Natural	SUCS	AASHTO
		(%)	(%)	(%)			
C1	0+633	34.33	19.71	14.62	14.76	GC	A-2-6
C2	1+195	36.59	20.2	16.39	6.16	GP-GC	A-2-6
C3	2+112	29.79	21.49	8.3	11.91	GC	A-2-4
C4	3+938	34.91	21.01	13.90	8.66	GW-GC	A-2-6
C5	6+962	63.15	27.65	35.50	6.16	CH	A-7-6
C6	7+453	27.13	17.33	9.80	9.57	SC	A-2-4
C7	8+087	30.27	19.24	11.03	9.57	SC	A-2-6
C8	9+142	30.22	20.43	9.79	8.99	SC	A-2-4

Tabla 24. Resultado Ensayo CBR del Material Granular y la Subrasante

CALICATA	ABSCISA	CBR MATERIAL GRANULAR	CBR SUBRASANTE
		(%)	(%)
C1	0+633	-	14.5
C2	1+195	33.5	20
C3	2+112	-	20.7
C4	3+938	-	25.7
C5	6+962	-	4.8
C6	7+453	32.5	25
C7	8+087	-	21
C8	9+142	-	22.9

En estos resultados se puede apreciar que evidentemente el material de subrasante de las secciones homogéneas 1, 2 y 3 comprendidas entre las abscisas 0+000 y 6+330 se encuentran compuestas por una mezcla de gravas arenas y arcillas, el material de la cuarta sección homogénea (6+330 - 7+736) se trataría de una arcilla inorgánica de alta plasticidad, en tanto que las secciones homogéneas 5 y 6 (7+736 – 10+128) estarían mayormente constituidas por arenas arcillosas.

La estratigrafía de la Figura 11, nos deja ver claramente que debido a las condiciones del material del tramo comprendido entre las abscisas 6+330 - 7+736, esta sección de la vía fue construida con una capa de mejoramiento de 55 cm.

4.5 Módulo resiliente

En la Tabla 25 se muestran los módulos resilientes de la subrasante obtenidos mediante retrocálculo con los métodos y programas planteados. En esta tabla también es posible visualizar que el error de cálculo del Módulo Resiliente obtenido con el programa ELLEA1 es menor que el obtenido con el programa EVERCALC.

Tabla 25. Módulo resiliente de la subrasante retrocalculado (Mrr)

ABSCISAS		AASHTO		YONAPAVE		EVERCALC		ELLEA1		ERROR	
INICIAL	FINAL	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	EVERCALC	ELLEA1
0+000	2+112	150.02	21758.23	112.03	16249.09	113.30	16432.81	124.20	18013.72	3.97	2.70
2+112	4+367	124.45	18050.29	109.06	15817.14	94.10	13648.08	99.66	14454.49	7.32	5.30
4+367	6+330	97.93	14203.98	104.09	15096.67	76.80	11138.92	82.35	11943.88	7.11	4.70
6+330	7+736	85.00	12328.41	70.77	10264.20	60.30	8745.79	65.28	9468.08	5.72	4.70
7+736	9+141	84.38	12238.60	75.23	10911.69	56.60	8209.15	60.11	8718.23	9.16	7.10
9+141	10+128	93.82	13607.39	73.90	10717.89	67.90	9848.08	71.71	10400.67	8.12	6.40

En la Figura 56, se puede observar que la diferencia entre la cuenca de deflexión medida versus la cuenca de deflexión obtenida mediante retrocálculo con el programa ELLEA1.

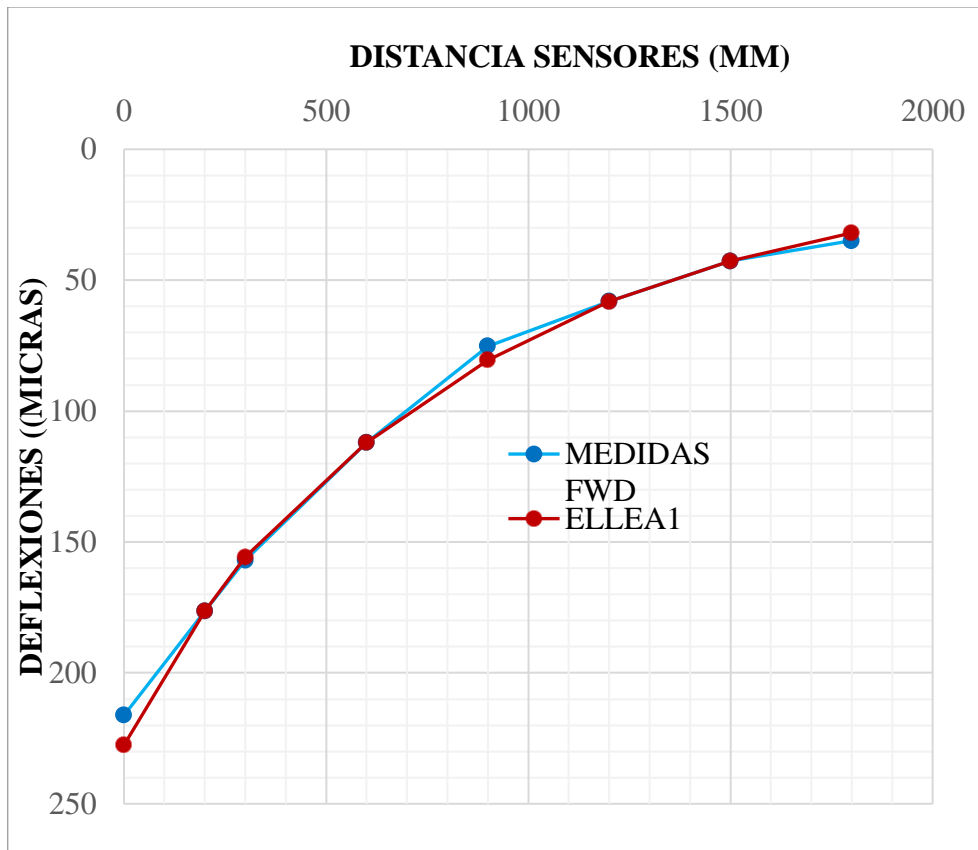


Figura 56. Cuencos de deflexión medidos vs calculados (Sección Homogénea 1)

En las diversas iteraciones realizadas en los programas EVERCALC y ELLEA1, se pudo observar que es posible obtener errores menores que los mostrados; sin embargo, los valores de los módulos obtenidos deben ser analizados para no incurrir en equívocos ya que, si bien el error disminuye, los valores módulos pueden resultar poco coherentes o encontrarse por mucho, fuera de los valores usuales.

Los resultados obtenidos mediante el método AASHTO y los programas EVERCALC y ELLEA1 guardan una correspondencia casi perfecta, no así con el método de YONAPAVE

En la Tabla 26 se exponen los valores del módulo resiliente de la subrasante (M_r) que fueron obtenidos una vez aplicado el factor de ajuste indicado en la metodología (0.35).

Tabla 26. Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)

ABSCISAS		AASHTO		YONAPAVE		EVERCAL		ELLEA1	
INICIAL	FINAL	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi
0+000	2+112	52.51	7615.38	39.21	5687.18	39.66	5751.48	43.47	6304.80
2+112	4+367	43.56	6317.60	38.17	5536.00	32.94	4776.83	34.88	5059.07
4+367	6+330	34.28	4971.39	36.43	5283.83	26.88	3898.62	28.82	4180.36
6+330	7+736	29.75	4314.94	24.77	3592.47	21.11	3061.03	22.85	3313.83
7+736	9+141	29.53	4283.51	26.33	3819.09	19.81	2873.20	21.04	3051.38
9+141	10+128	32.84	4762.59	25.86	3751.26	23.77	3446.83	25.10	3640.24

En la Tabla 27, se muestran los resultados del módulo resiliente de retrocálculo del material granular (Mrr) obtenidos con la ayuda de los softwares EVERCALC y ELLEA 1, así también el módulo resiliente de esta capa una vez aplicado el factor de ajuste indicado en la metodología (0.62).

Tabla 27. Módulos resilientes del material granular

ABSCISAS		EVERCALC (Mrr)		ELLEA1 (Mrr)		EVERCALC (Mr)		ELLEA1 (Mr)	
INICIAL	FINAL	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi
0+000	2+112	240.30	34852.63	177.10	25686.23	148.99	21608.63	109.80	15925.46
2+112	4+367	238.00	34519.04	212.34	30797.37	147.56	21401.81	131.65	19094.37
4+367	6+330	175.70	25483.18	126.05	18282.04	108.93	15799.57	78.15	11334.86
6+330	7+736	78.00	11312.96	70.87	10278.84	48.36	7014.04	43.94	6372.88
7+736	9+141	90.90	13183.95	67.92	9850.98	56.36	8174.05	42.11	6107.61
9+141	10+128	88.20	12792.35	72.08	10454.34	54.68	7931.26	44.69	6481.69

Para finalizar, en la Tabla 28, encontramos los módulos obtenidos por retrocálculo de la carpeta asfáltica, así como sus módulos obtenidos a partir de la corrección por temperatura. Considerando que los valores referenciales para carpetas asfálticas oscilan en el rango de 1500 Mpa a 3500 Mpa, se observa que esta capa se encuentra en franco deterioro.

Tabla 28. Módulos de la capa asfáltica

ABSCISAS		EVERCALC (Mrr)		ELLEA1 (Mrr)		EVERCALC (Mr)		ELLEA1 (Mr)	
INICIAL	FINAL	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi
0+000	2+112	2046.20	296776.76	2111.90	306305.75	2647.04	383921.01	2732.03	396248.06
2+112	4+367	1068.70	155002.11	1194.20	173204.38	1342.84	194763.53	1500.54	217635.08
4+367	6+330	708.00	102686.90	785.66	113950.56	1247.81	180980.46	1384.69	200832.08
6+330	7+736	748.30	108531.94	658.35	95485.77	1508.91	218849.43	1327.53	192542.46
7+736	9+141	505.50	73316.71	604.82	87721.88	1019.32	147839.62	1219.59	176886.96
9+141	10+128	742.10	107632.70	695.16	100824.62	1686.27	244573.70	1579.61	229103.69

4.6 Correlación entre los parámetros determinados con la deflectometría y los parámetros determinados con los ensayos de laboratorio (CBR)

En la Tabla 29 se muestran los valores de CBR determinados en laboratorio a partir de las muestras obtenidas en las calicatas practicadas. Cabe recordar que conforme lo manifestado en la metodología, los sitios de extracción de las muestras fueron definidos por el propio ministerio.

Tabla 29. Valores de CBR de la subrasante (Calicatas)

CALICATA	ABSCISA	CBR
		(%)
C1	0+633	14.5
C2	1+195	20
C3	2+112	20.7
C4	3+938	25.7
C5	6+962	4.8
C6	7+453	25
C7	8+087	21
C8	9+142	22.9

Conforme lo descrito en la metodología, en la Tabla 30 se muestran los valores del módulo resiliente retrocalculados con el programa EVERCALC.

Tabla 30. Módulo resiliente retrocalculado de la subrasante (Calicatas)

ABSCISAS	EVERCAL			CLASIFICACIÓN SUCS
	Mpa	Psi	ERROR	
0+633	143.50	20812.95	11.62	GC
1+195	80.80	11719.07	4.35	GP-GC
2+112	94.30	13677.08	4.86	GC
3+938	108.40	15722.12	6.91	GW-GC
6+962	50.10	7266.40	14.07	CH
7+453	64.60	9369.45	11.72	SC
8+087	52.90	7672.51	9.93	SC
9+141	61.90	8977.85	13.71	SC

Conforme las recomendaciones de la literatura, para buscar una correlación entre los valores de CBR y los valores de Módulos Retrocalculados los datos del material de la subrasante fueron discretizados según la clasificación SUCS, en este sentido en la Figura 57 se muestran los datos del tramo comprendido entre las abscisas 0+000 y 3+938 y en la Figura 58 se muestran los datos del tramo comprendido entre las abscisas 7+453 y 9+141.

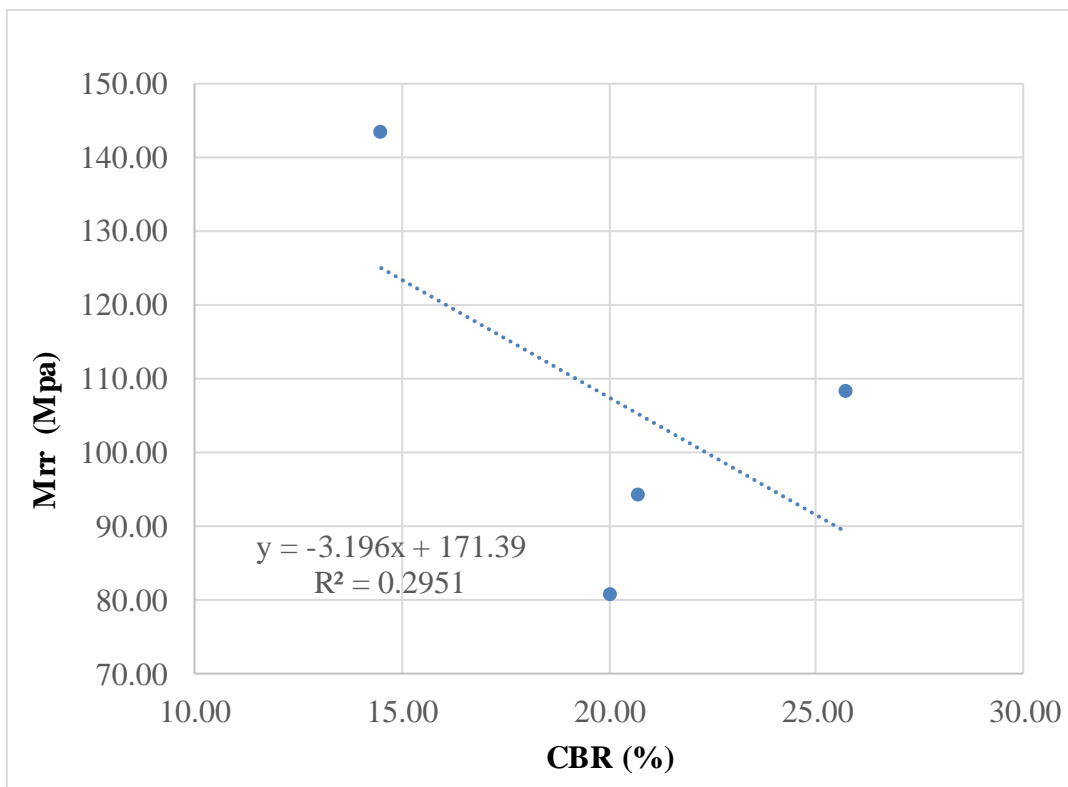


Figura 57. Correlación CBR-Mrr 0+000-3+938, Subrasante

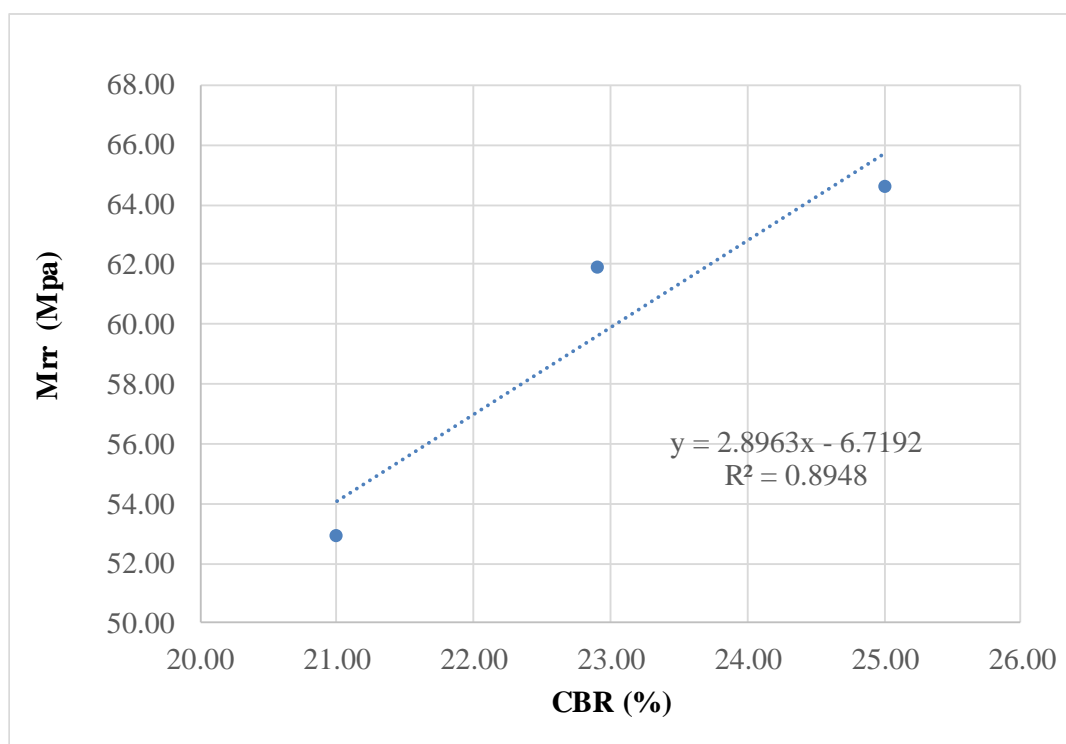


Figura 58. Correlación CBR-Mrr 7+453-9+141, Subrasante

Como se observa en la Figura 57, no es posible determinar un modelo matemático con el cual se produzca un buen ajuste en el primer tramo, no por ello se puede inferir la inexistencia de una correlación entre las variables analizadas ya que la cantidad de datos de CBR con los que se contaron no fueron estadísticamente significativos, siendo insuficientes para poder conseguir resultados concluyentes. Por este mismo motivo, contar con un $R^2=0.89$ en el segundo tramo (Figura 58) no asegura la existencia de una buena correlación

Por lo manifestado, se estima necesario la consecución de al menos 3 muestras por cada sección homogénea determinada en este trabajo, mas aún si consideramos que según los resultados de clasificación de suelos existen tres tramos definidos que tienen diferente composición, en cuyo caso y conforme la literatura revisada, debería contarse con un mínimo de 6 ensayos CBR para cada tipo de material de manera que puedan establecerse comparaciones y buscar una posible correlación por cada tipo de suelo analizado, lamentablemente los limitantes presupuestarios de la institución no permitieron la ejecución de un número mayor de calicatas.

4.7 Diseño de la estructura del pavimento del tramo evaluado

Previo a mostrar los resultados de diseño y dado a que la estructura planteada por el GAD Cuenca considera una capa compuesta por una base con material reciclado y estabilizada con cemento, es importante aclarar que la Guía de diseño AASHTO 2008 Empírico Mecanicista, advierte que los pavimentos semirrígidos (contienen en su estructura capas de materiales estabilizados ya sea con cemento, cal o cenizas volantes) no se incluyeron en el proceso de calibración global, por lo tanto no es muy recomendable utilizar el software M-EPDG para este análisis hasta que este tipo de pavimento haya sido calibrado.

En la Figura 59 se observa que el diseño presentado por el GAD Municipal del Cantón Cuenca, cumple con los criterios de rendimiento utilizados por el diseño empírico mecanicista, debe recordarse que los valores del módulo de la subrasante y material granular existente fueron calculados con fórmulas de correlación:

Performance Criteria	Distress	Reliability	Distress	Reliability	Acceptable
	Target	Target	Predicted	Predicted	
Terminal IRI (in/mi)	240	85	130	99.89	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0.1	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	85			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.08	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.24	99.999	Pass

Figura 59. Resultados Propuesta GAD Municipal del Cantón Cuenca.

En la primera y segunda columnas de la Figura 59, se visualizan los criterios de rendimiento que utiliza el método empírico mecanicista para la evaluación del desempeño del pavimento asfáltico y los valores establecidos por el diseñador como admisibles (límite) para cada uno de estos criterios. En la tercera columna se refleja el valor de confiabilidad utilizado para el diseño. La cuarta columna contiene los valores calculados por el programa al término de la vida útil; sin embargo, se pueden también visualizar los valores para cada uno de los criterios de rendimiento durante la vida útil es decir desde la entrada en funcionamiento hasta el final de la vida útil (anexos). La quinta columna contiene el porcentaje de confiabilidad que representan los valores calculados versus los valores límite, información con base a la cual, la última columna advertirá si la geometría planteada para la estructura del pavimento cumple o no los criterios de rendimiento.

Si bien el valor de IRI calculado se encuentra dentro de los valores mínimo y máximo es fundamental verificar que este cumpla con la normativa aplicable. En este caso se comprueba que el valor calculado por el programa al término de la construcción e inicio de la entrada en funcionamiento, 117.1 in/mi que equivalen a 1.85 m/km, es menor al requerido por las normas de construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para una vía nueva o reconstruida, 2.5 m/km.

UCUENCA

En la Figura 60, se visualizan los resultados de probar el diseño planteado por el GAD Cuenca en el escenario más desfavorable, es decir en los tramos de vía en los que la capa granular tiene un espesor máximo de 6.7 in y no 11.8 in como fue asumido.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	130.3	99.88	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0.2	99.99	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	85			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.07	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.25	99.999	Pass

Figura 60. Resultados Propuesta GAD Municipal del Cantón Cuenca, espesor más desfavorable

Según los datos arrojados por el programa, el diseño en el escenario más desfavorable, seguiría cumpliendo con los criterios de rendimiento; sin embargo, se puede apreciar que los valores de IRI, agrietamiento longitudinal y deformación permanente del pavimento se han visto ligeramente incrementados. El IRI calculado al final de la construcción y puesta en funcionamiento continúa cumpliendo con el requerimiento de las normas del MTOP (117.2 in/mi o 1.85m/km < 2,5m/km).

En la Figura 61, se visualizan los resultados del diseño utilizando los datos obtenidos en esta investigación y la misma estructura planteada por el GAD Cuenca.

Se identifica que el valor de IRI se ve incrementado a 158.5 in/mi que equivalen a 2.50 m/km y que existe falla por deformación permanente del pavimento.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	158.3	97.81	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	85			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.09	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.66	81.79	Fail

Figura 61. Resultados propuesta GAD con información de esta investigación

En la Figura 62 se muestran los resultados de cálculo para cuando la capa granular es la menor en tramo de vía estudiado, como era de esperarse, tanto el IRI como la deformación total del pavimento se ven incrementados; y, si bien el primer parámetro continúa cumpliendo con la normativa del MTOP a la entrada en operación de la vía (124.5 in/mi o 1.96 m/km), no así el segundo pues el programa advierte una falla de la estructura por deformación total del pavimento.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	163.3	96.85	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	85			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.09	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.79	37.39	Fail

Figura 62. Resultados propuesta GAD con información de esta investigación, espesor desfavorable

Por último, en la Figura 63 y Figura 64, se muestran los resultados de la geometría planteada en esta investigación en dos tramos los cuales cumplen con los criterios de rendimiento.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	159.5	97.6	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0.2	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.1	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.62	91.4	Pass

Figura 63. Resultados propuesta propia primer tramo

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	240	85	159.4	97.61	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	1000	85	0.1	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	85	0.2	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	85	1	99.999	Pass
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.5	85	0.11	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	85	0.62	91.41	Pass

Figura 64. . Resultados propuesta propia segundo tramo

Capítulo 5

5. Conclusiones y Recomendaciones

1. A partir de la evaluación funcional se puede concluir que la vía se encuentra en condiciones de pobre a muy pobre, si bien el 40% de las mediciones realizadas arrojan valores que se ubicarían dentro del rango aceptable, estos resultan ser muy cercanos al nivel inferior lo

cual nos lleva incluir estos sectores en la condición inmediatamente inferior considerando el marcado deterioro del drenaje que presenta la vía y que el mantenimiento aplicado en los últimos años se ha limitado a la limpieza de señalización, cunetas, alcantarillas, espaldones y calzada. Los deterioros más comunes son la meteorización, baches, piel de cocodrilo, bacheos y grietas longitudinales por falta de confinamiento del carril derecho. Adicional a ello, el sistema de drenaje se encuentra en pésimas condiciones.

2. Conforme el resultado obtenido con la extracción de núcleos se concluye que la carpeta asfáltica presenta un alto estado de deterioro ya que se encuentra disgregada, saturada y sin cohesión.
3. El alto grado de deterioro que presenta la estructura del pavimento explica que las deflexiones medidas en la vía presenten una importante variabilidad en toda su trayectoria, lo cual, si bien no impidió la definición de 6 secciones homogéneas, dificultó el cumplimiento del porcentaje admisible para el coeficiente de variación recomendado por la guía AASHTO (1993).
4. Los valores de CBR obtenidos en laboratorio para la subrasante compuesta por Gravas o Arenas oscilan entre el 14 y el 25% en tanto que para la subrasante compuesta por arcilla se encuentra en el 4%.
5. Los valores promedio obtenidos mediante retrocálculo para los Módulos Resilientes de la Subrasante (29.36 Mpa), Material Granular (75.06 Mpa) y Carpeta Asfáltica (1624.00 Mpa) confirman el resultado obtenido con la evaluación funcional y la extracción de núcleos, ya que estos valores bajos dan una idea clara de que las pésimas condiciones de drenaje que tiene la vía afectan sustancialmente en la resistencia de la estructura del pavimento.
6. Dado el estado de deterioro en el que se encuentra la estructura de vía se recomienda su rehabilitación ya que, bajo el análisis del costo beneficio, no es aconsejable realizar trabajos de mantenimiento correctivo como sello de fisuras, recapeo o bacheo mayor o menor.
7. La certeza en el cálculo de módulos resilientes mediante análisis inverso requiere de un buen nivel de conocimientos de métodos y softwares empleados para su obtención, así como un alto nivel de destreza y criterio técnico para definir parámetros requeridos para el cálculo y para analizar los resultados que se puedan obtener. Es por ello que realizar prospecciones mediante calicatas y ensayos de laboratorio de los materiales que conforman las diferentes capas de la estructura del pavimento resultan ser un complemento de gran utilidad en todo el proceso.

8. Por lo anotado, además de una revisión minuciosa y profunda de la bibliografía, se recomienda utilizar más de una herramienta para su cálculo y además realizar varias iteraciones ya que ello facilita la comprensión del comportamiento de las variables, incrementando la confianza en el cálculo y la obtención de resultados.
9. Para el retrocálculo de los módulos de la estructura del pavimento se estimó la profundidad de una capa rígida conforme las formulaciones encontradas en la bibliografía; sin embargo, se recomienda, en la medida de lo posible, realizar perforaciones que confirmen este valor debido a la fuerte influencia que representa este parámetro en el cálculo.
10. Limitar el retrocálculo a operaciones matemáticas constituye un error que podría derivar en sobre estimación de los módulos de los materiales analizados y por ende en diseños insuficientes.
11. No fue posible encontrar una correlación entre los módulos retrocalculados y los CBR obtenidos en laboratorio debido a que la cantidad de datos de CBR con los que se contaron no fueron estadísticamente significativos, resultando insuficientes para conseguir resultados concluyentes. Por ello, si bien entre mayor sea el tamaño de la muestra mejores resultados se obtendrán, atendiendo a las recomendaciones bibliográficas, debe contarse al menos con un número mínimo de muestras por cada tipo de suelo identificado, de manera se pueda evaluar el comportamiento y llegar a establecer comparaciones, así como una posible correlación por cada tipo de suelo analizado. Por otra parte, sería ideal contar con una verificación de la deflectometría practicada en cada punto para confirmar la información.
12. Si bien, la estructura obtenida mediante el método puramente empírico por el GAD Cuenca cumple con los criterios de rendimiento del método empírico mecanicista, debe considerarse que los módulos fueron obtenidos a partir de los ensayos de CBR mediante fórmulas de correlación que arrojaron módulos representativamente mayores a los obtenidos en esta investigación mediante retrocálculo a partir del ensayo de deflectometría. Esto explica que la misma estructura al ser sometida al análisis empírico mecanicista con los módulos producto del retrocálculo ya no cumpla con los criterios de rendimiento.
13. Esta premisa nos lleva a concluir que se debe ser muy cuidadosos a la hora de escoger ecuaciones de correlación pues no necesariamente podrían estar representando el comportamiento y las propiedades del tipo de suelo analizado.
14. Para la calibración a nivel local de los criterios de rendimiento utilizados por el programa MEPDG se requiere de mediciones, ensayos e información que no fue posible obtener en

UCUENCA

durante este trabajo de titulación, a excepción del clima. Lamentablemente varios de los parámetros necesarios para la calibración requieren de instrumentos o equipos especiales con los que no se cuenta en el país ya sea por la poca importancia que se le da en nuestro medio a la investigación en el área de carreteras o a la falta de asignación de recursos para estos rubros.

Bibliografía

Anochie-Boateng, J., Tutumluer, E., Apeageyi, A., & Ochieng, G. (2010). Resilient behavior characterization of geomaterials for pavement design

Cárdenas, E (2015). Estudios para la Ciclo ruta Cuenca – Azogues – Biblián y sendas peatonales, sobre la antigua Línea Férrea, 11-14-15.

Chang-Albitres, C., Vidal-Valencia, J., Bustos-Bustos, M., Delgadillo-Blando, R., & Loría-Salazar, L. G. (2013). Aplicabilidad del método mecanístico-empírico de diseño de pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica.

Suárez, E. A. G. (2017). Factores para el ajuste de los módulos de retrocálculo de pavimentos flexibles. *Ciencia, Innovación y Tecnología*, 3, 73-89

Huang, Y. H. (1993). Pavement analysis and design. Carmichael Iii, R. F., & Stuart, E. (1985). Predicting resilient modulus: A study to determine the mechanical properties of subgrade soils (abridgment). *Transportation Research Record*, (1043)

Kim, D., & Siddiki, N. Z. (2006). Simplification of resilient modulus testing for subgrades. *Joint Transportation Research Program*, 265.

Dione, A., Fall, M., Berthaud, Y., Benboudjama, F., & Michou, A. (2014). Implementation of resilient modulus–CBR relationship in mechanistic pavement design. *Sciences Appliquées et de l'Ingénieur*, 1(2), 65-71.

Vásquez Varela, L. R. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. *Ingepav. Manizales*, febrero.

Erlingsson, S. (2007). On forecasting the resilient modulus from the CBR value of granular bases. *Road materials and pavement design*, 8(4), 783-797.

Lekarp, F., Isacson, U., & Dawson, A. (2000). State of the art. I: Resilient response of unbound aggregates. *Journal of transportation engineering*, 126(1), 66-75.

Garg, N., Larkin, A., & Brar, H. (2009). A comparative subgrade evaluation using CBR, vane shear, light weight deflectometer, and resilient modulus tests. In *Proceedings of the 8th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (Vol. 5, pp. 57-64)*.

Arshad, M. (2019). Development of a correlation between the resilient modulus and CBR value for granular blends containing natural aggregates and RAP/RCA materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019.

Brown, S. F., & Selig, E. T. (1991). The design of pavement and rail track foundations. In *Cyclic loading of soils: from theory to design (pp. 249-305)*.

Thompson, M. R., & Robnett, Q. L. (1976). Resilient Properties of Subgrade Soils, Final Report-Data Summary (Transportation Engineering Series No. 14, Illinois Cooperative Highway Research and Transportation Program Series No. 160). Urbana-Champaign, IL: University of Illinois at Urbana-Champaign.

Hight, D. W., & Stevens, M. G. H. (1982). An analysis of the California Bearing Ratio test in saturated clays. *Geotechnique*, 32(4), 315-322

Drumm, E. C., Boateng-Poku, Y., & Johnson Pierce, T. (1990). Estimation of subgrade resilient modulus from standard tests. *Journal of Geotechnical Engineering*, 116(5), 774-789

George, K. P. (2004). Prediction of resilient modulus from soil index properties (No. FHWA/MS-DOT-RD-04-172). University of Mississippi.

Hossain, S., Dickerson, G. M., & Weaver, C. B. (2005). Comparative Study of VTM and AASHTO Test Method for CBR. Co Materials Division, VDOT.

Sukumaran, B., Kyatham, V., Shah, A., & Sheth, D. (2002, May). Suitability of using california bearing ratio test to predict resilient modulus. In *Proceedings: Federal aviation administration airport technology transfer conference* (p. 9).

Lakshami, S. M., Ragapriya, M., Sindhoora, K., & Udhayatharini, N. (2019). Establishment of correlation between CBR and resilient modulus of subgrade. *Int. J. Civil Eng.*, 6(5), 44-49.

Lakshmi, S. M., Subramanian, S., Lalithambikhai, M. P., Vela, A. M., & Ashni, M. (2016). Evaluation of soaked and unsoaked CBR values of soil based on the compaction characteristics. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 28(2).

Pérez García, N., Garnica Anguas, P., González Rufino, J. L., Curiel Iñiguez, N. P., & Ruiz Sanginez, M. J. (2016). Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación. *PUBLICACION TECNICA*, (475)

Chen, D. H., Bilyeu, J., Lin, H. H., & Murphy, M. (2000). Temperature correction on falling weight deflectometer measurements. *Transportation research record*, 1716(1), 30-39.

Higuera-Sandoval, C. H. (2010). Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. *Facultad de Ingeniería*, 19(28), 73-92

Pérez Salazar, A., Garnica Anguas, P., Gómez López, J. A., & MARTINEZ PENA, G. E. (2004). Uso y calibración de deflectómetros de impacto en la evaluación estructural de pavimentos. *PUBLICACION TECNICA*, (252).

Thenoux, G., & Gaete, R. (1995). Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico.

AASHTO. (1993) *Guide for Design of Paviment Structures*. Washington D.C., E.E.U.U. Published American association of state highway and transportation.

Transportation Officials. (2008). *Mechanistic-empirical pavement design guide: a manual of practice*. AASHTO

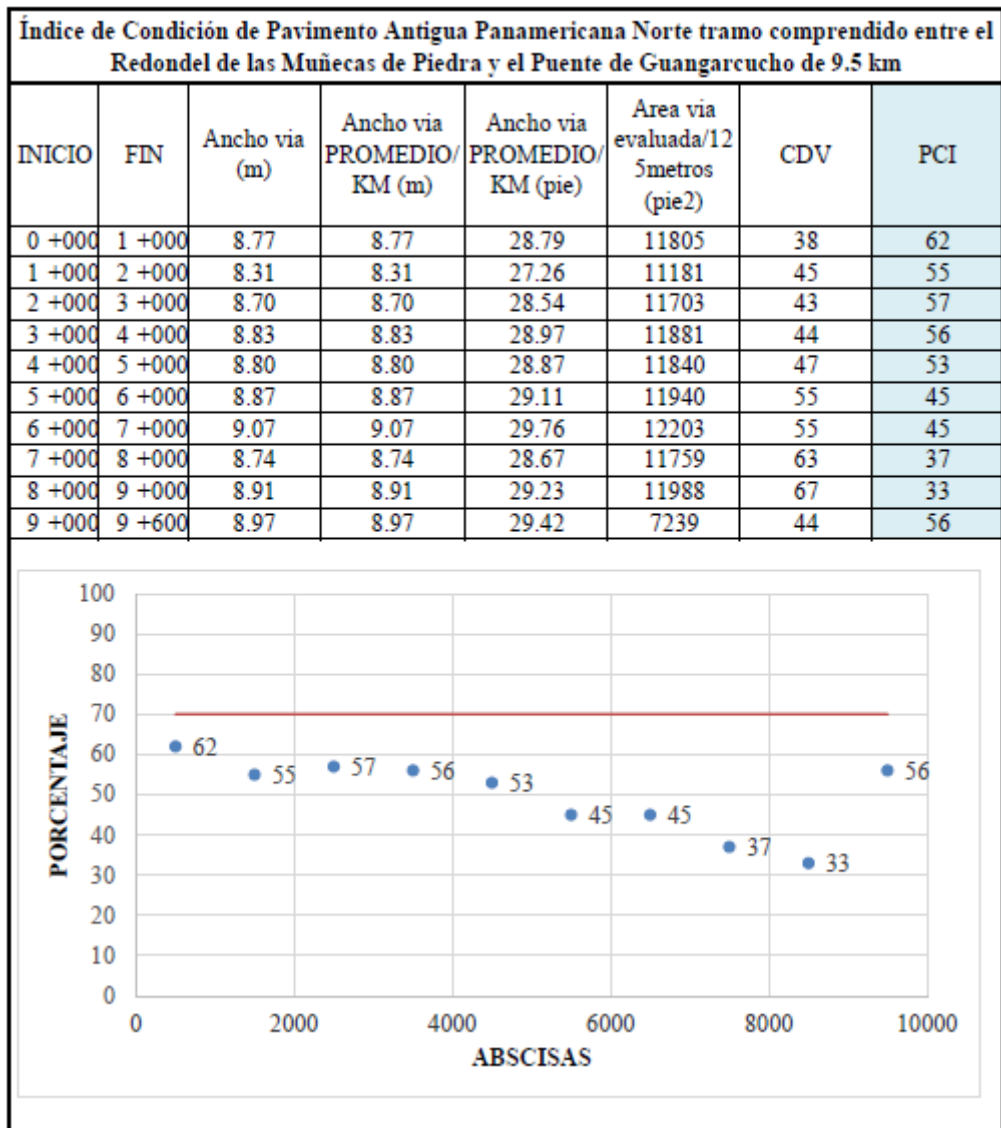
ATM D6433. (2007). Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys. ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.

Guzman-Suarez, E. A., & Higuera-Sandoval, C.H. (2016). Comparación entre módulo resiliente de la subrasante determinado en el laboratorio y el retrocalculado, factor de ajuste C. Ingenio Magno, 762-83.

Erlingsson 12, S. (2011). Mechanistic Rutting Performance Modelling of Pavement Structures.

6. Anexos

6.1 Índice de condición del pavimento



6.2 Levantamiento deterioros para PCI 0+000 – 1+000

KM 0+000 - 1+000																															
ABSCISA	0+000-0+200						0+200-0+400						0+400-0+600						0+600-0+800												
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H							
Piel de cocodrilo	m2																														
Exudacion	m2																														
Agrietamiento en bloque	m2																														
Abult y Hundimiento	m2																														
Grieta long/transversal	m	3.33	3.33	x			15	15.00	x			4.78	4.78	x			13.4	13.40	x			1	1.00	x							
		6.47	6.47	x			5.39	5.39	x			16.9	16.90	x			7.23	7.23	x												
		1.56	1.56	x								5	5.00	x																	
Parqueo	m2	1.8	1	1.80	x							2	0.8	1.60		x															
		2.28	1.56	3.56	x																										
Huecos		0.3	0.05	0.02	x		0.4	0.03	0.01	x							0.5	0.02	0.01	x											
																	0.3	0.02	0.01	x											
Ahuellamiento	m2																2.4	0.02	0.05	x											
Meteorización	m2	10	7.18	71.80	x		0.30	0.30	0.09		x	0.40	18.00	7.20	x		4	20.00	80.00	x		0.30	0.7	0.21		x					
		0.30	1	0.30	x		4	25	100.00	x		0.6	0.6	0.36		x	0.7	4	2.80		x	0.6	20	12.00	x						
		7.30	6	43.80	x							3	12	36.00	x		3	6	18.00	x											
																0.5	0.4	0.20		x											
OBSERVACION																															

6.4 Levantamiento deterioros para PCI 2+000 – 3+000

KM 2+000 - 3+000																														
ABSCISA	2+000-2+200						2+200-2+400						2+400-2+600						2+600-2+800						2+800-3+000					
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H
Piel de cocodrilo	m2																							2	1.8	3.60			x	
Exudación	m2																													
Agrietamiento en bloque	m2																	2.2	1.2	2.64		x								
																		1.3	1.6	2.08		x								
Abult y Hundimiento	m2																													
Grieta long/transversal	m	18.70	18.70		x		7.9	7.90		x		14.6	14.60		x		28.07	28.07		x			20	20.00			x			
Parqueo	m2																													
Huecos		0.2	0.01	0.00	x		0.4	0.01	0.00	x		0.4	0.05	0.02		x							0.5	0.01	0.01		x			
		0.4	0.02	0.01	x							0.2	0.02	0.00	x															
												0.2	0.02	0.00	x															
Ahuellamiento	m2																													
Meteorización	m2	1.50	10.00	15.00		x	4	25	100.00		x	3.5	25	87.50		x	3	25.00	75.00		x		4.00	25	100.00		x			
		1.2	16	19.20		x	1.8	0.4	0.72		x						2	25	50.00		x		5	12	60.00		x			
OBSERVACION																														

6.5 Levantamiento deterioros para PCI 3+000 – 4+000

KM 3+000 - 4+000																																		
ABSCISA	3+000-3+200					3+200-3+400					3+400-3+600					3+600-3+800					3+800-4+000													
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H										
Piel de cocodrilo	m2																		1	1.2	1.20		x			3.5	7	24.50		x				
Exudacion	m2																																	
Agrietamiento en bloque	m2																		1.2	10	12.00		x											
Abult y Hundimiento	m2																																	
Grieta long/transversal	m		12.00	12.00		x		24	24.00		x			26	26.00		x			8	8.00		x			13	13.00		x					
																				10	10.00		x			12	12.00		x					
Parqueo	m2																																	
Huecos		0.95	0.01	0.01		x		0.5	0.02	0.01		x																						
								0.6	0.02	0.01		x																						
								1.1	0.03	0.03		x																						
Ahuellamiento	m2																																	
Meteorización	m2	3	25.00	75.00		x		3.50	25.00	87.50		x		1.00	25.00	25.00		x		0.5	10.00	5.00		x		0.50	2.5	1.25				x		
		2.00	10	20.00		x																				2.3	25	57.50				x		
																										2.00	0.6	1.20					x	
																										3	12	36.00					x	
OBSERVACION																																		

6.6 Levantamiento deterioros para PCI 4+000 – 5+000

KM 4+000 - 5+000																													
ABSCISA	4+000-4+200					4+200-4+400					4+400-4+600					4+600-4+800					4+800-5+000								
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H					
Piel de cocodrilo	m2	0.8	8.8	7.04	x														0.8	2	1.60								
		1.2	1.2	1.44	x																								
Exudación	m2																												
Agrietamiento en bloque	m2																												
Abult y Hundimiento	m2																												
Grieta long/transversal	m	15.00	15.00	x			4	4.00	x				20	20.00	x				15	15.00	x				20	20.00	x		
							4.00	4.00	x																				
Parqueo	m2																												
Huecos																			1	0.02	0.02	x			0.4	0.01	0.00	x	
Ahuellamiento	m2																												
Meteorización	m2	3.5	7.00	24.50		x	2.00	24.00	48.00		x		1.70	9.00	15.30		x		1.5	10.00	15.00		x		2.80	25	70.00		x
		0.90	4.5	4.05		x							1.4	16	22.40		x		1.2	1.7	2.04		x		3.6	5.3	19.08		x
		1.40	0.4	0.56		x							2.3	6.9	15.87		x		0.9	5.3	4.77		x		1.60	6.7	10.72		x
		1.2	8	9.60		x							1.2	6.7	8.04		x												
OBSERVACION																													

6.7 Levantamiento deterioros para PCI 5+000 – 6+000

KM 5+000 - 6+000																																					
ABSCISA	5+000-5+200						5+200-5+400						5+400-5+600						5+600-5+800						5+800-5+000												
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H							
Piel de cocodrilo	m2	1.9	1.9	3.61		x																								2.6	3.1	8.06				x	
		2.5	2.1	5.25		x																															
Exudacion	m2																																				
Agrietamiento en bloque	m2																							2	5	10.00				x							
																								1.9	1.1	2.09				x							
Abult y Hundimiento	m2																																				
Grieta long/transversal	m	27.00	27.00	x			8	8.00		x		5	5.00		x								13	13.00		x		3.2	3.20		x						
											6.00	6.00		x		20	20.00		x											10	10.00		x				
Parqueo	m2	1.75	9.4	16.45		x					1.5	10	15.00		x		1	3	3.00		x																
Huecos																							0.3	0.02	0.01		x										
																							0.3	0.02	0.01		x										
Ahuellamiento	m2																																				
Meteorización	m2	2.5	25.00	62.50		x					0.60	7.00	4.20		x		1.00	10.00	10.00		x		3.6	4.00	14.40		x		0.60	6.5	3.90		x				
											0.9	6.7	6.03		x		4	3.5	14.00		x		1.5	15	22.50		x										
											5	25	125.00		x		1.2	7	8.40		x		1.6	3	4.80		x										
OBSERVACION																																					

6.8 Levantamiento deterioros para PCI 6+000 – 7+000

KM 6+000 - 7+000																																				
ABSCISA	6+000-6+200						6+200-6+400						6+400-6+600						6+600-6+800						6+800-7+000											
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H						
Piel de cocodrilo	m2	1.3	0.7	0.91		x												0.4	1.5	0.60		x		0.7	0.8	0.56		x								
Exudacion	m2																																			
Agrietamiento en bloque	m2	1.70	0.60	1.02		x																		3	3.1	9.30		x								
Abult y Hundimiento	m2																																			
Grieta long/transversal	m	12.00	12.00	x			8.5	8.50		x		11	11.00		x								9	9.00		x										
											2.00	2.00		x																						
Parqueo	m2	1.2	4.6	5.52		x					1.7	2	3.40		x		1.8	0.8	1.44		x		0.3	8	2.40		x									
		1.4	6	8.40		x																														
Huecos		1	0.03	0.03		x										0.3	0.02	0.01		x							0.75	0.03	0.02		x					
		0.4	0.07	0.03		x										0.2	0.01	0.00		x							0.8	0.02	0.02		x					
																0.4	0.01	0.00		x							0.3	0.02	0.01		x					
Ahuellamiento	m2																																			
Meteorización	m2	1.6	25.00	40.00		x					2.50	25.00	62.50		x		2.50	2.00	5.00		x		3	10.00	30.00		x		3.00	20	60.00		x			
																4.3	25	107.50		x		2.5	3.2	8.00		x		0.7	4.7	3.29		x				
																						3.2	10	32.00		x										
OBSERVACION																																				

6.9 Levantamiento deterioros para PCI 7+000 – 8+000

KM 7+000 - 8+000																														
ABSCISA	7+000-7+200						7+200-7+400						7+400-7+600						7+600-7+800						7+800-8+000					
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H
Piel de cocodrilo	m2																	1	5.6	5.60	x			1.5	2	3.00		x		
																		1.2	6	7.20	x				0.9	8	7.20	x		
																								1.5	2.1	3.15		x		
																								1.5	2.3	3.45		x		
Exudacion	m2																													
Agrietamiento en bloque	m2																	1.5	12	18.00		x								
Abult y Hundimiento	m2																													
Grieta long/transversal	m		6.00	6.00		x							10	10.00	x			5	5.00		x			13	13.00		x			
			3.0	3.00		x							1	1.00	x			1.5	1.50		x									
Parqueo	m2	1.2	12	14.40		x																		1	10	10.00		x		
																								1.5	18	27.00		x		
Huecos		0.3	0.02	0.01		x		0.8	0.04	0.03		x	0.3	0.03	0.01		x													
		0.5	0.02	0.01		x		0.7	0.04	0.03		x																		
		0.8	0.02	0.02		x		0.75	0.04	0.03		x																		
Ahuellamiento	m2	0.4	8.9	3.56		x																								
Meteorización	m2	1.9	0.95	1.81		x	3.50	10.00	35.00		x	0.50	1.90	0.95		x	2.1	20.00	42.00		x		2.00	12	24.00		x			
		0.30	8	2.40		x	3.5	25	87.50		x	1.2	8.5	10.20		x	3.7	10	37.00		x									
		1.80	10	18.00		x						1.5	19	28.50		x														
		0.8	3	2.40		x																								
OBSERVACION																														

6.10 Levantamiento deterioros para PCI 8+000 – 9+000

KM 8+000 - 9+000																														
ABSCISA	8+000-8+200						8+200-8+400						8+400-8+600						8+600-8+800						8+800-9+000					
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H
Piel de cocodrilo	m2	1.5	5	7.50		x	2	7	14.00		x	0.8	1.2	0.96		x								1	4	4.00		x		
		1.5	15	22.50		x																		1.2	4	4.80		x		
		2.1	5	10.50		x																								
Exudacion	m2																													
Agrietamiento en bloque	m2																													
Abult y Hundimiento	m2						1	3.2	3.20		x																			
Grieta long/transversal	m		20.00	20.00		x		8.5	8.50		x		7	7.00		x		7	7.00		x			1	1.00		x			
								4.50	4.50		x																			
								4.6	4.60		x																			
Parqueo	m2	2	20	40.00		x						1.5	15	22.50		x	1.5	23	34.50		x									
												2.1	4.5	9.45		x														
												2.5	3	7.50		x														
Huecos							0.8	0.03	0.02		x																			
							0.4	0.03	0.01		x																			
Ahuellamiento	m2																													
Meteorización	m2	3	25.00	75.00		x	5.00	4.60	23.00		x	3.50	10.00	35.00		x	5	15.00	75.00		x		1.00	5	5.00		x			
							4.5	4	18.00		x	3.5	3	10.50		x	0.5	0.5	0.25		x		1	3	3.00		x			
OBSERVACION																														

6.11 Levantamiento deterioros para PCI 9+000 – 9+440

KM 9+000 - 9+440																									
ABSCISA	9+000-9+200						9+200-9+400						9+400-9+440												
	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	Ancho	Largo	Total	L	M	H	
Piel de cocodrilo	m2	0.8	2	1.60	x																				
		0.7	0.7	0.49	x																				
Exudacion	m2																								
Agrietamiento en bloque	m2	0.90	6.00	5.40	x																				
Abult y Hundimiento	m2																								
Grieta long/transversal	m		5.30	5.30	x		8.3	8.30	x				3.4	3.40	x										
Parqueo	m2					0.7	19	13.30	x		0.8	1	0.80	x											
											1	3	3.00	x											
Huecos																									
Ahuellamiento	m2																								
Meteorización	m2	7	20.00	140.00	x	2.60	25.00	65.00	x	8.00	20.00	160.00	x												
		0.40	0.4	0.16	x	1.5	25	37.50	x																
		0.70	3	2.10	x																				
OBSERVACION																									

6.12 Clasificación C1 0+633 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div>						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 0+663		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑÓNEZ		
CALICATA: C1		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9681495.00 N, 727670.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	1,974	1,974	23	77	-	---
2 ½"	-	1,974	23	77	567.80	494.60
2"	622	2,596	31	69	0.00	14.80
1 ½"	233	2,829	33	67	647.80	566.70
1"	520	3,349	40	60	15.73	14.72
¾"	348	3,697	44	56	14.76	
½"	500	4,197	50	50		
⅜"	238	4,435	53	47	18	16.00
N°4	471	4,906	58	(41.9)	25	26.00
< N°4		3541.50	(41.9)		w	36.00
N°8						
N°10	128	128	66	34	28.42	25.01
N°40	196	323	78	22	15.44	35.63
N°50					24.61	15.43
N°100					27.27	24.43
N°200	115	439	85	(15.3)	9.66	19.75
< N°200		251.00	(15.3)		9.66	20.31
TOTAL	8,448					34.33
GRANULOMETRIA POR LAVADO ANTES DEL LAVADO 754 grms DESPUES DEL LAVADO 690 grms					LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)	
GRAVA	58 %	HUMEDAD NATURAL:		14.76 %		
ARENA	27 %	LIMITE LIQUIDO:		34.33		
FINOS	15 %	INDICE PLASTICO:		14.62		
CLASIFICACION:		SUCS		GC		
AASTHO		A-2-6		0.0	0.0	
Descripción del material :			Grava limo-arcillosa con arena			
OBSERVACIONES :						

6.13 Clasificación C2 1+195 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																								
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 1+195		FECHA: 11/12/2020																				
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																				
CALICATA: C2		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9681949.00 N, 727998.00 E																				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																								
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																		
3"	-	-	-	100	-	----																		
2 ½"	-	-	-	100	-	-																		
2"	902	902	9	91	-	-																		
1½"	1,244	2,146	22	78	-	-																		
1"	1,182	3,328	35	65	-	-																		
¾"	543	3,871	40	60	-	-																		
½"	799	4,670	49	51	-	-																		
3/8"	458	5,128	53	47	-	-																		
N°4	994	6,122	64	(36.2)	-	-																		
< N°4	-	3468.00	(36.2)	-	-	-																		
N°8	-	-	-	-	-	-																		
N°10	100	100	72	28	-	-																		
N°40	136	236	83	17	-	-																		
N°50	-	-	-	-	-	-																		
N°100	-	-	-	-	-	-																		
N°200	84	320	90	(9.7)	-	-																		
< N°200	-	116.40	(9.7)	-	-	-																		
TOTAL	9,590					6.16																		
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">ANTES DEL LAVADO</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">463 grms</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">DESPUES DEL LAVADO</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">436 grms</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	463 grms	DESPUES DEL LAVADO	436 grms	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">w</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">15.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">17</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">22.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">25</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">28.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">80</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">---</td> </tr> </tbody> </table>		LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)		w	15.00	17	22.00	25	28.00	80	---		
GRANULOMETRIA POR LAVADO																								
ANTES DEL LAVADO	463 grms																							
DESPUES DEL LAVADO	436 grms																							
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																								
w	15.00																							
17	22.00																							
25	28.00																							
80	---																							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">i</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">11.10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">80</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">---</td> </tr> </tbody> </table>					LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)		i	11.10	80	---	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">w</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">15.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">17</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">22.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">25</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">28.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">80</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">---</td> </tr> </tbody> </table>		HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)		w	15.00	17	22.00	25	28.00	80	---		
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)																								
i	11.10																							
80	---																							
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																								
w	15.00																							
17	22.00																							
25	28.00																							
80	---																							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">INDICE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">IP</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">16.39</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">80</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">---</td> </tr> </tbody> </table>					INDICE PLASTICO (ASTM D4318)		IP	16.39	80	---	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">INDICE DE GRUPO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">IG</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		INDICE DE GRUPO (ASTM D4318)		IG	0.0								
INDICE PLASTICO (ASTM D4318)																								
IP	16.39																							
80	---																							
INDICE DE GRUPO (ASTM D4318)																								
IG	0.0																							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Grava</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">64 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Arena</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">27 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Finos</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">10 %</td> </tr> </tbody> </table>					DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		Grava	64 %	Arena	27 %	Finos	10 %	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">6.16 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">36.59</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">16.39</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL:	6.16 %	LIMITE LIQUIDO:	36.59	INDICE PLASTICO:	16.39	INDICE DE GRUPO:	0.0
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL																								
Grava	64 %																							
Arena	27 %																							
Finos	10 %																							
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL																								
HUMEDAD NATURAL:	6.16 %																							
LIMITE LIQUIDO:	36.59																							
INDICE PLASTICO:	16.39																							
INDICE DE GRUPO:	0.0																							
Descripción del material : Grava mal graduada con arcilla y arena																								
OBSERVACIONES :																								

6.14 Clasificación C3 2+112 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 2+112		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C3		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9682660.00 N, 728585.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	----
2"	548	548	6	94	-	----
1 ½"	730	1,278	14	86	-	----
1"	937	2,215	25	75	-	----
¾"	409	2,624	29	71	-	----
½"	715	3,339	37	63	-	----
3/8"	466	3,805	43	57	-	----
N°4	767	4,572	51	(48.8)	-	----
< N°4		4353.00	(48.8)		-	----
N°8					-	----
N°10	120	120	62	38	-	----
N°40	132	252	73	27	-	----
N°50					-	----
N°100					-	----
N°200	137	389	85	(15.4)	-	----
< N°200		178.80	(15.4)		-	----
TOTAL	8,925					

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	PROMEDIO
-	----	857.90	767.40	0.00	11.79	
-	----	920.30	821.50	0.00	12.03	11.91
21	12.00	25.83	23.46	15.95	31.56	
31	18.00	26.22	23.69	15.39	30.48	
15	26.00	27.30	24.73	16.09	29.75	
						29.79

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
20	----	11.64	11.28	9.62	21.69	
i	----	11.05	10.80	9.64	21.55	21.49
80	----	11.45	11.14	9.68	21.23	

GRANULOMETRIA POR LAVADO

ANTES DEL LAVADO **620** grms

DESPUES DEL LAVADO **567** grms

GRAVA	51 %
ARENA	33 %
FINOS	15 %

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	11.91 %
SUCS	GC	LIMITE LIQUIDO:	29.79
AASTHO	A-2-4	INDICE PLASTICO:	8.30
		INDICE DE GRUPO:	0.0

Descripción del material : Grava limo-arcillosa con arena

OBSERVACIONES :

HUMEDAD vs # DE GOLPES.

Curva Granulométrica

6.15 Clasificación C4 3+938 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																																																																																																								
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA : 3+938		FECHA: 11/12/2020																																																																																																				
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																																																																																																				
CALICATA: c4		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9683891.00 N, 729903.00 E																																																																																																				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																																																																																																								
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																																																																																																			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																																																																																																		
3"	-	-	-	100	-	----																																																																																																		
2 ½"	-	-	-	100	-	----																																																																																																		
2"	-	-	-	100	-	----																																																																																																		
1½"	520	520	22	78	-	----																																																																																																		
1"	214	734	31	69	-	----																																																																																																		
¾"	114	848	35	65	-	----																																																																																																		
½"	161	1,009	42	58	-	----																																																																																																		
3/8"	94	1,103	46	54	-	----																																																																																																		
N°4	164	1,267	53	(47.2)	-	----																																																																																																		
< N°4		1131.00	(47.2)		-	----																																																																																																		
N°8					-	----																																																																																																		
N°10	1,523	1,523	64	36	-	----																																																																																																		
N°40	406	1,929	80	20	-	----																																																																																																		
N°50					-	----																																																																																																		
N°100					-	----																																																																																																		
N°200	260	2,189	91	(8.7)	-	----																																																																																																		
< N°200		2189.00	(8.7)		-	----																																																																																																		
TOTAL	2,398																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">ANTES DEL LAVADO</th> <th style="text-align: right;">grms</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">DESPUES DEL LAVADO</th> <th style="text-align: right;">grms</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRAVA</td> <td style="text-align: right;">53 %</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td style="text-align: right;">38 %</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td style="text-align: right;">9 %</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	grms	DESPUES DEL LAVADO	grms	GRAVA	53 %	ARENA	38 %	FINOS	9 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">8.66%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">34.91</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SUCS</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">GW-GC</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">13.90</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">AASTHO</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">A-2-6</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		HUMEDAD NATURAL:	8.66%	LIMITE LIQUIDO:	34.91	SUCS	GW-GC	INDICE PLASTICO:	13.90	AASTHO	A-2-6	INDICE DE GRUPO:	0.0																																																																										
GRANULOMETRIA POR LAVADO																																																																																																								
ANTES DEL LAVADO	grms																																																																																																							
DESPUES DEL LAVADO	grms																																																																																																							
GRAVA	53 %																																																																																																							
ARENA	38 %																																																																																																							
FINOS	9 %																																																																																																							
HUMEDAD NATURAL:	8.66%																																																																																																							
LIMITE LIQUIDO:	34.91																																																																																																							
SUCS	GW-GC																																																																																																							
INDICE PLASTICO:	13.90																																																																																																							
AASTHO	A-2-6																																																																																																							
INDICE DE GRUPO:	0.0																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Descripción del material :</td> <td colspan="6" style="padding: 5px;">Grava bien graduada con arcilla y arena</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">OBSERVACIONES :</td> <td colspan="6" style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table>							Descripción del material :	Grava bien graduada con arcilla y arena						OBSERVACIONES :																																																																																										
Descripción del material :	Grava bien graduada con arcilla y arena																																																																																																							
OBSERVACIONES :																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: center; padding: 5px;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">50</td> <td style="padding: 5px;">----</td> <td style="padding: 5px;">11.00</td> <td style="padding: 5px;">10.71</td> <td style="padding: 5px;">9.29</td> <td style="padding: 5px;">20.42</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">40</td> <td style="padding: 5px;">----</td> <td style="padding: 5px;">11.24</td> <td style="padding: 5px;">10.97</td> <td style="padding: 5px;">9.73</td> <td style="padding: 5px;">21.77</td> <td style="padding: 5px;">21.01</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">10</td> <td style="padding: 5px;">----</td> <td style="padding: 5px;">11.89</td> <td style="padding: 5px;">11.49</td> <td style="padding: 5px;">9.57</td> <td style="padding: 5px;">20.83</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </thead> </table>					LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)							50	----	11.00	10.71	9.29	20.42		40	----	11.24	10.97	9.73	21.77	21.01	10	----	11.89	11.49	9.57	20.83		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: center; padding: 5px;">HUMEDAD vs # DE GOLPES</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">50.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">45.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">40.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">35.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">30.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">25.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">20.0</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">10</td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">100</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td colspan="5" style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"># DE GOLPES</td> </tr> </thead> </table>		HUMEDAD vs # DE GOLPES							50.0							45.0							40.0							35.0							30.0							25.0							20.0							10						100							# DE GOLPES
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																																																																																																								
50	----	11.00	10.71	9.29	20.42																																																																																																			
40	----	11.24	10.97	9.73	21.77	21.01																																																																																																		
10	----	11.89	11.49	9.57	20.83																																																																																																			
HUMEDAD vs # DE GOLPES																																																																																																								
50.0																																																																																																								
45.0																																																																																																								
40.0																																																																																																								
35.0																																																																																																								
30.0																																																																																																								
25.0																																																																																																								
20.0																																																																																																								
10						100																																																																																																		
						# DE GOLPES																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">Curva Granulométrica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">100</td> <td style="padding: 5px;">100</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">90</td> <td style="padding: 5px;">80</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">80</td> <td style="padding: 5px;">70</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">70</td> <td style="padding: 5px;">60</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">60</td> <td style="padding: 5px;">50</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">50</td> <td style="padding: 5px;">40</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">40</td> <td style="padding: 5px;">30</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">30</td> <td style="padding: 5px;">20</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">20</td> <td style="padding: 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">10</td> <td style="padding: 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">0</td> <td style="padding: 5px;">100</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">0.1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">0.01</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">0.001</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">Tamaño de las partículas (mm)</td> </tr> </tbody> </table>							Curva Granulométrica		100	100	90	80	80	70	70	60	60	50	50	40	40	30	30	20	20	10	10	0	0	100		10		1		0.1		0.01		0.001		Tamaño de las partículas (mm)																																																														
Curva Granulométrica																																																																																																								
100	100																																																																																																							
90	80																																																																																																							
80	70																																																																																																							
70	60																																																																																																							
60	50																																																																																																							
50	40																																																																																																							
40	30																																																																																																							
30	20																																																																																																							
20	10																																																																																																							
10	0																																																																																																							
0	100																																																																																																							
	10																																																																																																							
	1																																																																																																							
	0.1																																																																																																							
	0.01																																																																																																							
	0.001																																																																																																							
	Tamaño de las partículas (mm)																																																																																																							

6.16 Clasificación C5 6+962 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA : 6+962		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C5		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685394.00 N, 732505.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA		
3"	-	-	-	100		
2 ½"	-	-	-	100		
2"	-	-	-	100		
1 ½"	-	-	-	100		
1"	-	-	-	100		
¾"	101	101	11	89		
½"	14	115	13	87		
3/8"	14	129	14	86		
N°4	22	150	17	(83.1)		
< N°4		740.90	(83.1)			
N°8						
N°10	188	188	21	79		
N°40	64	251	28	72		
N°50						
N°100						
N°200	33	284	32	(68.1)		
< N°200		294.24	(68.1)			
TOTAL	891					

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	PROMEDIO
-	----	217.20	204.60	0.00	6.16	6.16
21	15.00	21.71	19.45	15.95	64.57	
15	26.00	22.00	19.71	16.09	63.26	
31	41.00	21.90	19.42	15.39	61.54	
						63.15

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
x	---	11.07	10.76	9.64	27.68	
20	---	11.28	10.92	9.63	27.91	27.65
52	---	11.14	10.82	9.65	27.35	

GRANULOMETRIA POR LAVADO

ANTES DEL LAVADO - grms

DESPUES DEL LAVADO 578 grms

GRAVA	17 %	
ARENA	15 %	
FINOS	68 %	

	HUMEDAD NATURAL:	6.16 %
CLASIFICACION:	LIMITE LIQUIDO:	63.15
SUCS	INDICE PLASTICO:	35.50
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	24.0

Descripción del material : Arcilla densa y tipo grava con arena

OBSERVACIONES :

Curva Granulométrica

6.17 Clasificación C6 7+453 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																																			
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 7+453		FECHA: 11/12/2020																															
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																															
CALICATA: C6		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685397.00 N, 732969.00 E																															
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																																			
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																														
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																													
3"	-	-	-	100	-	----																													
2 ½"	-	-	-	100	-	-																													
2"	-	-	-	100	-	-																													
1 ½"	835	835	10	90	-	-																													
1"	797	1,632	19	81	-	-																													
¾"	400	2,032	24	76	-	-																													
½"	506	2,538	30	70	-	-																													
3/8"	314	2,852	34	66	-	-																													
N°4	611	3,463	41	(59.3)	-	-																													
< N°4		5040.00	(59.3)		-	-																													
N°8					-	-																													
N°10	106	106	49	51	-	-																													
N°40	220	326	67	33	-	-																													
N°50					-	-																													
N°100					-	-																													
N°200	232	558	86	(14.4)	-	-																													
< N°200		179.60	(14.4)		-	-																													
TOTAL	8,503					27.13																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">ANTES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">781 grms</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">DESPUES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">737 grms</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	781 grms	DESPUES DEL LAVADO	737 grms	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">x</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">10.88</td> <td style="padding: 2px;">10.69</td> <td style="padding: 2px;">9.61</td> <td style="padding: 2px;">17.59</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">8.22</td> <td style="padding: 2px;">8.02</td> <td style="padding: 2px;">6.88</td> <td style="padding: 2px;">17.54</td> <td style="padding: 2px;">17.33</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">20</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">10.58</td> <td style="padding: 2px;">10.44</td> <td style="padding: 2px;">9.61</td> <td style="padding: 2px;">16.87</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </tbody> </table>		LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)		x	----	10.88	10.69	9.61	17.59		3	----	8.22	8.02	6.88	17.54	17.33	20	----	10.58	10.44	9.61	16.87	
GRANULOMETRIA POR LAVADO																																			
ANTES DEL LAVADO	781 grms																																		
DESPUES DEL LAVADO	737 grms																																		
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																																			
x	----	10.88	10.69	9.61	17.59																														
3	----	8.22	8.02	6.88	17.54	17.33																													
20	----	10.58	10.44	9.61	16.87																														
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="padding: 2px;">GRAVA</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">41 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ARENA</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">45 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">FINOS</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">14 %</td> </tr> </table>		GRAVA	41 %	ARENA	45 %	FINOS	14 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">CLASIFICACION:</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">9.57 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">SUCS</td> <td style="padding: 2px;">SC</td> <td style="padding: 2px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">27.13</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">AASTHO</td> <td style="padding: 2px;">A-2-4</td> <td style="padding: 2px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">9.80</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">0.0</td> </tr> </table>		CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	9.57 %	SUCS	SC	LIMITE LIQUIDO:	27.13	AASTHO	A-2-4	INDICE PLASTICO:	9.80			INDICE DE GRUPO:	0.0										
GRAVA	41 %																																		
ARENA	45 %																																		
FINOS	14 %																																		
CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	9.57 %																																
SUCS	SC	LIMITE LIQUIDO:	27.13																																
AASTHO	A-2-4	INDICE PLASTICO:	9.80																																
		INDICE DE GRUPO:	0.0																																
Descripción del material : Arena arcillosa con grava		OBSERVACIONES :																																	

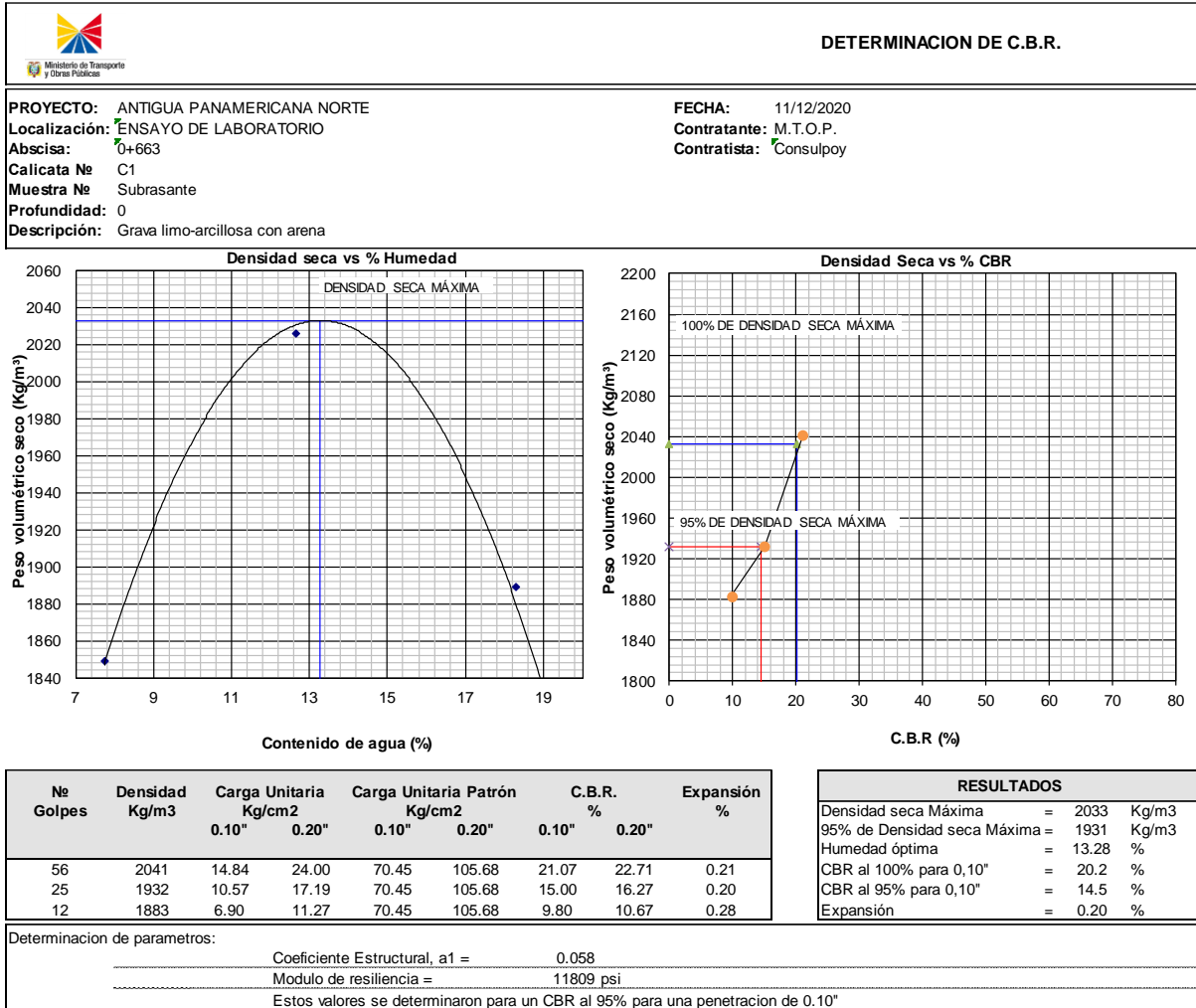
6.18 Clasificación C7 8+087 Subrasante

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA : 8+087		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C7		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685355.00 N, 733601.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	-
2"	-	-	-	100	-	-
1½"	849	849	8	92	-	-
1"	848	1,697	16	84	-	-
¾"	441	2,138	20	80	-	-
½"	481	2,619	25	75	-	-
3/8"	315	2,934	28	72	-	-
N°4	1,053	3,987	38	(62.2)	-	-
< N°4		6559.00	(62.2)		-	-
N°8					-	-
N°10	145	145	48	52	-	-
N°40	175	320	59	41	-	-
N°50					-	-
N°100					-	-
N°200	285	605	78	(21.6)	-	-
< N°200		321.50	(21.6)		-	-
TOTAL	10,546					30.27
GRANULOMETRIA POR LAVADO ANTES DEL LAVADO 1,000 grms DESPUES DEL LAVADO 927 grms						
GRAVA	38 %					
ARENA	41 %					
FINOS	22 %					
CLASIFICACION:			HUMEDAD NATURAL:	9.57 %		
SUCS	SC		LIMITE LIQUIDO:	30.27		
AASTHO	A-2-6		INDICE PLASTICO:	11.03		
			INDICE DE GRUPO:	0.0		
Descripción del material :			Arena arcillosa con grava			
OBSERVACIONES :						


6.19 Clasificación C8 9+142 Subrasante

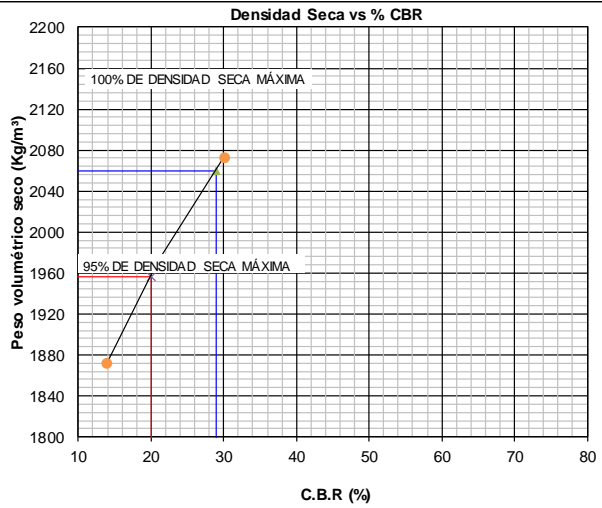
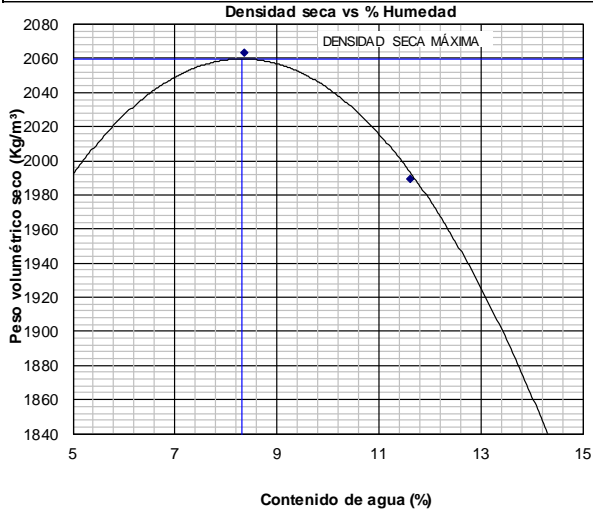
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 9+142		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Subrasante		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C8		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685520.00 N, 734618.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	-
2"	-	-	-	100	-	-
1 ½"	261	261	3	97	-	-
1"	559	820	11	89	-	-
¾"	156	976	13	87	-	-
½"	358	1,334	17	83	-	-
3/8"	303	1,637	21	79	-	-
N°4	694	2,331	30	(69.8)	-	-
< N°4	-	5375.00	(69.8)	-	-	-
N°8	-	-	-	-	-	-
N°10	69	69	39	61	-	-
N°40	177	247	62	38	-	-
N°50	-	-	-	-	-	-
N°100	-	-	-	-	-	-
N°200	169	415	84	(16.0)	-	-
< N°200	-	123.60	(16.0)	-	-	-
TOTAL	7,706					8.99
GRANULOMETRÍA POR LAVADO					LIMITE PLÁSTICO (ASTM D4318)	
ANTES DEL LAVADO 581 grms					20	
DESPUES DEL LAVADO 539 grms					50	
GRAVA	30 %				40	---
ARENA	54 %				11.59	11.25
FINOS	16 %				9.61	20.73
CLASIFICACION:					11.24	10.91
SUCS					9.27	20.12
AASTHO					11.84	11.47
SC					9.66	20.44
A-2-4					20.43	
INDICE PLÁSTICO:					30.22	
INDICE DE GRUPO:					9.79	
0.0					20.43	
Descripción del material :					Arena arcillosa con grava	
OBSERVACIONES :						

6.20 CBR C1 0+633 Subrasante



6.21 CBR C2 1+195 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 1+195 Calicata №: C2 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Grava mal graduada con arcilla y arena	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy



Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2073	21.14	27.71	70.45	105.68	30.00	26.22	0.21
25	1970	14.68	16.75	70.45	105.68	20.84	15.85	0.28
12	1872	9.75	11.16	70.45	105.68	13.83	10.56	0.66

RESULTADOS		
Densidad seca Máxima	=	2060 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	=	1957 Kg/m3
Humedad óptima	=	8.32 %
CBR al 100% para 0,10"	=	29.0 %
CBR al 95% para 0,10"	=	20.0 %
Expansión	=	0.28 %


Determinación de parámetros:

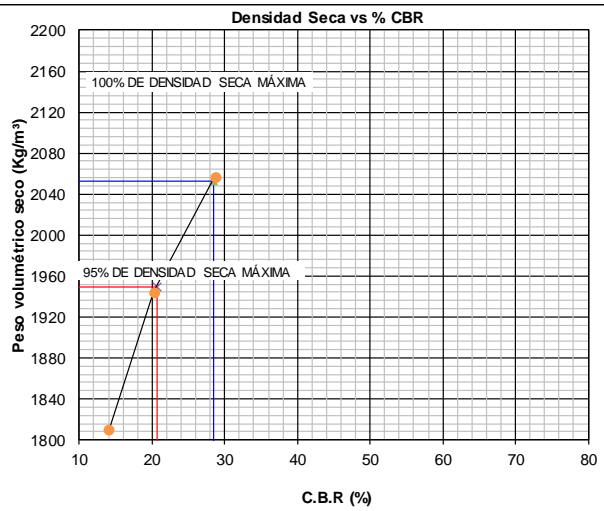
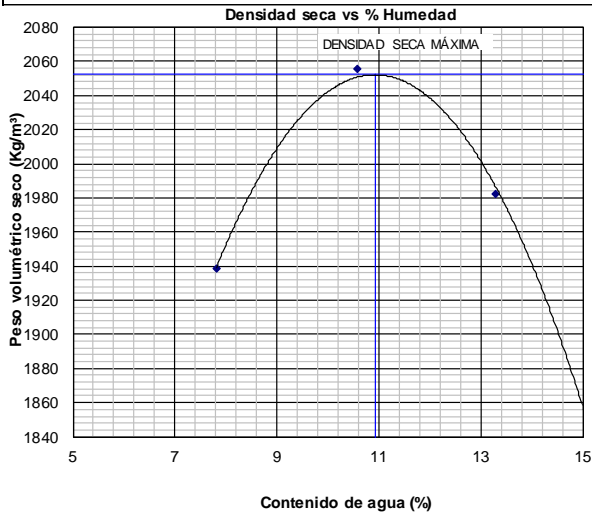
Coeficiente Estructural, $a_1 = 0.072$

Modulo de resiliencia = 13201 psi

Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"

6.22 CBR C3 2+112 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 2+112 Calicata №: C3 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Grava limo-arcillosa con arena	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy



Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2057	20.17	35.49	70.45	105.68	28.64	33.58	0.48
25	1944	14.26	24.66	70.45	105.68	20.24	23.33	0.62
12	1810	9.89	15.83	70.45	105.68	14.03	14.98	0.73

RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2052 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 1950 Kg/m3
Humedad óptima	= 10.92 %
CBR al 100% para 0,10"	= 28.4 %
CBR al 95% para 0,10"	= 20.7 %
Expansión	= 0.62 %


Determinación de parámetros:

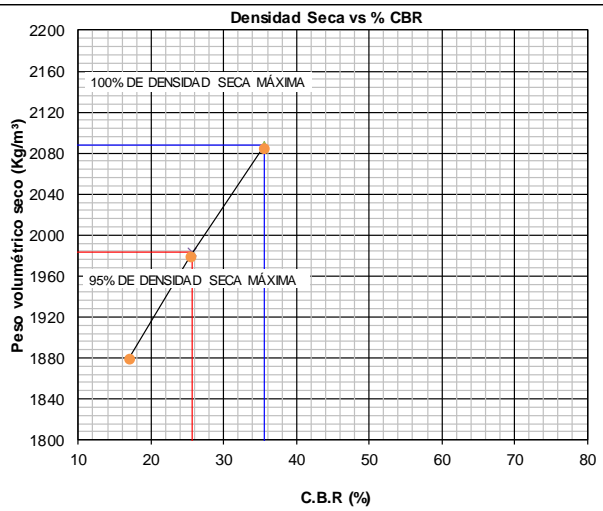
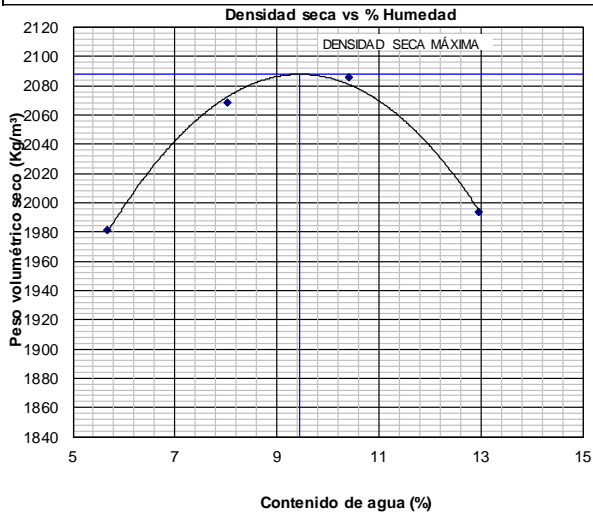
Coeficiente Estructural, $a_1 = 0.073$

Modulo de resiliencia = 13349 psi

Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetración de 0.10"

6.23 CBR C4 3+938 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 3+938 Calicata №: c4 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Grava bien graduada con arcilla y arena	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy

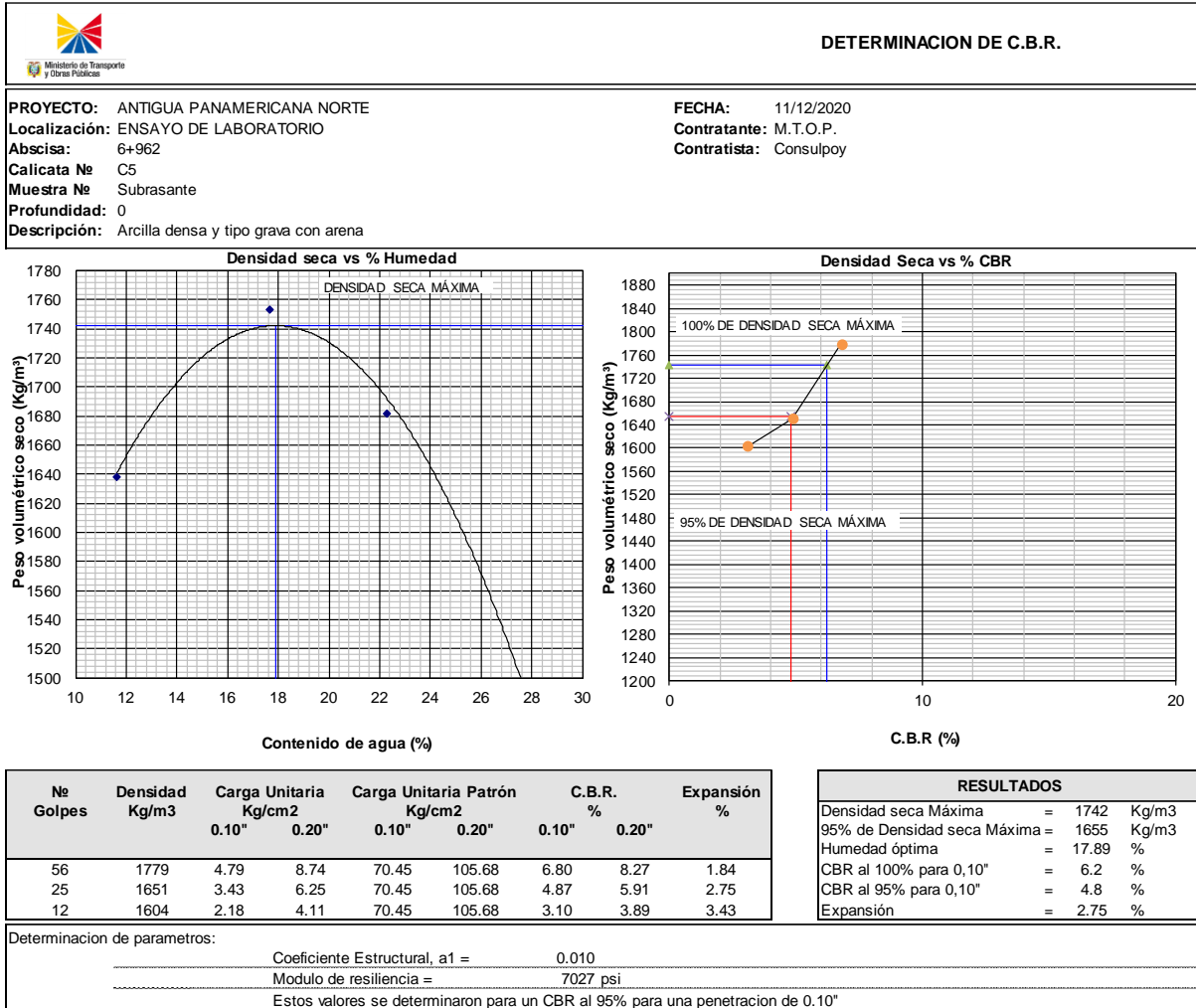


Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2085	24.99	34.27	70.45	105.68	35.47	32.42	0.13
25	1979	17.85	23.96	70.45	105.68	25.34	22.67	0.16
12	1879	11.91	15.99	70.45	105.68	16.90	15.13	0.22


RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2088 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 1984 Kg/m3
Humedad óptima	= 9.46 %
CBR al 100% para 0,10"	= 35.5 %
CBR al 95% para 0,10"	= 25.7 %
Expansión	= 0.16 %

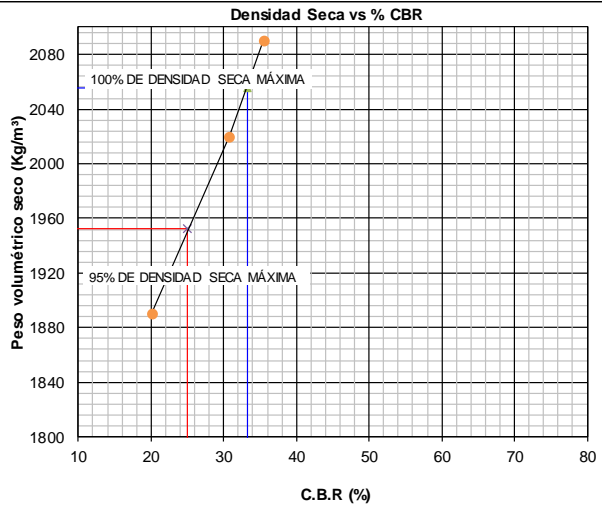
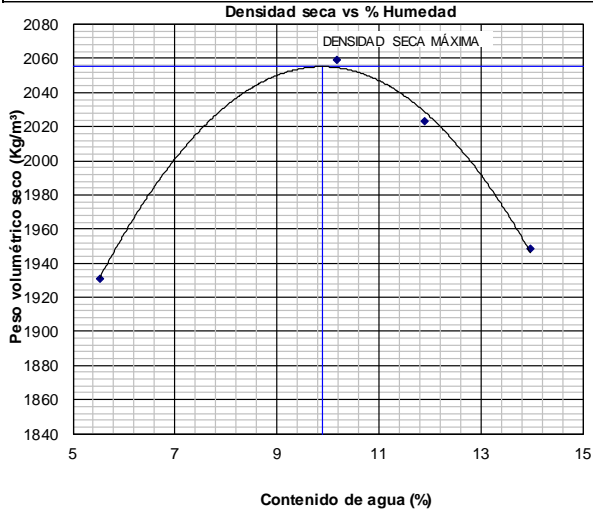
Determinación de parámetros:	
Coeficiente Estructural, a1 =	0.083
Modulo de resiliencia =	14285 psi
Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"	

6.24 CBR C5 6+962 Subrasante



6.25 CBR C6 7+453 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 7+453 Calicata №: C6 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Arena arcillosa con grava	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy




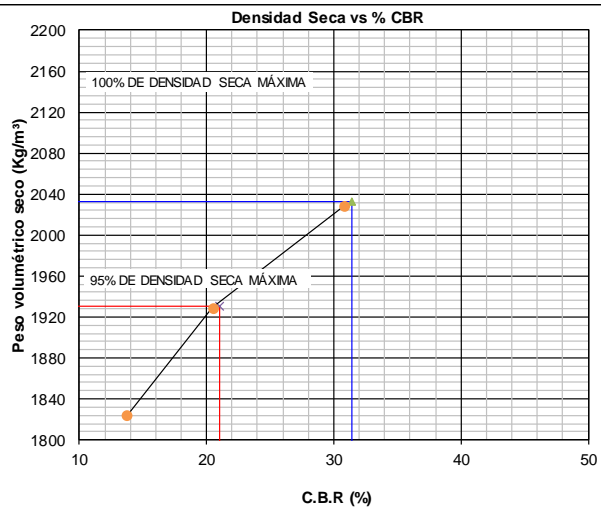
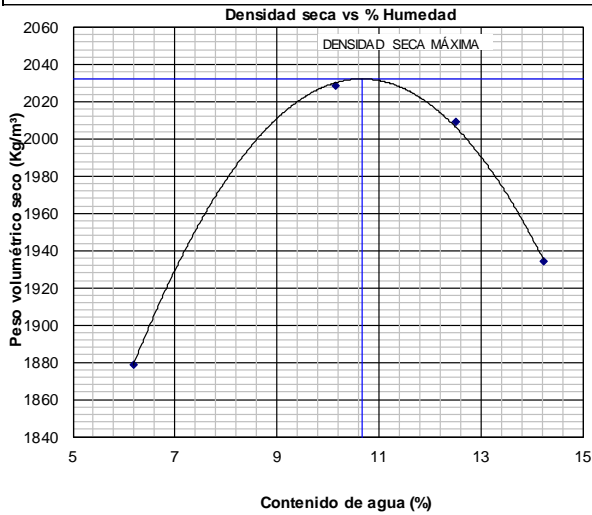
Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2090	24.99	37.62	70.45	105.68	35.47	35.60	0.07
25	2020	21.68	32.41	70.45	105.68	30.77	30.67	0.11
12	1890	14.16	21.68	70.45	105.68	20.10	20.51	0.31

RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2055 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 1952 Kg/m3
Humedad óptima	= 9.88 %
CBR al 100% para 0,10"	= 33.3 %
CBR al 95% para 0,10"	= 25.0 %
Expansión	= 0.11 %

Determinación de parámetros:	
Coeficiente Estructural, a1 =	0.082
Modulo de resiliencia =	14166 psi
Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"	

6.26 CBR C7 8+087 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 8+087 Calicata №: C7 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Arena arcillosa con grava	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy




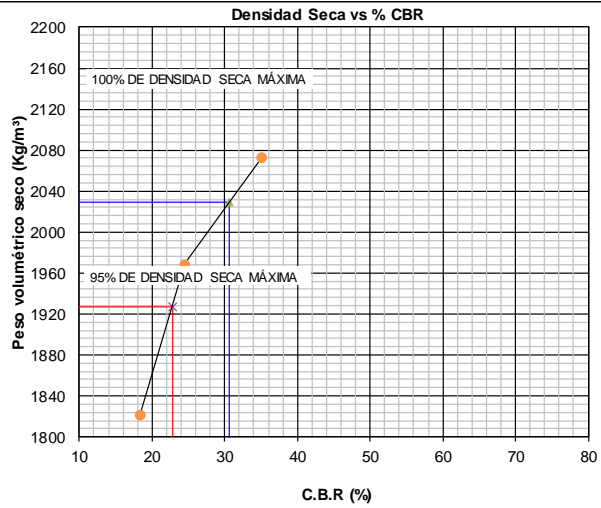
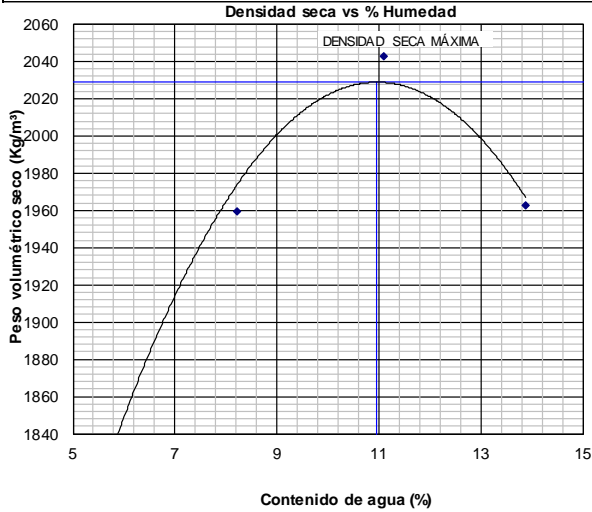
Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2028	21.68	32.41	70.45	105.68	30.77	30.67	0.33
25	1929	14.42	21.63	70.45	105.68	20.47	20.47	0.35
12	1824	9.65	14.33	70.45	105.68	13.70	13.56	0.55

RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2032 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 1931 Kg/m3
Humedad óptima	= 10.67 %
CBR al 100% para 0,10"	= 31.4 %
CBR al 95% para 0,10"	= 21.0 %
Expansión	= 0.35 %

Determinación de parámetros:	
Coeficiente Estructural, a1 =	0.074
Modulo de resiliencia =	13412 psi
Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"	

6.27 CBR C8 9+142 Subrasante

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 9+142 Calicata №: C8 Muestra №: Subrasante Profundidad: 0 Descripción: Arena arcillosa con grava	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy



Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2073	24.71	38.63	70.45	105.68	35.07	36.56	0.16
25	1969	17.21	27.81	70.45	105.68	24.44	26.31	0.21
12	1822	12.94	19.28	70.45	105.68	18.37	18.25	0.37

RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2029 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 1927 Kg/m3
Humedad óptima	= 10.96 %
CBR al 100% para 0,10"	= 30.6 %
CBR al 95% para 0,10"	= 22.9 %
Expansión	= 0.21 %

Determinación de parámetros:	
Coeficiente Estructural, a1 =	0.078
Modulo de resiliencia =	13786 psi
Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"	

6.28 Clasificación C1 0+663 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA : 0+663		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C1		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9681495.00 N, 727670.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	----
2"	4,097	4,097	17	83	-	----
1½"	5,071	9,168	39	61	-	----
1"	4,077	13,245	56	44	-	----
¾"	1,315	14,560	62	38	-	----
½"	1,770	16,330	70	30	-	----
3/8"	2,071	18,401	78	22	-	----
N°4	1,264	19,665	84	(16.2)	-	----
< N°4		3793.00	(16.2)		-	----
N°8					-	----
N°10	143	143	87	13	-	----
N°40	212	354	91	9	-	----
N°50					-	----
N°100					-	----
N°200	261	615	97	(3.3)	-	----
< N°200		157.49	(3.3)		-	----
TOTAL	23,458					5.16
GRANULOMETRIA POR LAVADO					LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)	
ANTES DEL LAVADO 800 grms					3	----
DESPUES DEL LAVADO 773 grms					52	----
GRAVA	84 %				n	----
ARENA	13 %					
FINOS	3 %					
CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:		5.16%		
SUCS		GP		LIMITE LIQUIDO:		
AASTHO		A-2-6		11.40		
		INDICE DE GRUPO:		0.0		
Descripción del material :				Grava mal graduada		
OBSERVACIONES :						

6.29 Clasificación C2 1+195 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																																																	
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 1+195		FECHA: 11/12/2020																																													
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																																													
CALICATA: C2		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9681949.00 N, 727998.00 E																																													
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																																																	
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																																												
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																																											
3"	-	-	-	100	-	----																																											
2 ½"	750	750	8	92	-	981.70																																											
2"	323	1,073	12	88	-	956.60																																											
1½"	1,266	2,339	26	74	-	0.00																																											
1"	2,049	4,388	49	51	-	2.62																																											
¾"	730	5,118	57	43	-	-																																											
½"	819	5,937	66	34	-	-																																											
3/8"	382	6,319	70	30	-	-																																											
N°4	631	6,950	77	(22.7)	-	-																																											
< N°4		2042.00	(22.7)		-	-																																											
N°8					-	-																																											
N°10	192	192	85	15	-	-																																											
N°40	186	378	92	8	-	-																																											
N°50					-	-																																											
N°100					-	-																																											
N°200	81	459	95	(4.7)	-	-																																											
< N°200		119.74	(4.7)		-	-																																											
TOTAL	8,992				-	-																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">ANTES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">592 grms</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">DESPUES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">578 grms</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	592 grms	DESPUES DEL LAVADO	578 grms	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">-</td> <td style="padding: 2px;">12.00</td> <td style="padding: 2px;">23.59</td> <td style="padding: 2px;">21.95</td> <td style="padding: 2px;">15.95</td> <td style="padding: 2px;">27.33</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">-</td> <td style="padding: 2px;">18.00</td> <td style="padding: 2px;">23.34</td> <td style="padding: 2px;">21.72</td> <td style="padding: 2px;">15.71</td> <td style="padding: 2px;">26.96</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">-</td> <td style="padding: 2px;">25.00</td> <td style="padding: 2px;">25.50</td> <td style="padding: 2px;">23.51</td> <td style="padding: 2px;">15.85</td> <td style="padding: 2px;">25.98</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">-</td> <td style="padding: 2px;">28.00</td> <td style="padding: 2px;">24.30</td> <td style="padding: 2px;">22.56</td> <td style="padding: 2px;">15.74</td> <td style="padding: 2px;">25.51</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">25.94</td> </tr> </tbody> </table>		LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)		-	12.00	23.59	21.95	15.95	27.33		-	18.00	23.34	21.72	15.71	26.96		-	25.00	25.50	23.51	15.85	25.98		-	28.00	24.30	22.56	15.74	25.51								25.94
GRANULOMETRIA POR LAVADO																																																	
ANTES DEL LAVADO	592 grms																																																
DESPUES DEL LAVADO	578 grms																																																
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																																																	
-	12.00	23.59	21.95	15.95	27.33																																												
-	18.00	23.34	21.72	15.71	26.96																																												
-	25.00	25.50	23.51	15.85	25.98																																												
-	28.00	24.30	22.56	15.74	25.51																																												
						25.94																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRAVA</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">ARENA</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">FINOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">GRAVA</td> <td style="padding: 2px;">77 %</td> <td style="padding: 2px;">ARENA</td> <td style="padding: 2px;">18 %</td> <td style="padding: 2px;">FINOS</td> <td style="padding: 2px;">5 %</td> </tr> </tbody> </table>					GRAVA		ARENA		FINOS		GRAVA	77 %	ARENA	18 %	FINOS	5 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">2.62 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">25.94</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">7.24</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		HUMEDAD NATURAL:	2.62 %	LIMITE LIQUIDO:	25.94	INDICE PLASTICO:	7.24	INDICE DE GRUPO:	0.0																							
GRAVA		ARENA		FINOS																																													
GRAVA	77 %	ARENA	18 %	FINOS	5 %																																												
HUMEDAD NATURAL:	2.62 %																																																
LIMITE LIQUIDO:	25.94																																																
INDICE PLASTICO:	7.24																																																
INDICE DE GRUPO:	0.0																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :</td> <td colspan="6" style="padding: 2px;">Grava mal graduada con arena</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">OBSERVACIONES :</td> <td colspan="6" style="padding: 2px;"></td> </tr> </tbody> </table>							DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :	Grava mal graduada con arena						OBSERVACIONES :																																			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :	Grava mal graduada con arena																																																
OBSERVACIONES :																																																	
<div style="text-align: center;"> </div>																																																	
<div style="text-align: center;"> </div>																																																	

6.30 Clasificación C3 2+112 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																								
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 2+115		FECHA: 11/12/2020																				
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																				
CALICATA: C3		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9682660.00 N, 728585.00 E																				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																								
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																		
3"	-	-	-	100	-	---																		
2 ½"	1,873	1,873	5	95	-	---																		
2"	4,915	6,788	17	83	-	---																		
1½"	5,927	12,715	32	68	-	---																		
1"	7,130	19,845	50	50	-	---																		
¾"	2,718	22,563	57	43	-	---																		
½"	3,309	25,872	65	35	-	---																		
3/8"	1,532	27,404	69	31	-	---																		
N°4	1,970	29,374	74	(25.8)	-	---																		
< N°4		10196.00	(25.8)		-	---																		
N°8					-	---																		
N°10	108	108	79	21	-	---																		
N°40	191	299	86	14	-	---																		
N°50					-	---																		
N°100					-	---																		
N°200	188	487	94	(6.2)	-	---																		
< N°200		154.10	(6.2)		-	---																		
TOTAL	39,570																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">ANTES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">684 grms</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">DESPUES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">641 grms</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	684 grms	DESPUES DEL LAVADO	641 grms	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">55</td> <td style="padding: 5px;">---</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">24</td> <td style="padding: 5px;">---</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">14</td> <td style="padding: 5px;">---</td> </tr> </tbody> </table>		LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)		55	---	24	---	14	---				
GRANULOMETRIA POR LAVADO																								
ANTES DEL LAVADO	684 grms																							
DESPUES DEL LAVADO	641 grms																							
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																								
55	---																							
24	---																							
14	---																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">GRAVA</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">74 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">ARENA</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">20 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">FINOS</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">6 %</td> </tr> </tbody> </table>					GRAVA	74 %	ARENA	20 %	FINOS	6 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">4.38 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">23.54</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SUCS</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">GP-GC</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">6.26</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">AASTHO</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">A-2-4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		HUMEDAD NATURAL:	4.38 %	LIMITE LIQUIDO:	23.54	SUCS	GP-GC	INDICE PLASTICO:	6.26	AASTHO	A-2-4	INDICE DE GRUPO:	0.0
GRAVA	74 %																							
ARENA	20 %																							
FINOS	6 %																							
HUMEDAD NATURAL:	4.38 %																							
LIMITE LIQUIDO:	23.54																							
SUCS	GP-GC																							
INDICE PLASTICO:	6.26																							
AASTHO	A-2-4																							
INDICE DE GRUPO:	0.0																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Descripción del material :</td> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Grava mal graduada con arcilla y arena</td> </tr> </tbody> </table>					Descripción del material :	Grava mal graduada con arcilla y arena																		
Descripción del material :	Grava mal graduada con arcilla y arena																							
OBSERVACIONES :																								

6.31 Clasificación C4 3+938 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 3+938		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C4		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9683891.00 N, 729903.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	----
2"	3,788	3,788	18	82	-	----
1½"	4,655	8,443	41	59	-	----
1"	4,025	12,468	61	39	-	----
¾"	1,287	13,755	67	33	-	----
½"	1,413	15,168	74	26	-	----
3/8"	944	16,112	79	21	-	----
N°4	1,172	17,284	84	(15.7)	-	----
< N°4	-	3217.00	(15.7)		-	----
N°8	-	-	-		-	----
N°10	151	151	88	12	-	----
N°40	179	330	93	7	-	----
N°50	-	-	-		-	----
N°100	-	-	-		-	----
N°200	110	440	96	(3.7)	-	----
< N°200	-	138.10	(3.7)		-	----
TOTAL	20,501					27.73
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
a	----	10.21	10.12	9.65	19.15	
22	----	11.03	10.81	9.61	18.33	18.90
18	----	11.54	11.24	9.68	19.23	
HUMEDAD vs # DE GOLPES.						
GRANULOMETRIA POR LAVADO						
ANTES DEL LAVADO 601 grms DESPUES DEL LAVADO 578 grms						
GRAVA	84 %					
ARENA	12 %					
FINOS	4 %					
CLASIFICACION:						HUMEDAD NATURAL:
SUCS	GP					5.97 %
AASTHO	A-2-4					LIMITE LIQUIDO:
Descripción del material :	Grava mal graduada					27.73
OBSERVACIONES :						

6.32 Clasificación C5 6+962 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA : 6+962		FECHA: 11/12/2020		
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ		
CALICATA: C5		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685394.00 N, 732505.00 E		
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	9
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	2,493	2,493	10	90	-	----
2"	5,192	7,685	32	68	-	----
1½"	4,828	12,513	52	48	-	----
1"	3,805	16,318	68	32	-	----
¾"	1,090	17,408	73	27	-	----
½"	1,002	18,410	77	23	-	----
3/8"	657	19,067	80	20	-	----
N°4	1,002	20,069	84	(16.1)	-	----
< N°4		3852.00	(16.1)		-	----
N°8					-	----
N°10	116	116	87	13	-	----
N°40	217	334	92	8	-	----
N°50					-	----
N°100					-	----
N°200	171	505	97	(3.4)	-	----
< N°200		133.90	(3.4)		-	----
TOTAL	23,921					5.97

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
C	15	32.35	28.90	15.63	26.00	
25	26	30.15	27.18	15.45	25.32	
30	38	28.83	26.30	15.81	24.12	
						25.11

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
41	----	12.54	12.06	9.62	19.67	
x	----	12.00	11.60	9.56	19.61	19.60
y	----	11.59	11.27	9.63	19.51	

GRANULOMETRIA POR LAVADO

ANTES DEL LAVADO **681** grms

DESPUES DEL LAVADO **638** grms

GRAVA 84 %	
ARENA 13 %	
FINOS 3 %	

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	5.97%
SUCS	GP	LIMITE LIQUIDO:	25.11
AASTHO	A-1-a	INDICE PLASTICO:	5.51
		INDICE DE GRUPO:	0.0

Descripción del material : **Grava mal graduada**

OBSERVACIONES :

6.33 Clasificación C6 7+453 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																					
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 7+453		FECHA: 11/12/2020																	
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																	
CALICATA: C6		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685397.00 N, 732969.00 E																	
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																					
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES															
3"	629	629	4	96	-	---															
2 ½"	334	963	6	94	764.70	748.70															
2"	1,807	2,770	16	84	0.00	2.14															
1½"	2,479	5,249	31	69	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 5px;">PESO TARRO</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">% HUMEDAD</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">32</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">17.00</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">31.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">67</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">25.00</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">30.28</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">31</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">40.00</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">24.03</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">25.37</td> </tr> </tbody> </table>		PESO TARRO	% HUMEDAD	PROMEDIO	32	17.00	31.12	67	25.00	30.28	31	40.00	24.03	25.37		
PESO TARRO	% HUMEDAD	PROMEDIO																			
32	17.00	31.12																			
67	25.00	30.28																			
31	40.00	24.03																			
25.37																					
1"	2,565	7,814	46	54																	
¾"	648	8,462	50	50																	
½"	895	9,357	55	45																	
3/8"	496	9,853	58	42																	
N°4	924	10,777	64	(36.3)																	
< N°4		6141.50	(36.3)																		
N°8																					
N°10	116	116	70	30																	
N°40	217	332	82	18																	
N°50																					
N°100																					
N°200	185	518	92	(8.2)																	
< N°200		152.00	(8.2)																		
TOTAL	16,919				19.03																

GRANULOMETRÍA POR LAVADO					**LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)**	
ANTES DEL LAVADO **691** grms					i	---
DESPUES DEL LAVADO **670** grms					50	---
GRAVA 64 %					80	---
ARENA 28 %						
FINOS 8 %						
CLASIFICACION:					**HUMEDAD NATURAL:** 2.14%	
SUCS GP-GC					**LIMITE LIQUIDO:** 25.37	
AASTHO A-2-4					**INDICE PLASTICO:** 6.34	
INDICE DE GRUPO: 0.0					**INDICE DE GRUPO:** 0.0	
Descripción del material : Grava mal graduada con arcilla y arena					**OBSERVACIONES :**	

6.34 Clasificación C7 8+087 Material Granular

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE</p> <p>USO: ENSAYO DE LABORATORIO</p> <p>CALICATA: C7</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>ABSCISA: 8+087</p> <p>MUESTRA: Base</p> <p>PROFUNDIDAD:</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>FECHA: 11/12/2020</p> <p>REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ</p> <p>COORDENADAS: 9685355.00 N, 733601.00 E</p> </div> </div>						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)	
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES
3"	-	-	-	100	-	----
2 ½"	-	-	-	100	-	----
2"	-	-	-	100	-	----
1½"	981	981	5	95	15	14
1"	3,250	4,231	20	80	21	26
¾"	2,031	6,262	30	70	32	36
½"	2,301	8,563	41	59		
3/8"	1,324	9,887	47	53		
N°4	2,841	12,728	61	(39.1)		
< N°4		8170.00	(39.1)			
N°8						
N°10	137	137	68	32		
N°40	225	362	81	19		
N°50						
N°100						
N°200	152	514	89	(10.8)		
< N°200		195.70	(10.8)			
TOTAL	20,898					

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	PROMEDIO
-	----	506.80	468.90	0.00	8.08	8.08
15	14	28.08	25.57	16.07	26.42	
21	26	27.92	25.51	15.93	25.16	
32	36	27.69	25.38	15.80	24.11	
						25.09

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
i	N° GOLPES	11.36	11.08	9.63	19.31	PROMEDIO
80	----	11.13	10.89	9.66	19.51	19.49
40	----	11.72	11.39	9.71	19.64	

GRANULOMETRÍA POR LAVADO

ANTES DEL LAVADO **758** grms

DESPUES DEL LAVADO **709** grms

GRAVA	61 %
ARENA	28 %
FINOS	11 %

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	8.08%
SUCS	GP-GC	LIMITE LIQUIDO:	25.09
AASTHO	A-1-a	INDICE PLASTICO:	5.60
		INDICE DE GRUPO:	0.0

Descripción del material : **Grava mal graduada con arcilla y arena**

OBSERVACIONES :

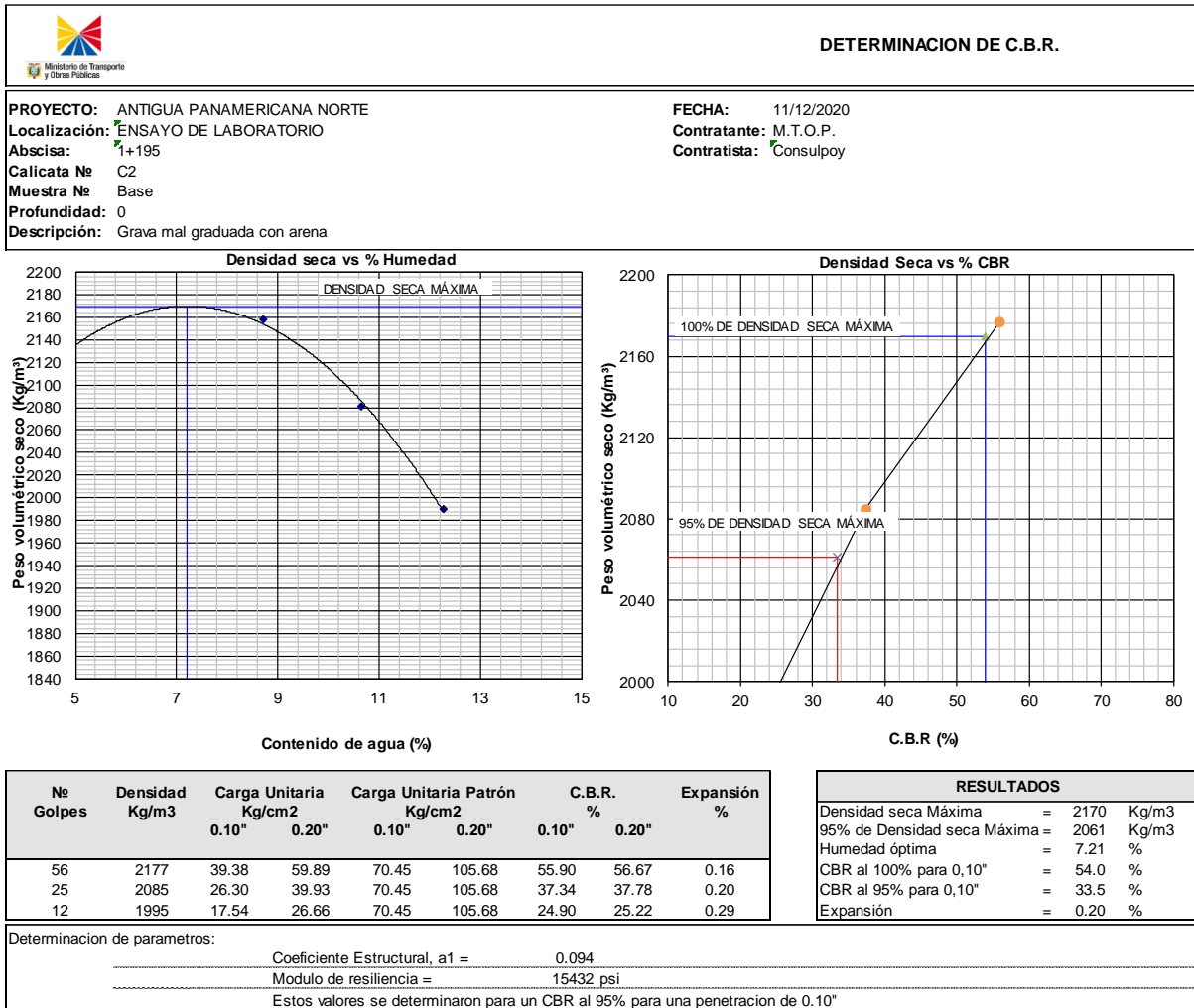
HUMEDAD vs # DE GOLPES.

Curva Granulométrica


6.35 Clasificación C8 9+142 Material Granular

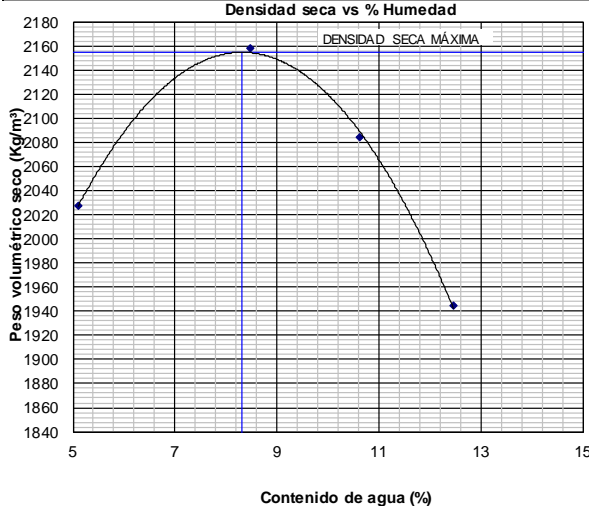
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES																																					
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		ABSCISA: 9+142		FECHA: 11/12/2020																																	
USO: ENSAYO DE LABORATORIO		MUESTRA: Base		REALIZADO POR: BYRON QUIÑONEZ																																	
CALICATA: C8		PROFUNDIDAD:		COORDENADAS: 9685520.00 N, 734618.00 E																																	
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN																																					
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)																																
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	N° TARRO	N° GOLPES																															
3"	-	-	-	100	-	----																															
2 ½"	-	-	-	100	-	----																															
2"	503	503	2	98	-	----																															
1½"	2,650	3,153	12	88	-	----																															
1"	5,253	8,406	31	69	-	----																															
¾"	2,421	10,827	40	60	-	----																															
½"	2,253	13,080	49	51	-	----																															
3/8"	1,603	14,683	54	46	-	----																															
N°4	1,948	16,631	62	(38.3)	-	----																															
< N°4		10331.00	(38.3)		-	----																															
N°8					-	----																															
N°10	100	100	67	33	-	----																															
N°40	242	341	80	20	-	----																															
N°50					-	----																															
N°100					-	----																															
N°200	267	608	95	(5.5)	-	----																															
< N°200		101.10	(5.5)		-	----																															
TOTAL	26,962																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">GRANULOMETRIA POR LAVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">ANTES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">758 grms</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">DESPUES DEL LAVADO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">709 grms</td> </tr> </tbody> </table>					GRANULOMETRIA POR LAVADO		ANTES DEL LAVADO	758 grms	DESPUES DEL LAVADO	709 grms	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">i</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">11.36</td> <td style="padding: 2px;">11.08</td> <td style="padding: 2px;">9.63</td> <td style="padding: 2px;">19.31</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">80</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">11.13</td> <td style="padding: 2px;">10.89</td> <td style="padding: 2px;">9.66</td> <td style="padding: 2px;">19.51</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">40</td> <td style="padding: 2px;">----</td> <td style="padding: 2px;">11.72</td> <td style="padding: 2px;">11.39</td> <td style="padding: 2px;">9.71</td> <td style="padding: 2px;">19.64</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">25.09</td> </tr> </tbody> </table>		LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)		i	----	11.36	11.08	9.63	19.31	80	----	11.13	10.89	9.66	19.51	40	----	11.72	11.39	9.71	19.64	25.09				
GRANULOMETRIA POR LAVADO																																					
ANTES DEL LAVADO	758 grms																																				
DESPUES DEL LAVADO	709 grms																																				
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)																																					
i	----	11.36	11.08	9.63	19.31																																
80	----	11.13	10.89	9.66	19.51																																
40	----	11.72	11.39	9.71	19.64																																
25.09																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">GRAVA</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">62 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ARENA</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">33 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">FINOS</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">5 %</td> </tr> </tbody> </table>					GRAVA	62 %	ARENA	33 %	FINOS	5 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">HUMEDAD NATURAL:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">8.08 %</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">LIMITE LIQUIDO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">25.09</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">SUCS</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">GP-GC</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE PLASTICO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">5.60</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">AASTHO</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">A-1-a</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">INDICE DE GRUPO:</td> <td style="padding: 2px; text-align: right;">0.0</td> </tr> </tbody> </table>		HUMEDAD NATURAL:	8.08 %	LIMITE LIQUIDO:	25.09	SUCS	GP-GC	INDICE PLASTICO:	5.60	AASTHO	A-1-a	INDICE DE GRUPO:	0.0													
GRAVA	62 %																																				
ARENA	33 %																																				
FINOS	5 %																																				
HUMEDAD NATURAL:	8.08 %																																				
LIMITE LIQUIDO:	25.09																																				
SUCS	GP-GC																																				
INDICE PLASTICO:	5.60																																				
AASTHO	A-1-a																																				
INDICE DE GRUPO:	0.0																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Descripción del material :</td> <td colspan="6" style="padding: 2px;">Grava mal graduada con arcilla y arena</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">OBSERVACIONES :</td> <td colspan="6" style="padding: 2px;"></td> </tr> </tbody> </table>							Descripción del material :	Grava mal graduada con arcilla y arena						OBSERVACIONES :																							
Descripción del material :	Grava mal graduada con arcilla y arena																																				
OBSERVACIONES :																																					
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">HUMEDAD vs # DE GOLPES.</p> </div>																																					
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Curva Granulométrica</p> </div>																																					

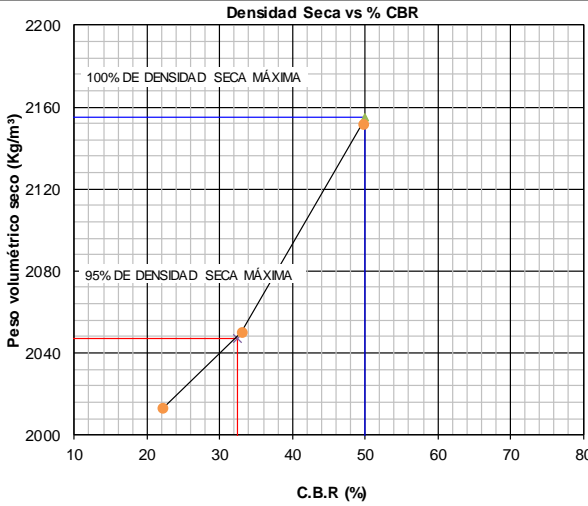
6.36 CBR C2 1+195 Material Granular



6.37 CBR C6 7+453 Material Granular

	DETERMINACION DE C.B.R.
PROYECTO: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Localización: ENSAYO DE LABORATORIO Abscisa: 7+453 Calicata №: C6 Muestra №: Base Profundidad: 0 Descripción: Grava mal graduada con arcilla y arena	FECHA: 11/12/2020 Contratante: M.T.O.P. Contratista: Consulpoy









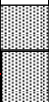





Ne Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2152	34.99	53.10	70.45	105.68	49.67	50.25	0.07
25	2050	23.25	35.44	70.45	105.68	33.00	33.53	0.11
12	2013	15.62	23.49	70.45	105.68	22.17	22.22	0.23









RESULTADOS	
Densidad seca Máxima	= 2155 Kg/m3
95% de Densidad seca Máxima	= 2047 Kg/m3
Humedad óptima	= 8.32 %
CBR al 100% para 0,10"	= 50.0 %
CBR al 95% para 0,10"	= 32.5 %
Expansión	= 0.11 %

Determinación de parámetros:	
Coeficiente Estructural, a1 =	0.093
Modulo de resiliencia =	15301 psi
Estos valores se determinaron para un CBR al 95% para una penetracion de 0.10"	











6.38 Estratigrafía Calicata 1

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
		CALICATA C1										
		Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa: 0+633		Lado: IZQ Tramo:						
				Lado: IZQ								
				Fecha: 07/12/2020								
Rodadura 		Base 		Subrasante 								
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO							Observaciones	
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)		Clasificación SUCS
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica										
0.12 0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica										
0.32 0.40 0.60		Base		27.9	11.4	16.2	13.0	9.0	3.3	5.2	GP	
0.72 0.80		Subrasante		34.3	14.6	41.9	34.0	22.0	15.3	14.8	GC	
1.00 1.20 1.40 1.60 1.80												
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80												
3.00 3.20 3.40 3.60 3.80												
4.00												
OBSERVACIONES:												










6.39 Estratigrafía Calicata 2

HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO											
		CALICATA C2									
Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE Fecha: 07/12/2020		Abscisa: 1+195									
		Lado: IZQ									
		Tramo:									
Rodadura  Base  Subrasante 											
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO							Observaciones
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica									
0.12 0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica									
0.32 0.40 0.60 0.67		Base		25.94	7.24	22.70	15.00	8.00	4.70	2.62	GP
0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80		Subrasante		36.59	16.39	36.20	28.00	17.00	9.70	6.16	GP-GC
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80											
3.00 3.20 3.40 3.60 3.80											
4.00											
OBSERVACIONES:											



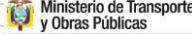









6.40 Estratigrafía Calicata 3

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
		CALICATA C3										
		Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa: 2+112		Lado: DER						
		Fecha: 07/12/2020		Tramo:								
Rodadura 		Base 		Subrasante 								
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO								
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica										
0.10												
0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica										
0.30												
0.40		Base		23.54	6.26	25.80	21.00	14.00	6.20	4.38	GP-GC	
0.55												
0.60		Subrasante		29.79	8.30	48.80	38.00	27.00	15.40	11.91	GC	
0.80												
1.00												
1.20												
1.40												
1.60												
1.80												
2.00												
2.20												
2.40												
2.60												
2.80												
3.00												
3.20												
3.40												
3.60												
3.80												
4.00												
OBSERVACIONES:												







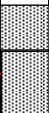


6.41 Estratigrafía Calicata 4

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
		CALICATA C4										
		Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa: 3+938								
				Lado: DER								
		Fecha: 07/12/2020										
		Rodadura 		Base 		Subrasante 						
						ENSAYOS DE LABORATORIO						
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
						# 4	# 10	# 40	# 200			
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica										
0.12		2da Capa Mezcla Asfáltica										
0.20		Base		27.76	8.82	15.70	12.00	7.00	3.70	5.97	GP	
0.30												
0.40		Subrasante		34.91	13.90	47.20	36.00	20.00	8.70	8.66	GW-GC	
0.45												
0.60												
0.80												
1.00												
1.20												
1.40												
1.60												
1.80												
2.00												
2.20												
2.40												
2.60												
2.80												
3.00												
3.20												
3.40												
3.60												
3.80												
4.00												
OBSERVACIONES:												







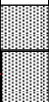


6.42 Estratigrafía Calicata 5

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO									
		CALICATA C5									
		Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa: 6+962		Lado: IZQ					
		Fecha: 07/12/2020									
Rodadura 		Base 		Subrasante 		Mejoramiento 					
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO						Observaciones	
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)					Cont. Hum. (%)
						# 4	# 10	# 40	# 200		
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica									
0.13											
0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica									
0.34											
0.40		Base		25.11	5.51	16.10	13.00	8.00	3.40	5.97	GP
0.60											
0.80		Mejoramiento									
1.00											
1.15		Subrasante		63.15	35.50	83.10	79.00	72.00	68.10	6.16	CH
1.20											
1.40											
1.60											
1.67											
1.80											
2.00											
2.20											
2.40											
2.60											
2.80											
3.00											
3.20											
3.40											
3.60											
3.80											
4.00											
OBSERVACIONES:											







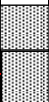


6.43 Estratigrafía Calicata 6

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO										
		CALICATA C6										
Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa:		7+453		Fecha: 07/12/2020		Lado:		DER		
		Tramo:										
Rodadura  Base  Subrasante 												
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO								
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS	Observaciones
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica										
0.12 0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica										
0.32 0.40		Base		25.37	6.34	36.30	30.00	18.00	8.20	2.14	GP-GC	
0.60 0.62												
0.80 1.00		Subrasante		27.13	9.80	59.30	51.00	33.00	14.40	9.57	SC	
1.20 1.40 1.60 1.80												
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80												
3.00 3.20 3.40 3.60 3.80												
4.00												
OBSERVACIONES:												

6.44 Estratigrafía Calicata 7

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO									
		CALICATA C7									
		Proyecto: ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		Abscisa: 8+087		Lado: IZQ					
				Tramo:							
		Fecha: 07/12/2020									
Rodadura  Base  Subrasante 											
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO							
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	Clasificación SUCS
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica									
0.12 0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica									
0.32 0.40		Base		25.09	5.60	39.10	32.00	19.00	10.80	8.08	GP-GC
0.57 0.60											
0.80 1.00		Subrasante		30.27	11.03	62.20	52.00	41.00	21.60	9.57	SC
1.20 1.40 1.60 1.80											
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80											
3.00 3.20 3.40 3.60 3.80											
4.00											
OBSERVACIONES:											

6.45 Estratigrafía Calicata 8

		HOJA ESTRATIGRÁFICA DE CAMPO									
		CALICATA C8									
		Proyecto:		Abscisa:		Lado:		Tramo:			
		ANTIGUA PANAMERICANA NORTE		9+142		DER					
Fecha:		07/12/2020									
Rodadura  Base  Subrasante 											
PROF. Mts.	Perfil	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Nf	ENSAYOS DE LABORATORIO							Observaciones
				LL	IP	Granulometría (% Pasante)				Cont. Hum. (%)	
0.00		1era Capa Mezcla Asfáltica									
0.12 0.20		2da Capa Mezcla Asfáltica									
0.32 0.40		Base		25.09	5.60	38.30	33.00	20.00	5.50	8.08	GP-GC
0.57 0.60											
0.80 1.00		Subrasante		30.22	9.79	69.80	61.00	38.00	16.00	8.99	SC
1.20 1.40 1.60 1.80											
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80											
3.00 3.20 3.40 3.60 3.80											
4.00											
OBSERVACIONES:											

6.46 Hoja de cálculo Ensayo Deflectometría

ENSAYO FWD														
carril	abscisa	carga kN	esfuerzo kPa	Distancia (cm)										Temperatura °C
				0 cm D(0) μm	20 cm D(1) μm	30 cm D(2) μm	60 cm D(3) μm	90 cm D(4) μm	120 cm D(5) μm	150 cm D(6) μm	180 cm D(7) μm	210 cm D(8) μm	30 cm D(9) μm	
1L	0	40.7	575.787216	681.7	522.9	409.1	176.6	79.6	46.8	30.8	25.6	29.9	428.7	20.3
1R	98	39.76	562.488937	72.1	58.2	51.4	35	16	14	7.1	6.8	13.1	56	35.5
1L	200	41.58	588.23667	112.8	99.6	91.6	71.1	49.7	42.2	32.9	28.5	31.9	92.6	20.3
1R	294	41.13	581.870472	120.4	100.4	91.1	64.7	37.6	30	19.3	16.9	21.9	91.8	35.5
1L	402	39.55	559.518044	142.5	130.6	121.3	91.8	61.3	45.6	32.2	25.5	27.3	118.5	20.3
1R	500	40.62	574.655448	163.7	139.4	124.2	87.7	51.1	38.3	24	19.9	25.3	119.9	35.5
1L	599	41.64	589.085496	72.9	63.2	56.7	41.9	26	21	14.4	12.1	15.3	57.3	20.3
1R	697	41.97	593.754041	250	180.6	146	92.3	53.1	36.5	21.3	15.6	19	141.5	35.5
1L	800	43.37	613.55999	115.7	102.2	95	73.1	48.8	37.9	26.3	20.9	23.1	95.2	20.3
1R	900	42.6	602.666718	165.6	131.6	113.5	68.1	31.1	23.2	14.2	12.8	18.6	109.9	35.5
1L	1000	44.06	623.321493	86.1	70.4	62.6	45.3	28	21.7	15.3	13.3	17.1	61.8	20.3
1R	1095	40.35	570.835729	264.1	204.5	173.5	101.8	50.9	35	21.5	17.8	21.8	152.3	35.5
1L	1200	40.43	571.967498	149	134	122.3	87.8	54.7	39.2	26.3	20.7	23.7	123.9	20.3
1R	1297	41.92	593.046686	77.7	67.7	61.6	44.9	24.4	19.8	11.9	11.2	16.8	61.7	35.5
1L	1403	38.27	541.409749	99.4	89.4	84.3	68.2	48.1	39.9	29.9	25.5	28.5	84.5	20.3
1R	1501	43.31	612.711163	119.9	99.9	90.1	62.5	34.8	26	15.4	13.3	18	87.6	35.5
1L	1600	42.34	598.98847	118.6	106.2	97.8	73.8	49.6	40.8	30.9	27.1	30.5	98.7	20.3
1R	1699	41.65	589.226967	169.5	150.2	138.5	107.8	75.6	60.9	43.3	35.4	38.5	129.7	35.5
1L	1802	37.82	535.043551	115.7	107.5	99.8	75.6	50.5	40.9	30.2	25.8	29.1	98.8	20.3
1R	1899	41.31	584.416951	97.1	80.6	71.1	45.2	20.7	15.8	7.9	7.7	13.6	67.8	35.5
1L	2002	43.14	610.306155	120.9	111.3	103.3	81.6	57.7	47.1	35.7	30	32.3	103.4	20.3
1R	2100	41.99	594.036983	223.2	177	158.1	112.4	71.3	53.8	37.2	30.8	35.2	155.6	35.5
1L	2200	40.84	577.767811	197.7	170.1	155.4	114	76.4	57.5	40	30.8	31.3	159.8	20.3
1R	2301	41.95	593.471099	119.8	100.2	90.1	63.4	37.8	31.8	22.1	20.2	25.2	87.9	35.5
1L	2404	42.12	595.876107	134.9	120.5	111.7	83.3	55	42.3	29.9	23.6	26	110.8	20.3
1R	2499	42.47	600.827594	67	54	49.3	35	17.7	15.8	9.2	8.9	14.6	49	35.5
1L	2602	41.08	581.163117	145.3	130.3	121.7	96.4	69.5	55.6	42.2	33.8	34.9	119.1	20.3
1R	2662	41	580.031348	156.6	88	63.5	43.9	26.8	26	19.2	18.5	24.3	67.1	35.5
1L	2804	41.92	593.046686	277.5	228.9	202.7	135.7	83.6	59.3	40.3	31.4	31.8	211	20.3
1R	2900	43.93	621.482369	179.8	147.4	128	83	50	28.6	15.2	12.5	17.1	127	35.5
1L	3004	41.97	593.754041	189.2	171.9	159.6	122.2	86.1	68.1	51.3	42.9	43.4	157.1	20.3
1R	3097	44.06	623.321493	91.9	76.5	70.1	49.2	27	21.5	12.7	10.8	15.7	69.1	35.5
1L	3201	41.59	588.378141	331.7	280.2	237.6	138.4	79.7	56.3	40.1	32.5	35.9	242.1	20.3
1R	3297	40.08	567.016011	99.2	81.3	72.8	50.6	27.4	22.2	13.4	11.5	15.7	74	35.5
1L	3400	40.97	579.606935	189.2	174.5	163.9	128	90.5	70.9	51.2	39.8	38.9	162.5	20.3
1R	3500	41.88	592.488081	380.1	291.2	229.5	94.6	30.7	17.1	8.9	9.3	14.9	230.1	35.5
1L	3599	42.84	606.062023	146	128.1	114.1	81.2	54.8	43.9	32.1	26.6	28.6	112.9	20.3
1R	3695	41.63	588.944025	106.8	89.7	79.5	52.7	26.7	19.6	10.5	9.2	14.9	77.9	35.5
1L	3803	41.34	584.841364	111	94.6	86.1	61.1	35.6	25.7	16.5	13.3	17.9	91	20.3
1R	3893	41.43	586.114604	229.2	183.7	154.7	96.1	55.5	44.3	30.8	26.6	32.1	150	35.5
1L	4003	42.91	607.052321	92.1	76.2	68	49.7	30	22.2	13.9	11	14.3	68.3	20.3
1R	4096	41.58	588.23667	279.9	202.7	164.9	106.9	65	48.5	31.2	24.6	27.6	167.5	35.5
1L	4200	37.84	535.326493	124	103.2	91.8	60	32.8	22.8	13.1	9.5	12.3	91.3	20.3
1R	4298	41.28	583.992538	134.5	105.3	90.8	53.8	25.1	18.7	10.1	9.2	14.3	98.3	35.5
1L	4399	40.65	575.079861	111.2	100	93.9	73.1	49.3	41.6	31.4	27.3	30.7	94.1	20.3
1R	4501	42.07	595.168752	169.5	138.7	122	83.4	50.4	40.3	28	25.2	28.9	118.6	35.5
1L	4602	41.94	593.329628	193.7	167.9	146.8	88.7	44.8	26.6	13.2	9.2	13.8	139.6	20.3
1R	4700	41.33	584.699893	333.4	251.9	200.5	119.7	71.3	53.1	34.6	26.7	27.6	200.2	35.5
1L	4810	41.72	590.217265	132.9	121.8	112.9	86.5	59.2	46.1	32.3	25.8	28.3	116.5	20.3
1R	4803	40.69	575.645745	97.7	79	68.4	45.9	24.7	22	15.1	14.1	20.7	63.7	35.5
1L	5002	40.83	577.62634	99	91.6	85.7	67.9	46.2	38.2	28	24.1	28.4	83.9	20.3
1R	5098	41.35	584.982835	329.5	280.2	246.3	164	101.5	77.3	57	48.7	117.7	240.6	35.5
1L	5199	39.2	554.566557	265.4	236.9	218.3	165.1	115.7	90.5	68.2	56.3	56.1	216.7	20.3
1R	5297	39.65	560.932755	199	166.2	147.5	109.3	73.6	61.1	45.2	39.4	44.4	148.3	35.5
1L	5400	38.52	544.946525	205.4	220.1	214.9	105.7	53.6	47.1	36.4	32.5	38.2	158.4	20.3
1R	5499	40.33	570.552787	302.6	235.6	195.2	113.9	72.8	61.1	45.7	40.5	45.1	196.6	31.2
1L	5600	41.05	580.738703	192.1	169.9	153.9	108.6	70.8	54.1	39.1	31.6	34.4	146.3	20.3
1R	5700	37.75	534.053253	241.3	211.6	185.5	120.2	69.4	48.6	31	25.6	30.4	183.8	31.2
1L	5800	43.7	618.228534	135.5	114.5	100.6	64.3	34.6	23.8	14.6	11.4	15.6	95.7	20.3
1R	5900	42.36	599.271412	293.7	255.6	216.8	110.2	47.6	28.5	15.5	13.9	19.9	194.1	31.2
1L	6000	40.64	574.93839	102.6	89.9	81.8	57.4	32.7	24.6	15.7	12.7	16.9	80.6	20.3
1R	6086	40.73	576.21163	194.7	155.7	129.1	72.2	39.4	31.3	21.3	19.7	25.3	129.1	31.2

1L	6211	39.41	557.53745	87.3	77.9	72.9	60.1	42	36.3	26.7	22.4	26	75.3	20.3
1R	6297	40.44	572.108969	259.5	197.6	161.4	89.6	43.3	27.4	14.3	12.5	18.2	169.1	31.2
1L	6398	40.32	570.411316	350.7	287	251.8	152.4	90	60.2	38.2	29.3	31.3	253	20.3
1R	6500	40.92	578.89958	256.4	192.3	161.1	92.1	43.9	28.1	15.5	14.4	21.9	168.3	31.2
1L	6602	40.97	579.606935	89.8	79	70.8	53.2	36.1	31.4	23.3	21.1	25.5	71.9	20.3
1R	6700	41.68	589.65138	106.3	79.8	64.9	44	26	23	16	14.9	20	62.8	31.2
1L	6801	40.92	578.89958	184.4	159.8	138.8	86.6	49.2	35.9	25.2	22	26.6	135.4	32.6
1R	6894	40.81	577.343398	589.9	439.5	357	192.4	109.3	75.7	51.9	41.3	43.4	390.7	31.2
1L	7002	42.67	603.657015	116.4	88.2	77.6	59.1	38.8	33.4	25.4	22.2	27	83.8	32.6
1R	7101	41.05	580.738703	256.4	230.5	210.1	149.1	97.4	70.2	47.1	34.7	34.9	215.2	31.2
1L	7202	40.48	572.674853	320.2	264.2	234.4	122.4	78.8	56.4	38	29.5	32.5	244.7	32.6
1R	7301	40.84	577.767811	185.8	108.9	101.5	76.4	48.6	38.8	25.9	20.7	25.9	101.6	31.2
1L	7406	43.41	614.125874	64.6	53.2	46.9	32.6	18	17.1	12.1	11.7	17.4	48.3	32.6
1R	7498	38.35	542.541517	430.2	319.8	245.1	141.4	81.3	57.7	38.9	30	32.5	260.1	31.2
1L	7601	39.96	565.318358	90.6	81.4	75.5	56.6	35.3	29.3	20.7	18.5	23.6	77.2	32.6
1R	7701	39.04	552.30302	415.3	306.4	261.8	166.3	99.1	70.3	47.5	38.7	41.1	251.6	31.2
1L	7799	39.96	565.318358	79.2	68.7	61.3	38.1	17.6	12.2	6	5	11.1	62.5	32.6
1R	7895	38.34	542.400046	227.8	197.2	166.4	102.1	53.4	32.4	17.6	13.9	17.6	170.1	31.2
1L	8000	39.08	552.868905	248.2	220.6	200.5	140.3	87.2	59.5	37.1	26	26.7	201.7	32.6
1R	8079	37.94	536.741204	136.1	115.3	104.9	72.3	47	39.8	28.7	26	30.3	98.5	31.2
1L	8206	38.9	550.322425	57.8	51.4	47.5	35.2	19.8	18.7	13.3	13.3	20.3	46.8	32.6
1R	8294	38.14	539.570625	369.5	266.7	230	154.4	90.5	62.2	38.4	27.3	28.1	234.3	31.2
1L	8400	38.51	544.805054	206.9	209	197.9	144.9	99.4	75.7	55.2	43.3	41.7	165.6	32.6
1R	8501	39.78	562.771879	426.8	324.4	242.8	108.1	48.2	31.3	19.8	16.5	20.6	249.9	31.2
1L	8600	41.28	583.992538	283.8	248.4	224.2	157.8	102.5	73.7	50.9	41.2	42.4	216.7	32.6
1R	8699	42.99	608.184089	100.4	78.1	70.2	51.1	29.8	24.6	15.8	14.4	19	69.8	31.2
1L	8803	41.43	586.114604	199.4	179	162.8	115.1	73.6	55.4	39.7	32.7	36	158.6	32.6
1R	8900	42.84	606.062023	84.2	73.8	68.8	56.6	38.4	33.1	24.1	20.8	26.4	67.4	31.2
1L	9002	40.31	570.269845	132.3	118	107.3	78.9	52.4	41.3	28.9	24	27.6	103.2	32.6
1R	9096	40.13	567.723366	131.7	97.4	78.8	48.8	26.7	23.9	16.6	16.3	22.4	77.9	31.2
1L	9201	42.41	599.978768	97.1	85.3	78	59.3	37.9	33	23.4	21.3	26.1	79.7	32.6
1R	9293	42.55	601.959363	490.1	236.5	166.1	92	52.8	41.8	29.2	24.8	29.8	183.5	31.2
1L	9404	42.82	605.779081	53	44.2	40	31.4	19	18.8	13.3	13	18.3	41.1	32.6
1R	9503	40.33	570.552787	364.4	301.2	256.8	153.2	83.8	53.9	33.6	27	31.5	258.4	31.2
1L	9600	41.18	582.577827	279.5	264.4	250.1	201.1	146.3	113.2	80.5	61.2	57.9	236.2	32.6
1R	9700	42.75	604.788784	293.4	239	213.4	148.8	94.7	68.2	46	37.6	41.5	216.9	31.2
1L	9827	42.2	597.007875	178.4	159	146.7	113.2	78.5	61.7	44	35.4	37.6	143.1	32.6
1R	9900	37.9	536.175319	258.6	198	163	84.1	37.8	25.5	15.1	14	21	149.9	31.2
1L	10001	42.26	597.856702	125.3	105.5	93.6	70	47.1	40.3	29.5	25.7	29.4	93.8	32.6
1R	10100	38.38	542.96593	510.8	456.5	399	254.3	139.6	81.7	49.5	38.3	42.6	395.2	31.2
1L	10203	42.1	595.593165	208.8	189.3	179	150.8	113.7	88.6	63.8	48.9	46.4	182.4	32.6
1R	10299	41.3	584.27548	202.4	181.3	168.4	130.5	89.8	67.4	46.4	36.3	37.4	172.9	31.2
1L	10400	38.42	543.531815	444.9	405	345.7	196.6	104	70	49.5	35.5	36.2	313.2	32.6
1R	10495	41.47	586.680488	182.9	151.6	134	94	60.1	48.2	34.7	30.5	35.3	132.1	31.2
1L	10599	38.39	543.107401	270.3	241.1	211.9	142.6	86	59.9	42.2	36.2	40.4	202.8	32.6
1R	10700	43.51	615.540584	94.2	84.3	77.7	61.3	40.3	34.6	24.5	22	25.8	77.8	31.2
1L	10800	43.13	610.164684	154.8	138.3	126	95.2	62.5	49.7	36.5	28.8	33.4	129.4	32.6
1R	10901	40.83	577.62634	442.9	372.2	314.3	183.3	99.7	65.3	43.5	36.2	40.4	326.3	31.2
1L	11001	41.57	588.095199	270.9	225.4	195.8	125	75.8	57.2	40.9	33.9	37.7	198.5	32.6
1R	11101	41.9	592.763744	220.1	196.7	177.5	129.2	86.2	67.1	47.5	39.3	42.2	176.6	31.2
1L	11210	44.16	624.736203	151.5	132.1	119.2	85.9	51.6	39.3	28	25.2	32	114	32.6
1R	11299	37.49	530.375006	470.7	350.1	269.7	136.2	75.6	55.3	37.6	31.7	37.4	292.5	31.2
1L	11400	40.36	570.9772	286.4	146.5	163.7	111.2	67.1	47.5	32	25.3	31.7	178.2	32.6
1R	11500	42.2	597.007875	349.2	306.3	275.1	183.5	107.9	72.3	45.3	35.3	40.5	260.7	31.2
1L	11600	38.84	549.473599	630	477.7	412.1	245.9	143.8	104.8	77	62.5	61.5	417.9	32.6
1R	11695	40.43	571.967498	454.1	376.2	319.2	164.3	75.5	55.3	38.6	32.8	37.6	289.4	31.2
1L	11800	42.96	607.759676	180.3	148.2	130	95.5	67.1	54.9	39.4	32.7	34.6	129.2	32.6
1R	11898	42.68	603.798486	289.6	237.7	202.7	123.7	76.5	58.5	42.1	35.8	39.1	203.2	31.2
1L	12000	42.71	604.2229	445.1	368.6	307.6	171	94.8	66.5	47.9	41.3	45.6	301.1	32.6
1R	12099	42.09	595.451694	260.2	211.2	181.3	121.3	78.8	63.7	47.5	41.2	45	187.9	31.2
1L	12201	39.63	560.649813	457.7	394.6	343.3	205.1	116.9	82.4	58.5	47.8	49.7	319.8	32.6
1R	12301	42.91	607.052321	250.5	164	117.5	56.4	31.8	29.9	22.4	21.6	28.2	112.9	31.2
1L	12400	41.51	587.246372	239.2	178.8	133.2	58.8	29.2	26.7	20.8	20.9	27.9	126.9	32.6
1R	12500	42.59	602.525247	183.6	148.2	125.9	78.1	46.6	37	25.8	22.5	26.6	115.1	31.2
1L	12602	41.89	592.622273	309.4	269.9	241.2	162	98.7	69.2	47.4	39.2	43	241.7	32.6
1R	12700	42.03	594.602867	443.4	354.5	306	193.9	120.5	87.7	61.1	47.1	47.2	298.2	31.2
1L	12800	40.06	566.733068	142.7	129.3	120.4	95.4	65.3	52.9	38.8	32	33.2	119.3	32.6
1R	12901	37.48	530.233535	589.8	479.9	401.9	226.4	117.7	72.2	42.4	34.7	40	401.1	31.2
1L	13000	41.52	587.387843	340.5	286.4	251	152.5	88.1	63.1	45.3	38.7	43.5	248	32.6
1R	13097	41.2	582.860769	566.1	491.6	420.4	256.1	151.8	105.8	74.4	58.8	59.4	401.6	31.2
1L	13200	43.11	609.881742	153.4	140.5	123.4	79.9	45.8	35	24.1	21.2	26.9	116.6	32.6
1R	13301	40.97	579.606935	220	185.8	166.6	117	74.6	56.5	38.1	31.1	34.3	158.8	31.2
1L	13400	43.41	614.125874	88.7	73.4	66.1	48	29.5	26	18.3	17	22.5	67.6	32.6
1R	13501	38.01	537.731501	97.8	69.3	57.8	38.7	20.8	18.9	12.8	12.8	18.9	56.3	31.2
1L	13605	39.86	563.903647	301.5	244.6	205.4	128	73.5	52.5	35.8	28.3	30.6	195.1	32.6
1R	13700	40.66	575.221332	352.4	286	231.7	127	65.4	39.5	21.6	13.8	16.5	226.7	35.4
1L	13794	38.84	549.473599	90.7	66.5	60.7	44.5	23.7	18	9.8	8.2	13.1	60.9	32.6
1L	14000	37.99	537.448559	217.2	153.3	124	74	42.5	33.5	22.6	20	25.5	117	32.6
1L	14200	38.8	548.907715	179.5	160.4	146.5	102.1	64	49.5	34	26.9	28.8	145.6	35.4
1L	14403	38.61	546.219765	315.6	275.3	240.1	147.8	81.4	53.2	31.6	23	25.1	228	35.4

6.47 Hoja Eliminación datos atípicos y Normalización por carga

Eliminación de datos atípicos y Normalización por carga													
Carga Normalizada			40 kN			Esfuerzo Normalizado						566 kPa	
Temperatura Normalizada			20 °C			Espesor de la capa bituminosa (hi)						32 cm	
hi cm	Carga	Temperatura	0 cm	20 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm	210 cm	30 cm	
			D(0) μm	D(1) μm	D(2) μm	D(3) μm	D(4) μm	D(5) μm	D(6) μm	D(7) μm	D(8) μm	D(9) μm	
32	0.98280098	0.99238											0+000
32	1.00603622	0.71592	72.54	58.55	51.71	35.21	16.10	14.08	7.14	6.84	13.18	56.34	0+069
32	0.96200096	0.99238	108.51	95.82	88.12	68.40	47.81	40.60	31.65	27.42	30.69	89.08	0+141
32	0.97252614	0.71592	117.09	97.64	88.60	62.92	36.57	29.18	18.77	16.44	21.30	89.28	0+207
32	1.011378	0.99238	144.12	132.09	122.68	92.84	62.00	46.12	32.57	25.79	27.61	119.85	0+283
32	0.98473658	0.71592	161.20	137.27	122.30	86.36	50.32	37.72	23.63	19.60	24.91	118.07	0+352
32	0.96061479	0.99238	70.03	60.71	54.47	40.25	24.98	20.17	13.83	11.62	14.70	55.04	0+421
32	0.95306171	0.71592	238.27	172.12	139.15	87.97	50.61	34.79	20.30	14.87	18.11	134.86	0+490
32	0.92229652	0.99238	106.71	94.26	87.62	67.42	45.01	34.96	24.26	19.28	21.31	87.80	0+563
32	0.93896714	0.71592	155.49	123.57	106.57	63.94	29.20	21.78	13.33	12.02	17.46	103.19	0+633
32	0.90785293	0.99238	78.17	63.91	56.83	41.13	25.42	19.70	13.89	12.07	15.52	56.11	0+703
32	0.9913259	0.71592	261.81	202.73	172.00	100.92	50.46	34.70	21.31	17.65	21.61	150.98	0+770
32	0.98936433	0.99238	147.42	132.57	121.00	86.87	54.12	38.78	26.02	20.48	23.45	122.58	0+844
32	0.95419847	0.71592	74.14	64.60	58.78	42.84	23.28	18.89	11.35	10.69	16.03	58.87	0+912
32	1.04520512	0.99238	103.89	93.44	88.11	71.28	50.27	41.70	31.25	26.65	29.79	88.32	0+987
32	0.92357423	0.71592	110.74	92.27	83.21	57.72	32.14	24.01	14.22	12.28	16.62	80.91	1+055
32	0.94473311	0.99238	112.05	100.33	92.39	69.72	46.86	38.55	29.19	25.60	28.81	93.25	1+125
32	0.96038415	0.71592	162.79	144.25	133.01	103.53	72.61	58.49	41.58	34.00	36.97	124.56	1+195
32	1.05764146	0.99238	122.37	113.70	105.55	79.96	53.41	43.26	31.94	27.29	30.78	104.49	1+267
32	0.96828855	0.71592	94.02	78.04	68.85	43.77	20.04	15.30	7.65	7.46	13.17	65.65	1+335
32	0.92721372	0.99238	112.10	103.20	95.78	75.66	53.50	43.67	33.10	27.82	29.95	95.87	1+408
32	0.95260776	0.71592	212.62	168.61	150.61	107.07	67.92	51.25	35.44	29.34	33.53	148.23	1+477
32	0.97943193	0.99238	193.63	166.60	152.20	111.66	74.83	56.32	39.18	30.17	30.66	156.51	1+547
32	0.95351609	0.71592	114.23	95.54	85.91	60.45	36.04	30.32	21.07	19.26	24.03	83.81	1+618
32	0.94966762	0.99238	128.11	114.43	106.08	79.11	52.23	40.17	28.40	22.41	24.69	105.22	1+690
32	0.9418413	0.71592	63.10	50.86	46.43	32.96	16.67	14.88	8.66	8.38	13.75	46.15	1+757
32	0.97370983	0.99238	141.48	126.87	118.50	93.87	67.67	54.14	41.09	32.91	33.98	115.97	1+830
32	0.97560976	0.71592	152.78	85.85	61.95	42.83	26.15	25.37	18.73	18.05	23.71	65.46	1+872
32	0.95419847	0.99238											1+972
32	0.91053949	0.71592	163.72	134.21	116.55	75.57	45.53	26.04	13.84	11.38	15.57	115.64	2+039
32	0.95306171	0.99238	180.32	163.83	152.11	116.46	82.06	64.90	48.89	40.89	41.36	149.73	2+112
32	0.90785293	0.71592	83.43	69.45	63.64	44.67	24.51	19.52	11.53	9.80	14.25	62.73	2+178
30	0.96176966	0.99285	319.02	269.49	228.52	133.11	76.65	54.15	38.57	31.26	34.53	232.84	2+251
32	0.99800399	0.71592	99.00	81.14	72.65	50.50	27.35	22.16	13.37	11.48	15.67	73.85	2+318
30	0.97632414	0.99285	184.72	170.37	160.02	124.97	88.36	69.22	49.99	38.86	37.98	158.65	2+391
32	0.95510984	0.71592	363.04	278.13	219.20	90.35	29.32	16.33	8.50	8.88	14.23	219.77	2+461
30	0.93370682	0.99285	136.32	119.61	106.54	75.82	51.17	40.99	29.97	24.84	26.70	105.42	2+531
32	0.96084554	0.71592	102.62	86.19	76.39	50.64	25.65	18.83	10.09	8.84	14.32	74.85	2+598
30	0.96758587	0.99285	107.40	91.53	83.31	59.12	34.45	24.87	15.97	12.87	17.32	88.05	2+674
32	0.96548395	0.71592	221.29	177.36	149.36	92.78	53.58	42.77	29.74	25.68	30.99	144.82	2+738
30	0.93218364	0.99285	85.85	71.03	63.39	46.33	27.97	20.69	12.96	10.25	13.33	63.67	2+815
32	0.96200096	0.71592	269.26	195.00	158.63	102.84	62.53	46.66	30.01	23.67	26.55	161.14	2+880
30	1.05708245	0.99285	131.08	109.09	97.04	63.42	34.67	24.10	13.85	10.04	13.00	96.51	2+953
32	0.96899225	0.71592	130.33	102.03	87.98	52.13	24.32	18.12	9.79	8.91	13.86	95.25	3+022
30	0.98400984	0.99285	109.42	98.40	92.40	71.93	48.51	40.93	30.90	26.86	30.21	92.60	3+093
32	0.95079629	0.71592	161.16	131.88	116.00	79.30	47.92	38.32	26.62	23.96	27.48	112.76	3+165
30	0.95374344	0.99285	184.74	160.13	140.01	84.60	42.73	25.37	12.59	8.77	13.16	133.14	3+236
32	0.96781999	0.71592	322.67	243.79	194.05	115.85	69.01	51.39	33.49	25.84	26.71	193.76	3+305
30	0.95877277	0.99285	127.42	116.78	108.25	82.93	56.76	44.20	30.97	24.74	27.13	111.70	3+382
32	0.98304252	0.71592	96.04	77.66	67.24	45.12	24.28	21.63	14.84	13.86	20.35	62.62	3+377
30	0.97967181	0.99285	96.99	89.74	83.96	66.52	45.26	37.42	27.43	23.61	27.82	82.19	3+517
32	0.96735187	0.71592	318.74	271.05	238.26	158.65	98.19	74.78	55.14	47.11	113.86	232.74	3+585
30	1.02040816	0.99285	270.82	241.73	222.76	168.47	118.06	92.35	69.59	57.45	57.24	221.12	3+656
32	1.00882724	0.71592	200.76	167.67	148.80	110.26	74.25	61.64	45.60	39.75	44.79	149.61	3+725
30	1.0384216	0.99285											3+797
32	0.99181751	0.77717	300.12	233.67	193.60	112.97	72.20	60.60	45.33	40.17	44.73	194.99	3+867
30	0.97442144	0.99285	187.19	165.55	149.96	105.82	68.99	52.72	38.10	30.79	33.52	142.56	3+938
32	1.05960265	0.77717	255.68	224.21	196.56	127.36	73.54	51.50	32.85	27.13	32.21	194.75	4+008
30	0.91533181	0.99285	124.03	104.81	92.08	58.86	31.67	21.78	13.36	10.43	14.28	87.60	4+078
32	0.94428706	0.77717	277.34	241.36	204.72	104.06	44.95	26.91	14.64	13.13	18.79	183.29	4+149
30	0.98425197	0.99285	100.98	88.48	80.51	56.50	32.19	24.21	15.45	12.50	16.63	79.33	4+219
32	0.98207709	0.77717	191.21	152.91	126.79	70.91	38.69	30.74	20.92	19.35	24.85	126.79	4+280

UCUENCA

30	1.01497082	0.99285	88.61	79.07	73.99	61.00	42.63	36.84	27.10	22.74	26.39	76.43	4+367
32	0.98911968	0.77717	256.68	195.45	159.64	88.63	42.83	27.10	14.14	12.36	18.00	167.26	4+428
30	0.99206349	0.99285	347.92	284.72	249.80	151.19	89.29	59.72	37.90	29.07	31.05	250.99	4+499
32	0.97751711	0.77717	250.64	187.98	157.48	90.03	42.91	27.47	15.15	14.08	21.41	164.52	4+571
30	0.97632414	0.99285	87.67	77.13	69.12	51.94	35.25	30.66	22.75	20.60	24.90	70.20	4+642
32	0.9596929	0.77717	102.02	76.58	62.28	42.23	24.95	22.07	15.36	14.30	19.19	60.27	4+711
30	0.97751711	0.76781	180.25	156.21	135.68	84.65	48.09	35.09	24.63	21.51	26.00	132.36	4+782
32	0.98015192	0.77717	578.19	430.78	349.91	188.58	107.13	74.20	50.87	40.48	42.54	382.95	4+848
30	0.93742676	0.76781	109.12	82.68	72.74	55.40	36.37	31.31	23.81	20.81	25.31	78.56	4+924
32	0.97442144	0.77717	249.84	224.60	204.73	145.29	94.91	68.40	45.90	33.81	34.01	209.70	4+993
30	0.98814229	0.76781	316.40	261.07	231.62	120.95	77.87	55.73	37.55	29.15	32.11	241.80	5+064
32	0.97943193	0.77717	181.98	106.66	99.41	74.83	47.60	38.00	25.37	20.27	25.37	99.51	5+134
30	0.92144667	0.76781	59.53	49.02	43.22	30.04	16.59	15.76	11.15	10.78	16.03	44.51	5+208
32	1.04302477	0.77717	448.71	333.56	255.65	147.48	84.80	60.18	40.57	31.29	33.90	271.29	5+272
30	1.001001	0.76781	90.69	81.48	75.58	56.66	35.34	29.33	20.72	18.52	23.62	77.28	5+345
32	1.02459016	0.77717	425.51	313.93	268.24	170.39	101.54	72.03	48.67	39.65	42.11	257.79	5+415
30	1.001001	0.76781	79.28	68.77	61.36	38.14	17.62	12.21	6.01	5.01	11.11	62.56	5+484
32	1.04329682	0.77717	237.66	205.74	173.60	106.52	55.71	33.80	18.36	14.50	18.36	177.46	5+552
30	1.02354145	0.76781	254.04	225.79	205.22	143.60	89.25	60.90	37.97	26.61	27.33	206.45	5+625
32	1.05429626	0.77717	143.49	121.56	110.60	76.23	49.55	41.96	30.26	27.41	31.95	103.85	5+681
30	1.02827763	0.76781	59.43	52.85	48.84	36.20	20.36	19.23	13.68	13.68	20.87	48.12	5+770
32	1.04876777	0.77717	387.52	279.71	241.22	161.93	94.91	65.23	40.27	28.63	29.47	245.73	5+832
30	1.03869125	0.76781											5+907
32	1.00553042	0.77717	429.16	326.19	244.14	108.70	48.47	31.47	19.91	16.59	20.71	251.28	5+978
30	0.96899225	0.76781	275.00	240.70	217.25	152.91	99.32	71.41	49.32	39.92	41.09	209.98	6+047
32	0.93044894	0.77717	93.42	72.67	65.32	47.55	27.73	22.89	14.70	13.40	17.68	64.95	6+117
30	0.96548395	0.76781	192.52	172.82	157.18	111.13	71.06	53.49	38.33	31.57	34.76	153.13	6+190
32	0.93370682	0.77717	78.62	68.91	64.24	52.85	35.85	30.91	22.50	19.42	24.65	62.93	6+258
30	0.9923096	0.76781	131.28	117.09	106.47	78.29	52.00	40.98	28.68	23.82	27.39	102.41	6+330
32	0.99676053	0.77717	131.27	97.08	78.54	48.64	26.61	23.82	16.55	16.25	22.33	77.65	6+396
30	0.94317378	0.76781	91.58	80.45	73.57	55.93	35.75	31.12	22.07	20.09	24.62	75.17	6+470
32	0.94007051	0.77717	460.73	222.33	156.15	86.49	49.64	39.29	27.45	23.31	28.01	172.50	6+535
30	0.93414292	0.76781	49.51	41.29	37.37	29.33	17.75	17.56	12.42	12.14	17.09	38.39	6+613
32	0.99181751	0.77717	361.42	298.74	254.70	151.95	83.11	53.46	33.33	26.78	31.24	256.29	6+682
30	0.97134531	0.76781	271.49	256.82	242.93	195.34	142.11	109.96	78.19	59.45	56.24	229.43	6+751
32	0.93567251	0.77717	274.53	223.63	199.67	139.23	88.61	63.81	43.04	35.18	38.83	202.95	6+821
30	0.9478673	0.76781	169.10	150.71	139.05	107.30	74.41	58.48	41.71	33.55	35.64	135.64	6+910
32	1.05540897	0.77717	272.93	208.97	172.03	88.76	39.89	26.91	15.94	14.78	22.16	158.21	6+962
34	0.94652153	0.74476	118.60	99.86	88.59	66.26	44.58	38.14	27.92	24.33	27.83	88.78	7+033
32	1.04220948	0.77717	532.36	475.77	415.84	265.03	145.49	85.15	51.59	39.92	44.40	411.88	7+102
34	0.95011876	0.74476	198.38	179.86	170.07	143.28	108.03	84.18	60.62	46.46	44.09	173.30	7+175
32	0.968523	0.77717	196.03	175.59	163.10	126.39	86.97	65.28	44.94	35.16	36.22	167.46	7+242
34	1.04112441	0.74476	463.20	421.66	359.92	204.69	108.28	72.88	51.54	36.96	37.69	326.08	7+313
32	0.96455269	0.77717	176.42	146.23	129.25	90.67	57.97	46.49	33.47	29.42	34.05	127.42	7+380
34	1.041938	0.74476	281.64	251.21	220.79	148.58	89.61	62.41	43.97	37.72	42.09	211.31	7+453
32	0.91932889	0.77717	86.60	77.50	71.43	56.35	37.05	31.81	22.52	20.23	23.72	71.52	7+524
32	0.9274287	0.75611	143.57	128.26	116.86	88.29	57.96	46.09	33.85	26.71	30.98	120.01	7+594
32	0.97967181	0.77717	433.90	364.63	307.91	179.57	97.67	63.97	42.62	35.46	39.58	319.67	7+665
32	0.96223238	0.75611	260.67	216.89	188.41	120.28	72.94	55.04	39.36	32.62	36.28	191.00	7+736
32	0.95465394	0.77717	210.12	187.78	169.45	123.34	82.29	64.06	45.35	37.52	40.29	168.59	7+806
32	0.9057971	0.75611	137.23	119.66	107.97	77.81	46.74	35.60	25.36	22.83	28.99	103.26	7+883
32	1.06695119	0.77717	502.21	373.54	287.76	145.32	80.66	59.00	40.12	33.82	39.90	312.08	7+945
32	0.99108028	0.75611											8+016
32	0.9478673	0.77717	331.00	290.33	260.76	173.93	102.27	68.53	42.94	33.46	38.39	247.11	8+087
32	1.02986612	0.75611	648.82	491.97	424.41	253.24	148.09	107.93	79.30	64.37	63.34	430.38	8+157
32	0.98936433	0.77717	449.27	372.20	315.81	162.55	74.70	54.71	38.19	32.45	37.20	286.32	8+224
32	0.9310987	0.75611	167.88	137.99	121.04	88.92	62.48	51.12	36.69	30.45	32.22	120.30	8+298
32	0.93720712	0.77717	271.42	222.77	189.97	115.93	71.70	54.83	39.46	33.55	36.64	190.44	8+367
32	0.93654882	0.75611	416.86	345.21	288.08	160.15	88.78	62.28	44.86	38.68	42.71	281.99	8+438
32	0.9503445	0.77717	247.28	200.71	172.30	115.28	74.89	60.54	45.14	39.15	42.77	178.57	8+508
32	1.00933636	0.75611	461.97	398.28	346.51	207.01	117.99	83.17	59.05	48.25	50.16	322.79	8+580
32	0.93218364	0.77717	233.51	152.88	109.53	52.58	29.64	27.87	20.88	20.14	26.29	105.24	8+650
32	0.96362322	0.75611	230.50	172.30	128.35	56.66	28.14	25.73	20.04	20.14	26.89	122.28	8+720
32	0.9391876	0.77717	172.43	139.19	118.24	73.35	43.77	34.75	24.23	21.13	24.98	108.10	8+790
32	0.95488183	0.75611	295.44	257.72	230.32	154.69	94.25	66.08	45.26	37.43	41.06	230.79	8+862
32	0.95170117	0.77717	421.98	337.38	291.22	184.53	114.68	83.46	58.15	44.83	44.92	283.80	8+930
32	0.99850225	0.75611	142.49	129.11	120.22	95.26	65.20	52.82	38.74	31.95	33.15	119.12	9+001
32	1.06723586	0.77717	629.46	512.17	428.92	241.62	125.61	77.05	45.25	37.03	42.69	428.07	9+072
32	0.96339114	0.75611	328.03	275.92	241.81	146.92	84.87	60.79	43.64	37.28	41.91	238.92	9+141
32	0.97087379	0.77717	549.61	477.28	408.16	248.64	147.38	102.72	72.23	57.09	57.67	389.90	9+210
32	0.92785897	0.75611	142.33	130.36	114.50	74.14	42.50	32.48	22.36	19.67	24.96	108.19	9+282
32	0.97632414	0.77717	214.79	181.40	162.66	114.23	72.83	55.16	37.20	30.36	33.49	155.04	9+353
32	0.92144667	0.75611	81.73	67.63	60.91	44.23	27.18	23.96	16.86	15.66	20.73	62.29	9+423
32	1.05235464	0.77717	102.92	72.93	60.83	40.73	21.89	19.89	13.47	13.47	19.89	59.25	9+494
32	1.00351229	0.75611	302.56	245.46	206.12	128.45	73.76	52.68	35.93	28.40	30.71	195.79	9+567
32	0.98376783	0.71724	346.68	281.36	227.94	124.94	64.34	38.86	21.25	13.58	16.23	223.02	9+634
32	1.02986612	0.75611	93.41	68.49	62.51	45.83	24.41	18.54	10.09	8.44	13.49	62.72	9+700
32	1.05290866	0.75611	228.69	161.41	130.56	77.92	44.75	35.27	23.80	21.06	26.85	123.19	9+845
32	1.03092784	0.71724	185.05	165.36	151.03	105.26	65.98	51.03	35.05	27.73	29.69	150.10	9+985
32	1.03600104	0.71724	326.96	285.21	248.74	153.12	84.33	55.12	32.74	23.83	26.00	236.21	10+128

6.48 Hoja de cálculo Secciones Homogéneas y Deflexión Característica

SECCIONES HOMOGENEAS													
Carril	Abscisa km	Distancia Intervalo dxi	Distancia Acumulativa Suma (dxi)	Deflexiones		Area Intervalo ai	Area Acumulativa Suma(ai)	Diferencia Acumulada Zx	Diferencia Acumulada Recta	Deflexion Promedio µm	Desviación Estandar	Deflexión Característica Prom+1,65*DE	Coeficient e de variación
				Do µm	Do_prom µm								
DER	0+000	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+069	68.91	68.91	72.54	72.54	4998.57	4998.57	-9882.15	-5625.86	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+141	71.73	140.64	108.51	90.52	6492.87	11491.44	-18877.38	-11481.35	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+207	66.10	206.74	117.09	112.80	7456.22	18947.67	-25694.51	-16877.59	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+283	75.94	282.68	144.12	130.61	9918.82	28866.49	-32174.85	-23077.52	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+352	68.91	351.59	161.20	152.66	10520.25	39386.74	-36535.32	-28703.38	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+421	69.62	421.21	70.03	115.62	8048.60	47435.34	-43519.29	-34386.65	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+490	68.91	490.12	238.27	154.15	10622.63	58057.97	-47777.38	-40012.51	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+563	72.43	562.55	106.71	172.49	12492.97	70550.94	-50924.35	-45925.41	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+633	70.32	632.87	155.49	131.10	9218.87	79769.82	-56889.89	-51666.09	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+703	70.32	703.19	78.17	116.83	8215.30	87985.12	-63859.00	-57406.76	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+770	66.80	769.99	261.81	169.99	11355.64	99340.76	-66928.55	-62860.41	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+844	73.83	843.82	147.42	204.61	15107.47	114448.23	-67764.72	-68888.12	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	0+912	68.21	912.03	74.14	110.78	7556.09	122004.31	-74937.51	-74456.57	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	0+987	74.54	986.57	103.89	89.02	6635.15	128639.47	-84397.83	-80541.69	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+055	68.91	1055.48	110.74	107.31	7395.32	136034.79	-91883.23	-86167.55	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+125	69.62	1125.10	112.05	111.39	7754.54	143789.33	-99161.26	-91850.82	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+195	69.62	1194.71	162.79	137.42	9566.23	153355.56	-104627.60	-97534.09	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+267	72.43	1267.14	122.37	142.58	10326.61	163682.17	-109940.94	-103446.99	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+335	68.21	1335.35	94.02	108.19	7379.88	171062.05	-117289.93	-109015.45	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+408	72.43	1407.78	112.10	103.06	7464.49	178526.54	-125465.39	-114928.34	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+477	68.91	1476.69	212.62	162.36	11188.68	189715.22	-129157.43	-120554.20	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+547	70.32	1547.01	193.63	203.13	14283.68	203998.90	-130058.16	-126294.88	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+618	71.02	1618.03	114.23	153.93	10932.57	214931.47	-134461.84	-132092.96	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+690	72.43	1690.46	128.11	121.17	8776.18	223707.65	-141325.61	-138005.86	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+757	66.80	1757.26	63.10	95.61	6386.79	230094.45	-149364.00	-143459.50	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	1+830	72.43	1829.69	141.48	102.29	7408.81	237503.26	-157595.14	-149372.40	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	1+872	42.19	1871.88	152.78	147.13	6207.60	243710.86	-160498.18	-152816.81	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	2+039	167.36	2039.24	163.72	163.72	27399.09	271109.95	-169237.99	-166479.62	134.60	49.47	216.23	36.75439
DER	2+112	73.13	2112.37	180.32	172.02	12579.86	283689.81	-172449.92	-172449.92	134.60	49.47	216.23	36.75439
IZQ	2+178	65.40	2177.77	83.43	131.88	8624.18	292313.99	-177947.24	-174249.47	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	2+251	73.13	2250.90	319.02	201.23	14715.90	307029.89	-179023.14	-176261.86	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	2+318	67.51	2318.41	99.00	209.01	14109.45	321139.34	-179490.72	-178119.46	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	2+391	72.43	2390.84	184.72	141.86	10274.76	331414.10	-184855.90	-180112.50	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	2+461	70.32	2461.15	363.04	273.88	19258.80	350672.90	-180781.51	-182047.50	182.17	86.22	324.44	47.33164

DER	2+531	69.62	2530.77	136.32	249.68	17381.54	368054.44	-178432.54	-183963.14	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	2+598	67.51	2598.28	102.62	119.47	8064.92	376119.36	-184944.66	-185820.74	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	2+674	75.94	2674.22	107.40	105.01	7974.91	384094.27	-193368.91	-187910.54	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	2+738	63.29	2737.51	221.29	164.35	10400.90	394495.17	-196633.98	-189652.03	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	2+815	77.35	2814.86	85.85	153.57	11878.84	406374.02	-201457.99	-191780.53	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	2+880	65.40	2880.25	269.26	177.56	11611.72	417985.74	-203967.77	-193580.07	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	2+953	73.13	2953.38	131.08	200.17	14638.80	432624.54	-205120.76	-195592.47	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+022	68.91	3022.30	130.33	130.70	9007.10	441631.64	-210994.38	-197488.77	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+093	71.02	3093.32	109.42	119.88	8513.79	450145.44	-217816.84	-199443.11	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+165	71.73	3165.04	161.16	135.29	9703.75	459849.19	-223601.19	-201416.81	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+236	71.02	3236.07	184.74	172.95	12283.24	472132.42	-226654.21	-203371.15	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+305	68.91	3304.98	322.67	253.71	17483.44	489615.87	-224051.49	-205267.45	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+382	77.35	3382.33	127.42	225.05	17407.44	507023.30	-223346.91	-207395.94	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+377	-4.92	3377.41	96.04	111.73	-549.98	506473.32	-222833.98	-207260.49	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+517	139.93	3517.34	96.99	96.52	13505.80	519979.12	-239545.16	-211111.14	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+585	67.51	3584.85	318.74	207.86	14032.12	534011.24	-240090.07	-212968.73	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+656	71.02	3655.87	270.82	294.78	20935.78	554947.03	-234490.55	-214923.08	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+725	68.91	3724.78	200.76	235.79	16248.59	571195.62	-233122.68	-216819.37	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	3+867	142.04	3866.82	300.12	300.12	42630.73	613826.35	-221164.46	-220728.07	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	3+938	71.02	3937.85	187.19	243.66	17304.85	631131.19	-219195.87	-222682.41	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	4+008	70.32	4008.16	255.68	221.43	15570.96	646702.16	-218809.32	-224617.41	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	4+078	70.32	4078.48	124.03	189.85	13350.34	660052.50	-220643.39	-226552.40	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	4+149	70.32	4148.80	277.34	200.68	14111.71	674164.21	-221716.09	-228487.40	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	4+219	70.32	4219.12	100.98	189.16	13301.53	687465.74	-223598.97	-230422.39	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	4+280	60.47	4279.60	191.21	146.10	8835.10	696300.84	-227822.46	-232086.49	182.17	86.22	324.44	47.33164
DER	4+367	87.90	4367.49	88.61	139.91	12297.74	708598.58	-234505.24	-234505.24	182.17	86.22	324.44	47.33164
IZQ	4+428	60.47	4427.97	256.68	172.64	10440.35	719038.93	-237123.48	-233600.39	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	4+499	71.02	4498.99	347.92	302.30	21469.67	740508.60	-230990.07	-232537.73	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	4+571	71.73	4570.71	250.64	299.28	21465.59	761974.19	-225012.58	-231464.55	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	4+642	71.73	4642.44	87.67	169.15	12132.63	774106.82	-228368.05	-230391.36	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	4+711	68.91	4711.35	102.02	94.84	6535.96	780642.78	-236712.81	-229360.26	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	4+782	71.02	4782.37	180.25	141.13	10023.65	790666.44	-242025.41	-228297.60	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	4+848	65.40	4847.77	578.19	379.22	24799.80	815466.24	-231347.11	-227319.11	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	4+924	75.94	4923.71	109.12	343.65	26098.52	841564.76	-221647.75	-226182.79	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	4+993	69.62	4993.33	249.84	179.48	12494.52	854059.29	-224185.80	-225141.17	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	5+064	71.02	5064.35	316.40	283.12	20107.88	874167.17	-219414.17	-224078.51	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+134	69.62	5133.97	181.98	249.19	17347.54	891514.71	-217099.19	-223036.89	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	5+208	73.83	5207.80	59.53	120.75	8915.67	900430.39	-224127.15	-221932.14	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+272	64.69	5272.49	448.71	254.12	16439.66	916870.05	-221657.15	-220964.17	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	5+345	72.43	5344.92	90.69	269.70	19533.90	936403.95	-217763.20	-219880.47	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+415	70.32	5415.24	425.51	258.10	18149.36	954553.30	-214798.25	-218828.32	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	5+484	68.91	5484.15	79.28	252.40	17393.18	971946.48	-212285.80	-217797.23	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+552	67.51	5551.66	237.66	158.47	10697.74	982644.22	-216165.09	-216787.17	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	5+625	73.83	5625.49	254.04	245.85	18152.46	1000796.69	-213956.26	-215682.42	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+681	55.55	5681.05	143.49	198.77	11041.82	1011838.51	-214910.13	-214851.23	219.11	140.17	450.40	63.97373

DER	5+770	89.30	5770.35	59.43	101.46	9061.04	1020899.55	-225133.29	-213515.01	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+832	61.88	5832.23	387.52	223.48	13828.86	1034728.41	-224666.71	-212589.12	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	5+978	145.56	5977.79	429.16	429.16	62468.45	1097196.85	-193630.00	-210411.19	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	6+047	69.62	6047.41	275.00	352.08	24510.24	1121707.09	-184152.33	-209369.57	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	6+117	69.62	6117.02	93.42	184.21	12823.77	1134530.86	-186361.13	-208327.95	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	6+190	73.13	6190.15	192.52	142.97	10455.40	1144986.26	-191697.51	-207233.72	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	6+258	68.21	6258.36	78.62	135.57	9246.96	1154233.22	-197179.43	-206213.15	219.11	140.17	450.40	63.97373
DER	6+330	71.73	6330.09	131.28	104.95	7527.57	1161760.79	-205139.96	-205139.96	219.11	140.17	450.40	63.97373
IZQ	6+396	66.10	6396.19	131.27	131.28	8677.42	1170438.21	-210735.89	-203195.86	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	6+470	73.83	6470.02	91.58	111.43	8227.23	1178665.44	-218452.30	-201024.25	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	6+535	64.69	6534.72	460.73	276.16	17865.37	1196530.81	-214556.59	-199121.52	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	6+613	78.05	6612.77	49.51	255.12	19913.00	1216443.80	-211498.29	-196825.82	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	6+682	69.62	6682.38	361.42	205.46	14303.47	1230747.28	-212227.38	-194778.31	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	6+751	68.21	6750.59	271.49	316.45	21585.09	1252332.37	-205371.16	-192772.16	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	6+821	70.32	6820.91	274.53	273.01	19197.61	1271529.98	-201357.97	-190703.97	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	6+910	89.30	6910.22	169.10	221.81	19808.94	1291338.92	-200833.23	-188077.36	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	6+962	51.33	6961.55	272.93	221.01	11345.24	1302684.16	-200572.61	-186567.58	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+033	71.02	7032.57	118.60	195.76	13903.52	1316587.69	-202005.34	-184478.70	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+102	69.62	7102.19	532.36	325.48	22658.44	1339246.13	-194379.47	-182431.19	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+175	72.43	7174.62	198.38	365.37	26463.30	1365709.43	-183556.11	-180300.95	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+242	67.51	7242.12	196.03	197.21	13312.64	1379022.07	-184820.50	-178315.48	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+313	71.02	7313.14	463.20	329.61	23409.71	1402431.78	-176747.05	-176226.61	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+380	66.80	7379.95	176.42	319.81	21363.95	1423795.73	-169808.29	-174261.82	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+453	73.13	7453.08	281.64	229.03	16749.02	1440544.75	-168851.06	-172110.90	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+524	71.02	7524.10	86.60	184.12	13076.43	1453621.17	-171110.89	-170022.02	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+594	70.32	7594.42	143.57	115.08	8092.51	1461713.69	-178202.79	-167953.83	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+665	71.02	7665.44	433.90	288.73	20506.24	1482219.92	-173032.81	-165864.95	248.70	139.68	479.17	56.16562
DER	7+736	70.32	7735.76	260.67	347.28	24420.46	1506640.39	-163796.76	-163796.76	248.70	139.68	479.17	56.16562
IZQ	7+806	70.32	7806.08	210.12	235.39	16552.60	1523192.98	-162428.57	-156179.97	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	7+883	76.65	7882.72	137.23	173.67	13311.64	1536504.62	-165667.94	-147877.67	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	7+945	62.58	7945.31	502.21	319.72	20009.31	1556513.93	-159172.76	-141098.73	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+087	141.34	8086.65	331.00	331.00	46783.05	1603296.98	-142910.38	-125788.99	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	8+157	70.32	8156.97	648.82	489.91	34449.51	1637746.49	-123645.28	-118172.20	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+224	66.80	8223.77	449.27	549.04	36677.58	1674424.07	-101392.89	-110936.25	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	8+298	73.83	8297.60	167.88	308.57	22783.42	1697207.49	-94553.10	-102938.62	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+367	68.91	8366.52	271.42	219.65	15136.32	1712343.82	-94297.50	-95474.17	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	8+438	71.73	8438.24	416.86	344.14	24683.21	1737027.03	-85102.39	-87705.04	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+508	69.62	8507.86	247.28	332.07	23117.13	1760144.16	-77017.83	-80164.42	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	8+580	71.73	8579.58	461.97	354.63	25435.60	1785579.76	-67070.32	-72395.30	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+650	70.32	8649.90	233.51	347.74	24452.80	1810032.57	-57801.93	-64778.51	331.47	155.83	588.58	47.01082

DER	8+720	69.62	8719.52	230.50	232.01	16151.17	1826183.73	-56683.33	-57237.89	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+790	70.32	8789.84	172.43	201.47	14166.88	1840350.61	-57700.87	-49621.10	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	8+862	71.73	8861.56	295.44	233.94	16779.19	1857129.80	-56409.78	-41851.98	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	8+930	68.91	8930.47	421.98	358.71	24719.70	1881849.50	-46570.80	-34387.52	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	9+001	70.32	9000.79	142.49	282.24	19846.41	1901695.91	-41908.80	-26770.74	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	9+072	71.02	9071.81	629.46	385.97	27412.38	1929108.30	-29832.68	-19077.78	331.47	155.83	588.58	47.01082
DER	9+141	69.62	9141.43	328.03	478.75	33328.08	1962436.38	-11537.16	-11537.16	331.47	155.83	588.58	47.01082
IZQ	9+210	68.21	9209.64	549.61	438.82	29931.74	1992368.12	3665.70	-10739.51	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+282	72.43	9282.07	142.33	345.97	25058.19	2017426.31	13083.95	-9892.52	234.07	140.35	465.64	59.96096
IZQ	9+353	71.02	9353.09	214.79	178.56	12681.84	2030108.15	10429.53	-9061.97	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+423	69.62	9422.70	81.73	148.26	10321.32	2040429.47	5718.28	-8247.88	234.07	140.35	465.64	59.96096
IZQ	9+494	71.02	9493.73	102.92	92.33	6557.19	2046986.66	-3060.79	-7417.33	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+567	73.13	9566.86	302.56	202.74	14826.64	2061813.30	-4025.94	-6562.12	234.07	140.35	465.64	59.96096
IZQ	9+634	66.80	9633.66	346.68	324.62	21685.47	2083498.76	3234.34	-5780.91	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+700	66.10	9699.76	93.41	220.04	14544.83	2098043.60	3505.83	-5007.93	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+845	144.86	9844.62	228.69	161.05	23329.18	2121372.78	-4444.88	-3313.95	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	9+985	140.64	9985.25	185.05	206.87	29093.88	2150466.66	-5719.82	-1669.31	234.07	140.35	465.64	59.96096
DER	10+128	142.75	10128.00	326.96	256.01	36544.18	2187010.84	0.00	0.00	234.07	140.35	465.64	59.96096

6.51 Resumen de Datos de Secciones Homogéneas para Retrocálculo EVERCALC/ELLEA1

DATOS INGRESO EVERCALC Y ELLEA1																	
ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	0 cm	20 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm	ESPESOR TOTAL ESTRUCTURA	ESPESOR ASFALTO (POISON=0,35)	ESPESOR CAPA GRANULAR (POISON=0,40)	ESPESOR MEJORAMIENTO (POISON=0,45)	CARGA	ESFUERZO	TEMPERATURA	TEMPERATURA °F
		D(0) μm	D(1) μm	D(2) μm	D(3) μm	D(4) μm	D(5) μm	D(6) μm	D(7) μm								
0+000	2+112	216.2	176.4	157.0	112.1	75.2	58.1	42.7	34.9	64.7	32.0	40.0	0.0	41.509	0.587	27.65	81.78
2+112	4+367	324.4	265.0	224.9	141.5	90.7	70.5	51.8	43.2	50.0	31.0	25.0	0.0	41.042	0.581	27.36	81.25
4+367	6+330	450.4	347.2	289.3	172.8	103.7	72.6	49.0	38.3	50.0	31.0	15.0	0.0	40.371	0.571	30.65	87.17
6+330	7+736	479.2	397.1	343.2	218.8	132.7	92.3	63.9	49.2	60.0	32.0	26.0	55.0	41.182	0.583	31.90	89.42
7+736	9+141	588.6	471.5	400.6	234.4	133.7	93.0	65.0	52.4	59.5	32.0	32.0	0.0	41.272	0.584	31.90	89.42
9+141	10+128	465.6	397.2	338.1	205.6	120.3	83.5	57.3	45.2	57.0	32.0	27.0	0.0	40.133	0.568	32.98	91.37

6.52 Resumen de Datos de Calicatas para Retrocálculo EVERCALC

DATOS INGRESADOS EVERCALC																	
ABSCISA CALICATA	0 cm	20 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm	ESPESOR ESTRUCTURA (POISON=0,4)	ESPESOR ASFALTO (POISON=0,35)	ESPESOR CAPA GRANULAR (POISON=0,40)	ESPESOR MEJORAMIENTO (POISON=0,4)	CARGA	ESFUERZO	TEMPERATURA	TEMPERATURA °F	
	D(0) μm	D(1) μm	D(2) μm	D(3) μm	D(4) μm	D(5) μm	D(6) μm	D(7) μm									
0+633	155.5	123.6	106.6	63.9	29.2	21.8	13.3	12.0	72.00	32.0	40.0	0.0	42.6	0.603	35.5	95.90	
1+195	162.8	144.2	133.0	103.5	72.6	58.5	41.6	34.0	67.00	32.0	35.0	0.0	41.7	0.589	35.5	95.90	
2+112	180.3	63.7	152.1	116.5	82.1	64.9	48.9	40.9	55.00	30.0	25.0	0.0	42.0	0.594	20.3	68.54	
3+938	187.2	113.0	150.0	105.8	69.0	52.7	38.1	30.8	45.00	30.0	15.0	0.0	41.1	0.581	20.3	68.54	
6+962	272.9	209.0	172.0	88.8	39.9	26.9	15.9	14.8	115.00	34.0	26.0	55.0	37.9	0.536	31.2	88.16	
7+453	230.5	251.2	220.8	148.6	89.6	62.4	44.0	37.7	62.00	32.0	30.0	0.0	38.4	0.543	32.6	90.68	
8+087	331.0	290.3	260.8	173.9	102.3	68.5	42.9	33.5	57.00	32.0	25.0	0.0	42.2	0.597	31.2	88.16	
9+141	328.0	275.9	241.8	146.9	84.9	60.8	43.6	37.3	57.00	32.0	25.0	0.0	41.5	0.587	32.6	90.68	

6.53 Resumen Cálculo Módulos Resilientes Secciones Homogéneas

SECCIONES HOMOGÉNAS		EVERCALC					ELLEAI					YONAPAVE	AASHTO
ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	CARPETA	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	MATERIAL GRANULAR	SUBRASANTE	ERROR	CARPETA	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	MATERIAL GRANULAR	SUBRASANTE	ERROR	SUBRASANTE	SUBRASANTE
0+000	2+112	2046.20	2647.04	240.30	113.30	3.97	2111.90	2732.03	177.10	124.20	2.70	112.03	150.02
2+112	4+367	1068.70	1342.84	238.00	94.10	7.32	1194.20	1500.54	212.34	99.66	5.30	109.06	124.45
4+367	6+330	708.00	1247.81	175.70	76.80	7.11	785.66	1384.69	126.05	82.35	4.70	104.09	97.93
6+330	7+736	748.30	1508.91	78.00	60.30	5.72	658.35	1327.53	70.87	65.28	4.70	70.77	85.00
7+736	9+141	505.50	1019.32	90.90	56.60	9.16	604.82	1219.59	67.92	60.11	7.10	75.23	84.38
9+141	10+128	742.10	1686.27	88.20	67.90	8.12	695.16	1579.61	72.08	71.71	6.40	73.90	93.82

BACKCALCULATION by Evercalc® 5.0 - Summary Output

Route: PANAMERICANA NORTE
 Plate Radius (cm): 15.0
 No of Sensors: 8
 Offsets (cm): .0 20.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0
 180.0

No of Layers: 4
 Stiff Layer: Yes
 P-Ratio: .350 .400 .400 .350

Station	Load (N)	E(1)(MPa)	E(2)(MPa)	E(3)(MPa)	E(4)(MPa)	RMS Error
0+000	Thickness (cm)	32.00	40.00	333.00	-	-
0+000	40000.0	2046.2	240.3	113.3	500.0	3.97
2+112	Thickness (cm)	31.00	25.00	369.00	-	-
2+112	40000.0	1068.7	238.0	94.1	500.0	7.32
4+367	Thickness (cm)	31.00	15.00	267.00	-	-
4+367	40000.0	708.0	175.7	76.8	500.0	7.11
6+330	Thickness (cm)	32.00	81.00	247.00	-	-
6+330	40000.0	748.3	78.0	60.3	500.0	5.72
7+736	Thickness (cm)	32.00	32.00	266.00	-	-
7+736	40000.0	505.5	90.9	56.6	500.0	9.16
9+141	Thickness (cm)	32.00	27.00	281.00	-	-
9+141	40000.0	742.1	88.2	67.9	500.0	8.12

6.54 Resumen Cálculo Módulos Resilientes Calicatas (EVERCALC)

EVERCALC					
ABSCISA CALICATA	CARPETA	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	MATERIA L GRANULAR	SUBRASANTE	ERROR
0+633	1952.60	5917.85	241.00	143.50	11.62
1+195	3938.30	11936.03	390.10	80.80	4.35
2+112	3996.40	2631.64	434.30	94.30	4.86
3+938	2915.30	1919.73	683.40	108.40	6.91
6+962	784.20	1465.69	178.10	50.10	14.07
7+453	1173.40	2555.49	384.30	64.60	11.72
8+087	1250.40	2337.03	199.40	52.90	9.93
9+141	943.30	2054.37	375.70	61.90	13.71

BACKCALCULATION by Evercalc© 5.0 - Summary Output

Route: PANAMERICANA NORTE

Plate Radius (cm): 15.0

No of Sensors: 8

Offsets (cm): .0 20.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0

180.0

No of Layers: 4

Stiff Layer: Yes

P-Ratio: .350 .400 .450 .350

Station	Load (N)	E(1)(MPa)	E(2)(MPa)	E(3)(MPa)	E(4)(MPa)	RMS Error
0+633	Thickness (cm)	32.00	40.00	42.89	-	-
0+633	40000.0	1952.6	241.0	143.5	560.0	11.62
1+195	Thickness (cm)	32.00	35.00	231.46	-	-
1+195	40000.0	3938.3	390.1	80.8	560.0	4.35
2+112	Thickness (cm)	30.00	25.00	373.39	-	-
2+112	40000.0	3996.4	434.3	94.3	560.0	4.86
3+938	Thickness (cm)	30.00	15.00	288.61	-	-
3+938	40000.0	2915.3	683.4	108.4	560.0	6.91
6+962	Thickness (cm)	34.00	81.00	25.00	-	-
6+962	40000.0	784.2	178.1	50.1	560.0	14.07
7+453	Thickness (cm)	32.00	30.00	202.43	-	-
7+453	40000.0	1173.4	384.3	64.6	560.0	11.72
8+087	Thickness (cm)	32.00	25.00	174.65	-	-
8+087	40000.0	1250.4	199.4	52.9	560.0	9.93
9+141	Thickness (cm)	32.00	25.00	191.21	-	-
9+141	40000.0	943.3	375.7	61.9	560.0	13.71

6.55 Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 1 (ELLEA1)

Capas #	Espesores mm	Poisson (-)	Modulus (Mpa)		Deflexiones Características		ELLEA1		
					#	Medida (micron)	Desp. Radial (mm)	80.5	Error
1	320	0.35	2111.9		DO	216.20	0	227.5	5.2%
2	400	0.40	177.1		D1	176.40	200	176.4	0.0%
3		0.40	240.0		D2	157.00	300	155.8	0.8%
4	semi-inf	0.40	124.2		D3	112.10	600	112.1	0.0%
					D4	75.20	900	80.5	7.0%
	Radio del Plato (mm)	150.00			D5	58.10	1200	58.2	0.1%
	Esfuerzo Maximo (Mpa)	0.566			D6	42.70	1500	42.7	0.0%
					D7	34.90	1800	31.9	8.5%
								Total Error	2.7%
		X= 900							
		Z= 0							

6.56 Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 2 (ELLEA1)

Capas #	Espesores mm	Poisson (-)	Modulus (Mpa)		FWD deflexiones maximas		ELLEA1		
					#	Medida (micron)	Desp. Radial (mm)	99.3	Error
1	310	0.35	1194.20		DO	324.40	0	324.4	0.0%
2	250	0.40	212.34		D1	265.00	200	237.2	10.5%
3		0.40	240.00		D2	224.90	300	204.4	9.1%
4	semi-inf	0.40	99.66		D3	141.50	600	141.5	0.0%
					D4	90.70	900	99.3	9.5%
	Radio del Plato (mm)	150.00			D5	70.50	1200	70.7	0.3%
	Esfuerzo Maximo (Mpa)				D6	51.80	1500	51.3	1.0%
					D7	43.20	1800	37.9	12.2%
								Total Error	5.3%
		X= 900							
		Z= 0							

6.57 Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 3 (ELLEA1)

Capas #	Espesores mm	Poisson (-)	Modulus (Mpa)			FWD deflexiones maximas		ELLEA1	
1	310	0.35	785.66		#	Medida (micron)	Desp. Radial (mm)	111.6	Error
2	150	0.40	126.05		DO	450.40	0	451.9	0.3%
3		0.40	175.00		D1	347.20	200	318.8	8.2%
4	semi-inf	0.40	82.35		D2	289.30	300	268.5	7.2%
					D3	172.80	600	172.8	0.0%
					D4	103.70	900	111.6	7.7%
	Radio del Plato (mm)	150.00			D5	72.60	1200	73.0	0.5%
	Esfuerzo Maximo (Mpa)	0.566			D6	49.00	1500	48.7	0.6%
					D7	38.30	1800	33.3	13.0%
	X=	900						Total Error	4.7%
	Z=	0							

6.58 Cálculo Módulo Resiliente Sección Homogénea 4 (ELLEA1)

Capas #	Espesores mm	Poisson (-)	Modulus (Mpa)			FWD deflexiones maximas		ELLEA1	
1	320	0.35	658.35		#	Medida (micron)	Desp. Radial (mm)	142.7	Error
2	810	0.40	70.87		DO	479.20	0	556.5	16.1%
3		0.40	78.00		D1	397.10	200	397.1	0.0%
4	semi-inf	0.40	65.28		D2	343.20	300	336.3	2.0%
					D3	218.80	600	218.8	0.0%
					D4	132.70	900	142.7	7.5%
	Radio del Plato (mm)	150.00			D5	92.30	1200	94.4	2.3%
	Esfuerzo Maximo (Mpa)	0.566			D6	63.90	1500	63.9	0.0%
					D7	49.20	1800	44.4	9.8%
	X=	900						Total Error	4.7%
	Z=	0							

6.61 Cálculo Criterios de Rendimiento MEPDG diseño propuesto, primer tramo

Predicted distress: Project PT base.dgp

Pavement age		Month	Longitudinal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Transverse Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr									
1	0.08	January	0	0.0003	0	0.007	0.208	122.4	23528	158.17
2	0.17	February	0	0.0007	0	0.01	0.244	123.8	47056	159.88
3	0.25	March	0	0.0012	0	0.013	0.267	124.7	70585	160.98
4	0.33	April	0	0.0016	0	0.015	0.284	125.4	94113	161.8
5	0.42	May	0	0.002	0	0.016	0.297	126	117641	162.44
6	0.5	June	0	0.0024	0	0.017	0.308	126.4	141169	162.97
7	0.58	July	0	0.0028	0	0.018	0.317	126.8	164697	163.41
8	0.67	August	0	0.0032	0	0.018	0.324	127.1	188225	163.79
9	0.75	September	0	0.0036	0	0.019	0.332	127.4	211754	164.17
10	0.83	October	0	0.004	0	0.02	0.338	127.7	235282	164.49
11	0.92	November	0	0.0045	0	0.021	0.344	128	258810	164.8
12	1	December	0	0.0049	0	0.022	0.349	128.2	282338	165.09
13	1.08	January	0	0.0054	0	0.023	0.355	128.5	306546	165.39
14	1.17	February	0	0.006	0	0.024	0.36	128.7	330755	165.7
15	1.25	March	0	0.0065	0	0.025	0.366	129	354963	165.99
16	1.33	April	0	0.007	0	0.026	0.37	129.2	379171	166.25
17	1.42	May	0	0.0075	0	0.027	0.375	129.4	403379	166.5
18	1.5	June	0	0.008	0	0.028	0.379	129.6	427587	166.74
19	1.58	July	0	0.0084	0	0.029	0.383	129.8	451795	166.95
20	1.67	August	0	0.0089	0	0.03	0.386	130	476003	167.15
21	1.75	September	0	0.0094	0	0.03	0.389	130.1	500212	167.35
22	1.83	October	0	0.0099	0	0.031	0.393	130.3	524420	167.57
23	1.92	November	0	0.0104	0	0.032	0.397	130.5	548628	167.79
24	2	December	0	0.0109	0	0.033	0.4	130.7	572836	168
25	2.08	January	0	0.0114	0	0.033	0.403	130.8	597745	168.19
26	2.17	February	0	0.0119	0	0.034	0.406	131	622654	168.38
27	2.25	March	0	0.0125	0	0.034	0.409	131.2	647564	168.57
28	2.33	April	0	0.013	0	0.035	0.412	131.3	672473	168.75
29	2.42	May	0	0.0135	0	0.035	0.414	131.5	697382	168.92
30	2.5	June	0	0.014	0	0.036	0.416	131.6	722291	169.08
31	2.58	July	0	0.0144	0	0.036	0.418	131.7	747200	169.23
32	2.67	August	0	0.0148	0	0.036	0.42	131.8	772110	169.37
33	2.75	September	0	0.0153	0	0.037	0.422	132	797019	169.53
34	2.83	October	0	0.0157	0	0.037	0.424	132.1	821928	169.68
35	2.92	November	0	0.0163	0	0.037	0.427	132.2	846837	169.85
36	3	December	0	0.0168	0	0.038	0.429	132.4	871746	170.01
37	3.08	January	0	0.0174	0	0.039	0.431	132.5	897378	170.19
38	3.17	February	0	0.0179	0	0.039	0.434	132.7	923010	170.36
39	3.25	March	0	0.0185	0	0.04	0.436	132.8	948642	170.54
40	3.33	April	0	0.0191	0	0.041	0.439	133	974274	170.71
41	3.42	May	0	0.0196	0	0.041	0.441	133.1	999906	170.87
42	3.5	June	0	0.0202	0	0.042	0.443	133.2	1025540	171.04
43	3.58	July	0	0.0207	0	0.042	0.445	133.4	1051170	171.19
44	3.67	August	0	0.0212	0	0.043	0.447	133.5	1076800	171.34
45	3.75	September	0	0.0217	0	0.043	0.448	133.6	1102430	171.49
46	3.83	October	0	0.0223	0	0.044	0.45	133.8	1128070	171.65
47	3.92	November	0	0.0229	0	0.044	0.453	133.9	1153700	171.82
48	4	December	0	0.0234	0	0.045	0.454	134	1179330	171.97
49	4.08	January	0	0.024	0	0.045	0.456	134.2	1205710	172.12
50	4.17	February	0	0.0245	0	0.046	0.458	134.3	1232090	172.26
51	4.25	March	0	0.0251	0	0.046	0.459	134.4	1258460	172.41
52	4.33	April	0	0.0256	0	0.046	0.461	134.5	1284840	172.56
53	4.42	May	0	0.0262	0	0.047	0.462	134.7	1311220	172.7
54	4.5	June	0	0.0267	0	0.047	0.464	134.8	1337590	172.84
55	4.58	July	0	0.0271	0	0.047	0.465	134.9	1363970	172.96
56	4.67	August	0	0.0276	0	0.047	0.466	135	1390350	173.09
57	4.75	September	0	0.0281	0	0.047	0.467	135.1	1416730	173.22
58	4.83	October	0	0.0286	0	0.048	0.469	135.2	1443100	173.36
59	4.92	November	0	0.0292	0	0.048	0.47	135.3	1469480	173.5
60	5	December	0	0.0297	0	0.048	0.471	135.5	1495860	173.64

61	5.08	January	0	0.0303	0	0.049	0.473	135.6	1523000	173.79
62	5.17	February	0	0.0309	0	0.049	0.475	135.7	1550150	173.95
63	5.25	March	0	0.0316	0	0.05	0.476	135.9	1577300	174.11
64	5.33	April	0	0.0322	0	0.05	0.478	136	1604440	174.26
65	5.42	May	0	0.0327	0	0.051	0.479	136.1	1631590	174.41
66	5.5	June	0	0.0333	0	0.051	0.481	136.2	1658730	174.56
67	5.58	July	0	0.0339	0	0.052	0.482	136.4	1685880	174.69
68	5.67	August	0	0.0344	0	0.052	0.483	136.5	1713020	174.84
69	5.75	September	0	0.035	0	0.052	0.485	136.6	1740170	174.97
70	5.83	October	0	0.0356	0	0.053	0.486	136.7	1767320	175.13
71	5.92	November	0	0.0363	0	0.053	0.488	136.9	1794460	175.28
72	6	December	0	0.0369	0	0.054	0.489	137	1821610	175.43
73	6.08	January	0	0.0375	0	0.054	0.49	137.1	1849550	175.57
74	6.17	February	0	0.0381	0	0.054	0.491	137.2	1877480	175.71
75	6.25	March	0	0.0387	0	0.055	0.493	137.3	1905420	175.85
76	6.33	April	0	0.0393	0	0.055	0.494	137.5	1933360	175.99
77	6.42	May	0	0.0398	0	0.055	0.495	137.6	1961300	176.13
78	6.5	June	0	0.0404	0	0.055	0.496	137.7	1989240	176.26
79	6.58	July	0	0.0409	0	0.056	0.497	137.8	2017180	176.39
80	6.67	August	0	0.0413	0	0.056	0.498	137.9	2045110	176.51
81	6.75	September	0	0.0419	0	0.056	0.499	138	2073050	176.65
82	6.83	October	0	0.0424	0	0.056	0.5	138.1	2100990	176.78
83	6.92	November	0	0.043	0	0.056	0.5	138.2	2128930	176.92
84	7	December	0	0.0436	0	0.057	0.502	138.4	2156870	177.06
85	7.08	January	0.01	0.0443	0	0.057	0.503	138.5	2185620	177.21
86	7.17	February	0.01	0.045	0	0.058	0.504	138.6	2214380	177.36
87	7.25	March	0.01	0.0457	0	0.058	0.506	138.8	2243130	177.52
88	7.33	April	0.01	0.0463	0	0.058	0.507	138.9	2271890	177.66
89	7.42	May	0.01	0.0469	0	0.059	0.508	139	2300640	177.81
90	7.5	June	0.01	0.0476	0	0.059	0.509	139.1	2329400	177.96
91	7.58	July	0.01	0.0481	0	0.059	0.51	139.2	2358150	178.1
92	7.67	August	0.01	0.0488	0	0.06	0.511	139.4	2386910	178.24
93	7.75	September	0.01	0.0493	0	0.06	0.512	139.5	2415660	178.38
94	7.83	October	0.01	0.05	0	0.06	0.513	139.6	2444420	178.53
95	7.92	November	0.01	0.0507	0	0.061	0.515	139.7	2473180	178.69
96	8	December	0.01	0.0514	0	0.061	0.516	139.9	2501930	178.83
97	8.08	January	0.01	0.052	0	0.061	0.517	140	2531530	178.97
98	8.17	February	0.01	0.0526	0	0.062	0.517	140.1	2561130	179.11
99	8.25	March	0.01	0.0533	0	0.062	0.518	140.2	2590730	179.26
100	8.33	April	0.01	0.0539	0	0.062	0.519	140.4	2620320	179.4
101	8.42	May	0.01	0.0545	0	0.063	0.52	140.5	2649920	179.54
102	8.5	June	0.01	0.0551	0	0.063	0.521	140.6	2679520	179.68
103	8.58	July	0.01	0.0556	0	0.063	0.522	140.7	2709120	179.81
104	8.67	August	0.01	0.0561	0	0.063	0.522	140.8	2738720	179.94
105	8.75	September	0.01	0.0567	0	0.063	0.523	140.9	2768310	180.08
106	8.83	October	0.01	0.0573	0	0.063	0.524	141	2797910	180.21
107	8.92	November	0.01	0.058	0	0.064	0.525	141.2	2827510	180.36
108	9	December	0.01	0.0587	0	0.064	0.526	141.3	2857110	180.5
109	9.08	January	0.01	0.0593	0	0.064	0.527	141.4	2887570	180.65
110	9.17	February	0.01	0.0601	0	0.065	0.528	141.6	2918040	180.81
111	9.25	March	0.01	0.0608	0	0.065	0.529	141.7	2948510	180.96
112	9.33	April	0.01	0.0615	0	0.065	0.53	141.8	2978980	181.11
113	9.42	May	0.01	0.0622	0	0.066	0.531	141.9	3009440	181.26
114	9.5	June	0.01	0.0629	0	0.066	0.532	142.1	3039910	181.41
115	9.58	July	0.01	0.0635	0	0.066	0.533	142.2	3070380	181.56
116	9.67	August	0.01	0.0641	0	0.067	0.534	142.3	3100840	181.7
117	9.75	September	0.01	0.0648	0	0.067	0.535	142.4	3131310	181.85
118	9.83	October	0.01	0.0655	0	0.067	0.536	142.6	3161780	182
119	9.92	November	0.01	0.0663	0	0.068	0.537	142.7	3192250	182.16
120	10	December	0.01	0.067	0	0.068	0.538	142.8	3222710	182.31
121	10.1	January	0.01	0.0676	0	0.068	0.539	143	3254080	182.45
122	10.2	February	0.01	0.0683	0	0.068	0.539	143.1	3285440	182.6
123	10.3	March	0.01	0.069	0	0.069	0.54	143.2	3316800	182.75
124	10.3	April	0.01	0.0697	0	0.069	0.541	143.3	3348170	182.9
125	10.4	May	0.01	0.0704	0	0.069	0.542	143.5	3379530	183.04
126	10.5	June	0.01	0.071	0	0.069	0.542	143.6	3410890	183.18
127	10.6	July	0.01	0.0715	0	0.069	0.543	143.7	3442260	183.32
128	10.7	August	0.01	0.0721	0	0.07	0.544	143.8	3473620	183.46
129	10.8	September	0.01	0.0727	0	0.07	0.544	143.9	3504980	183.6
130	10.8	October	0.01	0.0734	0	0.07	0.545	144.1	3536350	183.74

131	10.9	November	0.01	0.0741	0	0.07	0.546	144.2	3567710	183.89
132	11	December	0.01	0.0748	0	0.07	0.547	144.3	3599070	184.04
133	11.1	January	0.01	0.0756	0	0.071	0.548	144.4	3631360	184.19
134	11.2	February	0.01	0.0763	0	0.071	0.548	144.6	3663650	184.35
135	11.3	March	0.01	0.0771	0	0.071	0.55	144.7	3695940	184.51
136	11.3	April	0.01	0.0778	0	0.072	0.55	144.8	3728220	184.66
137	11.4	May	0.01	0.0786	0	0.072	0.551	145	3760510	184.82
138	11.5	June	0.01	0.0793	0	0.072	0.552	145.1	3792800	184.98
139	11.6	July	0.01	0.08	0	0.073	0.553	145.2	3825090	185.12
140	11.7	August	0.01	0.0807	0	0.073	0.554	145.4	3857370	185.28
141	11.8	September	0.01	0.0814	0	0.073	0.554	145.5	3889660	185.43
142	11.8	October	0.01	0.0821	0	0.074	0.555	145.6	3921950	185.59
143	11.9	November	0.01	0.0829	0	0.074	0.556	145.8	3954240	185.75
144	12	December	0.01	0.0837	0	0.074	0.557	145.9	3986520	185.9
145	12.1	January	0.01	0.0845	0	0.074	0.558	146	4019770	186.05
146	12.2	February	0.01	0.0852	0	0.075	0.559	146.2	4053010	186.2
147	12.3	March	0.01	0.0859	0	0.075	0.559	146.3	4086250	186.36
148	12.3	April	0.01	0.0867	0	0.075	0.56	146.4	4119490	186.51
149	12.4	May	0.01	0.0874	0	0.075	0.561	146.6	4152730	186.66
150	12.5	June	0.01	0.0881	0	0.076	0.561	146.7	4185970	186.81
151	12.6	July	0.01	0.0887	0	0.076	0.562	146.8	4219210	186.95
152	12.7	August	0.01	0.0893	0	0.076	0.562	146.9	4252450	187.09
153	12.8	September	0.01	0.0899	0	0.076	0.563	147.1	4285690	187.24
154	12.8	October	0.01	0.0906	0	0.076	0.564	147.2	4318930	187.39
155	12.9	November	0.01	0.0914	0	0.076	0.564	147.3	4352180	187.54
156	13	December	0.01	0.0921	0	0.076	0.565	147.4	4385420	187.7
157	13.1	January	0.01	0.093	0	0.077	0.566	147.6	4419640	187.86
158	13.2	February	0.01	0.0937	0	0.077	0.567	147.7	4453860	188.02
159	13.3	March	0.01	0.0946	0	0.078	0.568	147.9	4488090	188.19
160	13.3	April	0.01	0.0954	0	0.078	0.569	148	4522310	188.35
161	13.4	May	0.01	0.0962	0	0.078	0.569	148.1	4556540	188.51
162	13.5	June	0.01	0.097	0	0.078	0.57	148.3	4590760	188.67
163	13.6	July	0.01	0.0977	0	0.079	0.571	148.4	4624990	188.82
164	13.7	August	0.02	0.0985	0	0.079	0.571	148.5	4659210	188.98
165	13.8	September	0.02	0.0992	0	0.079	0.572	148.7	4693430	189.14
166	13.8	October	0.02	0.1	0	0.08	0.573	148.8	4727660	189.31
167	13.9	November	0.02	0.101	0	0.08	0.574	149	4761880	189.47
168	14	December	0.02	0.102	0	0.08	0.575	149.1	4796110	189.63
169	14.1	January	0.02	0.102	0	0.08	0.575	149.2	4831340	189.79
170	14.2	February	0.02	0.103	0	0.081	0.576	149.4	4866580	189.94
171	14.3	March	0.02	0.104	0	0.081	0.577	149.5	4901820	190.1
172	14.3	April	0.02	0.105	0	0.081	0.577	149.6	4937060	190.26
173	14.4	May	0.02	0.106	0	0.081	0.578	149.8	4972300	190.42
174	14.5	June	0.02	0.106	0	0.081	0.579	149.9	5007540	190.57
175	14.6	July	0.02	0.107	0	0.082	0.579	150	5042770	190.72
176	14.7	August	0.02	0.108	0	0.082	0.579	150.2	5078010	190.87
177	14.8	September	0.02	0.108	0	0.082	0.58	150.3	5113250	191.02
178	14.8	October	0.02	0.109	0	0.082	0.581	150.4	5148490	191.18
179	14.9	November	0.02	0.11	0	0.082	0.581	150.6	5183730	191.34
180	15	December	0.02	0.111	0	0.082	0.582	150.7	5218970	191.5
181	15.1	January	0.02	0.112	0	0.083	0.583	150.8	5255250	191.67
182	15.2	February	0.02	0.112	0	0.083	0.583	151	5291540	191.84
183	15.3	March	0.02	0.113	0	0.083	0.584	151.1	5327820	192.01
184	15.3	April	0.02	0.114	0	0.084	0.585	151.3	5364100	192.17
185	15.4	May	0.02	0.115	0	0.084	0.586	151.4	5400390	192.34
186	15.5	June	0.02	0.116	0	0.084	0.586	151.6	5436670	192.5
187	15.6	July	0.02	0.117	0	0.084	0.587	151.7	5472960	192.67
188	15.7	August	0.02	0.118	0	0.085	0.588	151.8	5509240	192.83
189	15.8	September	0.02	0.118	0	0.085	0.588	152	5545530	192.99
190	15.8	October	0.02	0.119	0	0.085	0.589	152.1	5581810	193.16
191	15.9	November	0.02	0.12	0	0.086	0.59	152.3	5618090	193.33
192	16	December	0.02	0.121	0	0.086	0.591	152.4	5654380	193.5
193	16.1	January	0.02	0.122	0	0.086	0.591	152.6	5691740	193.66
194	16.2	February	0.02	0.123	0	0.086	0.592	152.7	5729110	193.82
195	16.3	March	0.02	0.124	0	0.087	0.593	152.8	5766470	193.99
196	16.3	April	0.02	0.124	0	0.087	0.593	153	5803830	194.15
197	16.4	May	0.02	0.125	0	0.087	0.594	153.1	5841200	194.32
198	16.5	June	0.02	0.126	0	0.087	0.594	153.3	5878560	194.47
199	16.6	July	0.02	0.127	0	0.087	0.595	153.4	5915920	194.63
200	16.7	August	0.02	0.127	0	0.087	0.595	153.5	5953290	194.79

201	16.8	September	0.02	0.128	0	0.087	0.596	153.7	5990650	194.95
202	16.8	October	0.02	0.129	0	0.088	0.596	153.8	6028010	195.11
203	16.9	November	0.02	0.13	0	0.088	0.597	153.9	6065380	195.28
204	17	December	0.02	0.131	0	0.088	0.597	154.1	6102740	195.44
205	17.1	January	0.02	0.132	0	0.088	0.598	154.2	6141220	195.61
206	17.2	February	0.02	0.133	0	0.089	0.599	154.4	6179690	195.79
207	17.3	March	0.02	0.134	0	0.089	0.6	154.5	6218170	195.96
208	17.3	April	0.02	0.135	0	0.089	0.6	154.7	6256650	196.13
209	17.4	May	0.02	0.135	0	0.09	0.601	154.8	6295120	196.31
210	17.5	June	0.02	0.136	0	0.09	0.602	155	6333600	196.48
211	17.6	July	0.02	0.137	0	0.09	0.602	155.1	6372070	196.65
212	17.7	August	0.02	0.138	0	0.09	0.603	155.3	6410550	196.82
213	17.8	September	0.02	0.139	0	0.09	0.603	155.4	6449030	196.98
214	17.8	October	0.02	0.14	0	0.091	0.604	155.6	6487500	197.16
215	17.9	November	0.03	0.141	0	0.091	0.605	155.7	6525980	197.34
216	18	December	0.03	0.142	0	0.092	0.606	155.9	6564460	197.51
217	18.1	January	0.03	0.143	0	0.092	0.606	156	6604080	197.68
218	18.2	February	0.03	0.144	0	0.092	0.607	156.2	6643710	197.85
219	18.3	March	0.03	0.144	0	0.092	0.607	156.3	6683330	198.02
220	18.3	April	0.03	0.145	0	0.092	0.608	156.5	6722960	198.19
221	18.4	May	0.03	0.146	0	0.092	0.609	156.6	6762580	198.35
222	18.5	June	0.03	0.147	0	0.093	0.609	156.7	6802200	198.52
223	18.6	July	0.03	0.148	0	0.093	0.609	156.9	6841830	198.68
224	18.7	August	0.03	0.149	0	0.093	0.61	157	6881450	198.85
225	18.8	September	0.03	0.149	0	0.093	0.61	157.2	6921080	199.01
226	18.8	October	0.03	0.15	0	0.093	0.611	157.3	6960700	199.18
227	18.9	November	0.03	0.151	0	0.093	0.611	157.5	7000330	199.35
228	19	December	0.03	0.152	0	0.094	0.612	157.6	7039950	199.52
229	19.1	January	0.03	0.153	0	0.094	0.613	157.8	7080760	199.7
230	19.2	February	0.03	0.154	0	0.094	0.613	157.9	7121570	199.88
231	19.3	March	0.03	0.155	0	0.095	0.614	158.1	7162380	200.06
232	19.3	April	0.03	0.156	0	0.095	0.615	158.2	7203190	200.24
233	19.4	May	0.03	0.157	0	0.095	0.615	158.4	7244000	200.42
234	19.5	June	0.03	0.158	0	0.095	0.616	158.5	7284810	200.6
235	19.6	July	0.03	0.159	0	0.096	0.617	158.7	7325610	200.77
236	19.7	August	0.03	0.16	0	0.096	0.617	158.8	7366420	200.94
237	19.8	September	0.03	0.161	0	0.096	0.618	159	7407230	201.11
238	19.8	October	0.03	0.162	0	0.096	0.619	159.1	7448040	201.3
239	19.9	November	0.03	0.163	0	0.097	0.619	159.3	7488850	201.48
240	20	December	0.03	0.164	0	0.097	0.62	159.5	7529660	201.66

6.62 Cálculo Criterios de Rendimiento MEPDG diseño propuesto, segundo tramo

Predicted distress: Project PT base tramo 2.dgp

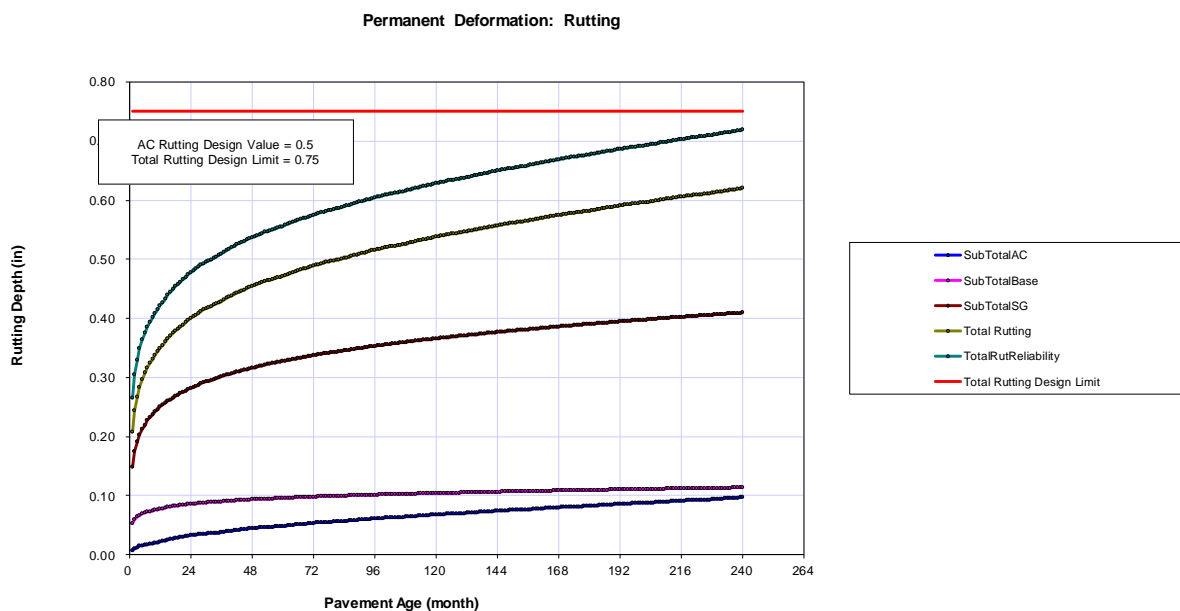
Pavement age		Month	Longitudinal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Transverse Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr									
1	0.08	January	0	0.0003	0	0.008	0.203	122.2	23528	157.93
2	0.17	February	0	0.0007	0	0.011	0.238	123.6	47056	159.59
3	0.25	March	0	0.0011	0	0.014	0.261	124.5	70585	160.67
4	0.33	April	0	0.0015	0	0.016	0.277	125.1	94113	161.46
5	0.42	May	0	0.0019	0	0.017	0.29	125.7	117641	162.08
6	0.5	June	0	0.0023	0	0.018	0.3	126.1	141169	162.59
7	0.58	July	0	0.0026	0	0.019	0.308	126.4	164697	163
8	0.67	August	0	0.003	0	0.02	0.315	126.7	188225	163.37
9	0.75	September	0	0.0034	0	0.021	0.322	127.1	211754	163.73
10	0.83	October	0	0.0038	0	0.022	0.329	127.3	235282	164.08
11	0.92	November	0	0.0042	0	0.023	0.336	127.6	258810	164.43
12	1	December	0	0.0047	0	0.024	0.342	127.9	282338	164.76
13	1.08	January	0	0.0051	0	0.025	0.348	128.2	306546	165.08
14	1.17	February	0	0.0056	0	0.027	0.354	128.5	330755	165.42
15	1.25	March	0	0.0061	0	0.028	0.36	128.7	354963	165.72
16	1.33	April	0	0.0066	0	0.029	0.365	129	379171	166
17	1.42	May	0	0.007	0	0.03	0.37	129.2	403379	166.26
18	1.5	June	0	0.0075	0	0.031	0.374	129.4	427587	166.51
19	1.58	July	0	0.0079	0	0.032	0.378	129.6	451795	166.74
20	1.67	August	0	0.0084	0	0.033	0.382	129.8	476003	166.97
21	1.75	September	0	0.0088	0	0.033	0.386	130	500212	167.18
22	1.83	October	0	0.0093	0	0.035	0.39	130.2	524420	167.43
23	1.92	November	0	0.0098	0	0.036	0.394	130.4	548628	167.68
24	2	December	0	0.0103	0	0.037	0.398	130.6	572836	167.9
25	2.08	January	0	0.0108	0	0.037	0.401	130.8	597745	168.1
26	2.17	February	0	0.0112	0	0.038	0.404	130.9	622654	168.3
27	2.25	March	0	0.0117	0	0.038	0.407	131.1	647564	168.5
28	2.33	April	0	0.0122	0	0.039	0.41	131.3	672473	168.69
29	2.42	May	0	0.0127	0	0.039	0.413	131.4	697382	168.86
30	2.5	June	0	0.0131	0	0.04	0.415	131.5	722291	169.01
31	2.58	July	0	0.0135	0	0.04	0.417	131.7	747200	169.16
32	2.67	August	0	0.0139	0	0.04	0.419	131.8	772110	169.29
33	2.75	September	0	0.0143	0	0.041	0.42	131.9	797019	169.44
34	2.83	October	0	0.0147	0	0.041	0.422	132	821928	169.59
35	2.92	November	0	0.0152	0	0.042	0.425	132.2	846837	169.75
36	3	December	0	0.0157	0	0.042	0.427	132.3	871746	169.9
37	3.08	January	0	0.0162	0	0.043	0.429	132.4	897378	170.08
38	3.17	February	0	0.0168	0	0.044	0.431	132.6	923010	170.25
39	3.25	March	0	0.0173	0	0.044	0.434	132.7	948642	170.43
40	3.33	April	0	0.0178	0	0.045	0.436	132.9	974274	170.59
41	3.42	May	0	0.0183	0	0.046	0.438	133	999906	170.75
42	3.5	June	0	0.0188	0	0.046	0.44	133.1	1025540	170.9
43	3.58	July	0	0.0193	0	0.047	0.442	133.3	1051170	171.05
44	3.67	August	0	0.0198	0	0.047	0.444	133.4	1076800	171.2
45	3.75	September	0	0.0202	0	0.048	0.445	133.5	1102430	171.34
46	3.83	October	0	0.0208	0	0.048	0.448	133.7	1128070	171.51
47	3.92	November	0	0.0213	0	0.049	0.45	133.8	1153700	171.69
48	4	December	0	0.0219	0	0.05	0.452	133.9	1179330	171.86
49	4.08	January	0	0.0224	0	0.05	0.454	134.1	1205710	172
50	4.17	February	0	0.0229	0	0.05	0.456	134.2	1232090	172.16
51	4.25	March	0	0.0234	0	0.051	0.457	134.3	1258460	172.32
52	4.33	April	0	0.0239	0	0.051	0.459	134.5	1284840	172.47
53	4.42	May	0	0.0244	0	0.051	0.461	134.6	1311220	172.61
54	4.5	June	0	0.0249	0	0.052	0.462	134.7	1337590	172.74
55	4.58	July	0	0.0253	0	0.052	0.463	134.8	1363970	172.87
56	4.67	August	0	0.0257	0	0.052	0.464	134.9	1390350	172.99
57	4.75	September	0	0.0262	0	0.052	0.465	135	1416730	173.12
58	4.83	October	0	0.0266	0	0.053	0.466	135.1	1443100	173.25
59	4.92	November	0	0.0272	0	0.053	0.468	135.2	1469480	173.39
60	5	December	0	0.0277	0	0.053	0.469	135.4	1495860	173.53

61	5.08	January	0	0.0282	0	0.054	0.471	135.5	1523000	173.68
62	5.17	February	0	0.0288	0	0.055	0.472	135.6	1550150	173.84
63	5.25	March	0.01	0.0294	0	0.055	0.474	135.8	1577300	173.99
64	5.33	April	0.01	0.03	0	0.056	0.475	135.9	1604440	174.14
65	5.42	May	0.01	0.0305	0	0.056	0.477	136	1631590	174.28
66	5.5	June	0.01	0.0311	0	0.057	0.478	136.1	1658730	174.43
67	5.58	July	0.01	0.0316	0	0.057	0.479	136.2	1685880	174.57
68	5.67	August	0.01	0.0321	0	0.057	0.481	136.4	1713020	174.71
69	5.75	September	0.01	0.0326	0	0.058	0.482	136.5	1740170	174.84
70	5.83	October	0.01	0.0332	0	0.058	0.483	136.6	1767320	175
71	5.92	November	0.01	0.0338	0	0.059	0.485	136.8	1794460	175.16
72	6	December	0.01	0.0343	0	0.059	0.487	136.9	1821610	175.32
73	6.08	January	0.01	0.0349	0	0.06	0.488	137	1849550	175.46
74	6.17	February	0.01	0.0354	0	0.06	0.489	137.1	1877480	175.61
75	6.25	March	0.01	0.036	0	0.06	0.491	137.3	1905420	175.76
76	6.33	April	0.01	0.0366	0	0.061	0.492	137.4	1933360	175.9
77	6.42	May	0.01	0.0371	0	0.061	0.493	137.5	1961300	176.04
78	6.5	June	0.01	0.0376	0	0.061	0.494	137.6	1989240	176.17
79	6.58	July	0.01	0.038	0	0.061	0.495	137.7	2017180	176.29
80	6.67	August	0.01	0.0385	0	0.061	0.496	137.8	2045110	176.42
81	6.75	September	0.01	0.039	0	0.061	0.496	137.9	2073050	176.55
82	6.83	October	0.01	0.0395	0	0.062	0.497	138	2100990	176.68
83	6.92	November	0.01	0.04	0	0.062	0.498	138.2	2128930	176.82
84	7	December	0.01	0.0406	0	0.062	0.5	138.3	2156870	176.96
85	7.08	January	0.01	0.0412	0	0.063	0.501	138.4	2185620	177.1
86	7.17	February	0.01	0.0418	0	0.063	0.502	138.5	2214380	177.26
87	7.25	March	0.01	0.0425	0	0.064	0.503	138.7	2243130	177.41
88	7.33	April	0.01	0.0431	0	0.064	0.504	138.8	2271890	177.56
89	7.42	May	0.01	0.0436	0	0.065	0.506	138.9	2300640	177.7
90	7.5	June	0.01	0.0442	0	0.065	0.507	139	2329400	177.85
91	7.58	July	0.01	0.0448	0	0.065	0.508	139.1	2358150	177.98
92	7.67	August	0.01	0.0453	0	0.066	0.509	139.3	2386910	178.12
93	7.75	September	0.01	0.0459	0	0.066	0.509	139.4	2415660	178.26
94	7.83	October	0.01	0.0465	0	0.067	0.511	139.5	2444420	178.42
95	7.92	November	0.01	0.0471	0	0.067	0.512	139.7	2473180	178.58
96	8	December	0.01	0.0478	0	0.067	0.513	139.8	2501930	178.73
97	8.08	January	0.01	0.0483	0	0.068	0.514	139.9	2531530	178.87
98	8.17	February	0.01	0.0489	0	0.068	0.516	140	2561130	179.02
99	8.25	March	0.01	0.0495	0	0.068	0.517	140.2	2590730	179.18
100	8.33	April	0.01	0.0501	0	0.069	0.518	140.3	2620320	179.32
101	8.42	May	0.01	0.0507	0	0.069	0.519	140.4	2649920	179.46
102	8.5	June	0.01	0.0513	0	0.069	0.519	140.5	2679520	179.6
103	8.58	July	0.01	0.0517	0	0.069	0.52	140.6	2709120	179.72
104	8.67	August	0.01	0.0522	0	0.069	0.521	140.7	2738720	179.85
105	8.75	September	0.01	0.0527	0	0.069	0.521	140.9	2768310	179.99
106	8.83	October	0.01	0.0533	0	0.07	0.522	141	2797910	180.12
107	8.92	November	0.01	0.0539	0	0.07	0.523	141.1	2827510	180.26
108	9	December	0.01	0.0545	0	0.07	0.524	141.2	2857110	180.41
109	9.08	January	0.01	0.0551	0	0.071	0.525	141.3	2886710	180.56
110	9.17	February	0.01	0.0558	0	0.071	0.526	141.5	2916310	180.71
111	9.25	March	0.01	0.0565	0	0.072	0.527	141.6	2945910	180.87
112	9.33	April	0.01	0.0571	0	0.072	0.528	141.7	2975510	181.01
113	9.42	May	0.01	0.0578	0	0.072	0.529	141.9	3005110	181.16
114	9.5	June	0.01	0.0584	0	0.073	0.53	142	3034710	181.31
115	9.58	July	0.01	0.059	0	0.073	0.531	142.1	3064310	181.45
116	9.67	August	0.01	0.0596	0	0.073	0.532	142.2	3093910	181.6
117	9.75	September	0.01	0.0602	0	0.073	0.532	142.3	3123510	181.74
118	9.83	October	0.01	0.0609	0	0.074	0.534	142.5	3153110	181.9
119	9.92	November	0.01	0.0615	0	0.074	0.535	142.6	3182710	182.06
120	10	December	0.01	0.0622	0	0.075	0.536	142.8	3212310	182.22
121	10.1	January	0.01	0.0628	0	0.075	0.537	142.9	3241910	182.37
122	10.2	February	0.01	0.0634	0	0.075	0.538	143	3271510	182.52
123	10.3	March	0.02	0.0641	0	0.076	0.539	143.1	3301110	182.67
124	10.3	April	0.02	0.0648	0	0.076	0.54	143.3	3330710	182.83
125	10.4	May	0.02	0.0653	0	0.076	0.54	143.4	3360310	182.97
126	10.5	June	0.02	0.0659	0	0.076	0.541	143.5	3389910	183.1
127	10.6	July	0.02	0.0664	0	0.076	0.542	143.6	3419510	183.24
128	10.7	August	0.02	0.067	0	0.076	0.542	143.7	3449110	183.38
129	10.8	September	0.02	0.0675	0	0.077	0.543	143.9	3478710	183.51
130	10.8	October	0.02	0.0681	0	0.077	0.543	144	3508310	183.66

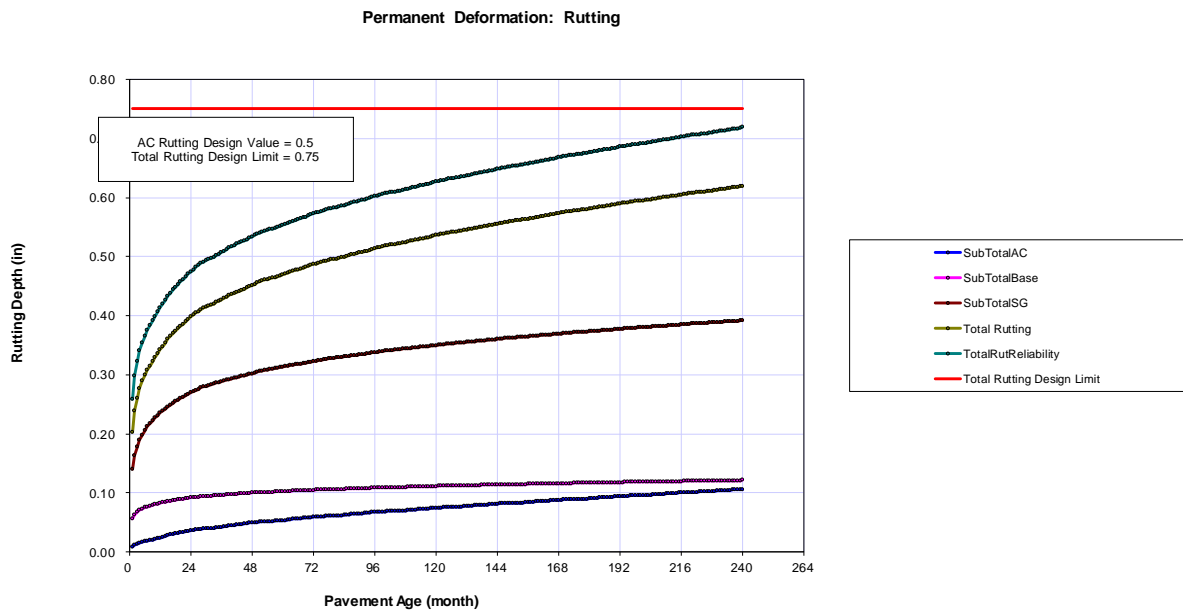
131	10.9	November	0.02	0.0687	0	0.077	0.544	144.1	3567710	183.81
132	11	December	0.02	0.0694	0	0.077	0.545	144.2	3599070	183.95
133	11.1	January	0.02	0.0701	0	0.078	0.546	144.4	3631360	184.11
134	11.2	February	0.02	0.0708	0	0.078	0.547	144.5	3663650	184.27
135	11.3	March	0.02	0.0715	0	0.079	0.548	144.6	3695940	184.43
136	11.3	April	0.02	0.0722	0	0.079	0.549	144.8	3728220	184.58
137	11.4	May	0.02	0.0729	0	0.079	0.549	144.9	3760510	184.73
138	11.5	June	0.02	0.0736	0	0.08	0.55	145	3792800	184.89
139	11.6	July	0.02	0.0742	0	0.08	0.551	145.2	3825090	185.04
140	11.7	August	0.02	0.0749	0	0.08	0.552	145.3	3857370	185.18
141	11.8	September	0.02	0.0755	0	0.08	0.552	145.4	3889660	185.33
142	11.8	October	0.02	0.0762	0	0.081	0.554	145.6	3921950	185.5
143	11.9	November	0.02	0.077	0	0.081	0.555	145.7	3954240	185.66
144	12	December	0.02	0.0777	0	0.082	0.556	145.8	3986520	185.83
145	12.1	January	0.02	0.0784	0	0.082	0.556	146	4019770	185.98
146	12.2	February	0.02	0.0791	0	0.082	0.557	146.1	4053010	186.13
147	12.3	March	0.02	0.0798	0	0.082	0.558	146.2	4086250	186.29
148	12.3	April	0.02	0.0805	0	0.083	0.559	146.4	4119490	186.45
149	12.4	May	0.02	0.0811	0	0.083	0.56	146.5	4152730	186.6
150	12.5	June	0.02	0.0817	0	0.083	0.56	146.6	4185970	186.74
151	12.6	July	0.02	0.0822	0	0.083	0.561	146.7	4219210	186.89
152	12.7	August	0.02	0.0828	0	0.083	0.561	146.9	4252450	187.03
153	12.8	September	0.02	0.0834	0	0.083	0.562	147	4285690	187.17
154	12.8	October	0.02	0.084	0	0.084	0.562	147.1	4318930	187.32
155	12.9	November	0.02	0.0847	0	0.084	0.563	147.2	4352180	187.47
156	13	December	0.02	0.0854	0	0.084	0.564	147.4	4385420	187.63
157	13.1	January	0.02	0.0862	0	0.084	0.564	147.5	4419640	187.79
158	13.2	February	0.02	0.087	0	0.085	0.565	147.7	4453860	187.95
159	13.3	March	0.02	0.0877	0	0.085	0.566	147.8	4488090	188.12
160	13.3	April	0.02	0.0885	0	0.086	0.567	147.9	4522310	188.28
161	13.4	May	0.02	0.0892	0	0.086	0.568	148.1	4556540	188.43
162	13.5	June	0.02	0.09	0	0.086	0.569	148.2	4590760	188.59
163	13.6	July	0.03	0.0906	0	0.086	0.569	148.3	4624990	188.75
164	13.7	August	0.03	0.0913	0	0.087	0.57	148.5	4659210	188.91
165	13.8	September	0.03	0.092	0	0.087	0.571	148.6	4693430	189.06
166	13.8	October	0.03	0.0927	0	0.087	0.571	148.7	4727660	189.22
167	13.9	November	0.03	0.0936	0	0.088	0.572	148.9	4761880	189.4
168	14	December	0.03	0.0943	0	0.088	0.573	149	4796110	189.56
169	14.1	January	0.03	0.0951	0	0.088	0.574	149.2	4831340	189.72
170	14.2	February	0.03	0.0958	0	0.089	0.575	149.3	4866580	189.89
171	14.3	March	0.03	0.0965	0	0.089	0.576	149.5	4901820	190.05
172	14.3	April	0.03	0.0973	0	0.089	0.576	149.6	4937060	190.21
173	14.4	May	0.03	0.098	0	0.089	0.577	149.7	4972300	190.37
174	14.5	June	0.03	0.0986	0	0.089	0.577	149.9	5007540	190.52
175	14.6	July	0.03	0.0992	0	0.09	0.578	150	5042770	190.67
176	14.7	August	0.03	0.0998	0	0.09	0.578	150.1	5078010	190.82
177	14.8	September	0.03	0.101	0	0.09	0.579	150.2	5113250	190.97
178	14.8	October	0.03	0.101	0	0.09	0.579	150.4	5148490	191.12
179	14.9	November	0.03	0.102	0	0.09	0.58	150.5	5183730	191.28
180	15	December	0.03	0.103	0	0.09	0.581	150.6	5218970	191.44
181	15.1	January	0.03	0.103	0	0.091	0.581	150.8	5255250	191.61
182	15.2	February	0.03	0.104	0	0.091	0.582	150.9	5291540	191.78
183	15.3	March	0.03	0.105	0	0.092	0.583	151.1	5327820	191.94
184	15.3	April	0.03	0.106	0	0.092	0.584	151.2	5364100	192.11
185	15.4	May	0.03	0.107	0	0.092	0.585	151.4	5400390	192.28
186	15.5	June	0.03	0.107	0	0.093	0.585	151.5	5436670	192.44
187	15.6	July	0.03	0.108	0	0.093	0.586	151.6	5472960	192.6
188	15.7	August	0.03	0.109	0	0.093	0.586	151.8	5509240	192.76
189	15.8	September	0.03	0.11	0	0.093	0.587	151.9	5545530	192.92
190	15.8	October	0.03	0.11	0	0.094	0.588	152.1	5581810	193.1
191	15.9	November	0.03	0.111	0	0.094	0.589	152.2	5618090	193.27
192	16	December	0.03	0.112	0	0.094	0.59	152.4	5654380	193.44
193	16.1	January	0.03	0.113	0	0.095	0.59	152.5	5691740	193.61
194	16.2	February	0.03	0.114	0	0.095	0.591	152.7	5729110	193.78
195	16.3	March	0.04	0.115	0	0.095	0.592	152.8	5766470	193.94
196	16.3	April	0.04	0.115	0	0.095	0.593	153	5803830	194.12
197	16.4	May	0.04	0.116	0	0.095	0.593	153.1	5841200	194.28
198	16.5	June	0.04	0.117	0	0.096	0.594	153.2	5878560	194.44
199	16.6	July	0.04	0.117	0	0.096	0.594	153.4	5915920	194.59
200	16.7	August	0.04	0.118	0	0.096	0.594	153.5	5953290	194.75

201	16.8	September	0.04	0.119	0	0.096	0.595	153.6	5990650	194.9
202	16.8	October	0.04	0.119	0	0.096	0.595	153.8	6028010	195.06
203	16.9	November	0.04	0.12	0	0.096	0.596	153.9	6065380	195.23
204	17	December	0.04	0.121	0	0.097	0.596	154	6102740	195.39
205	17.1	January	0.04	0.122	0	0.097	0.597	154.2	6141220	195.56
206	17.2	February	0.04	0.123	0	0.097	0.598	154.3	6179690	195.74
207	17.3	March	0.04	0.124	0	0.098	0.599	154.5	6218170	195.91
208	17.3	April	0.04	0.125	0	0.098	0.599	154.6	6256650	196.09
209	17.4	May	0.04	0.125	0	0.098	0.6	154.8	6295120	196.26
210	17.5	June	0.04	0.126	0	0.099	0.601	154.9	6333600	196.43
211	17.6	July	0.04	0.127	0	0.099	0.601	155.1	6372070	196.59
212	17.7	August	0.04	0.128	0	0.099	0.602	155.2	6410550	196.76
213	17.8	September	0.04	0.129	0	0.099	0.602	155.4	6449030	196.93
214	17.8	October	0.04	0.13	0	0.1	0.603	155.5	6487500	197.11
215	17.9	November	0.04	0.13	0	0.1	0.604	155.7	6525980	197.29
216	18	December	0.04	0.131	0	0.1	0.605	155.8	6564460	197.47
217	18.1	January	0.04	0.132	0	0.101	0.606	156	6604080	197.64
218	18.2	February	0.04	0.133	0	0.101	0.606	156.1	6643710	197.81
219	18.3	March	0.04	0.134	0	0.101	0.607	156.3	6683330	197.99
220	18.3	April	0.04	0.135	0	0.101	0.608	156.4	6722960	198.16
221	18.4	May	0.04	0.135	0	0.102	0.608	156.6	6762580	198.33
222	18.5	June	0.05	0.136	0	0.102	0.609	156.7	6802200	198.49
223	18.6	July	0.05	0.137	0	0.102	0.609	156.9	6841830	198.65
224	18.7	August	0.05	0.138	0	0.102	0.609	157	6881450	198.81
225	18.8	September	0.05	0.138	0	0.102	0.61	157.1	6921080	198.98
226	18.8	October	0.05	0.139	0	0.102	0.61	157.3	6960700	199.15
227	18.9	November	0.05	0.14	0	0.102	0.611	157.4	7000330	199.31
228	19	December	0.05	0.141	0	0.103	0.611	157.6	7039950	199.49
229	19.1	January	0.05	0.142	0	0.103	0.612	157.7	7080760	199.66
230	19.2	February	0.05	0.143	0	0.103	0.613	157.9	7121570	199.84
231	19.3	March	0.05	0.144	0	0.104	0.614	158	7162380	200.03
232	19.3	April	0.05	0.145	0	0.104	0.614	158.2	7203190	200.2
233	19.4	May	0.05	0.146	0	0.104	0.615	158.4	7244000	200.38
234	19.5	June	0.05	0.146	0	0.105	0.615	158.5	7284810	200.56
235	19.6	July	0.05	0.147	0	0.105	0.616	158.7	7325610	200.73
236	19.7	August	0.05	0.148	0	0.105	0.617	158.8	7366420	200.9
237	19.8	September	0.05	0.149	0	0.105	0.617	158.9	7407230	201.07
238	19.8	October	0.05	0.15	0	0.106	0.618	159.1	7448040	201.26
239	19.9	November	0.05	0.151	0	0.106	0.619	159.3	7488850	201.45
240	20	December	0.05	0.152	0	0.106	0.619	159.4	7529660	201.63

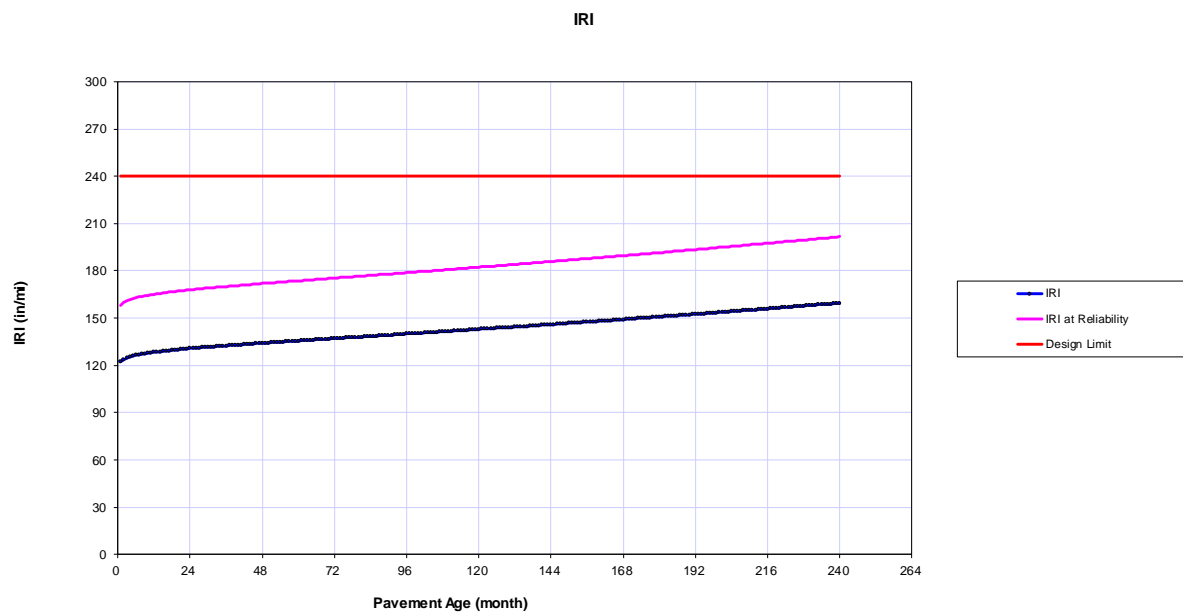
6.63 Gráfica de deformación permanente por ahuellamiento, primer tramo (MEPDG)



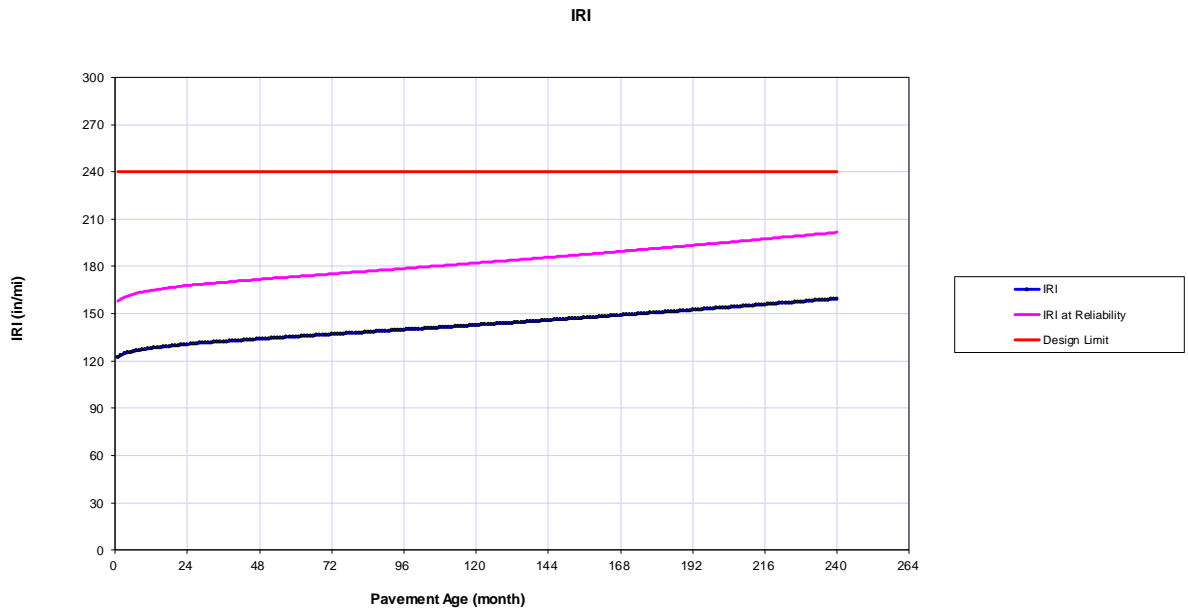
6.64 Gráfica de deformación permanente por ahuellamiento, segundo tramo(MEPDG)



6.65 Gráfica IRI, primer tramo (MEPDG)



6.66 Gráfica IRI, segundo tramo (MEPDG)



6.67 Oficio Entrega Estudios de Tráfico



Memorando Nro. MTOP-DDAZ-2021-497-ME

Cuenca, 25 de marzo de 2021

PARA: Sra. Ing. Martha Cecilia Criollo Plaza
Experta en Infraestructura Provincial

ASUNTO: ATENCION AL OFICIO MTOP-DDAZ-2021-326-ME

De mi consideración:

En respuesta a su Memorando Nro. MTOP-CONS_AZU-2021-93-ME de fecha 25 de febrero de 2021, en el mismo que solicita información de estudios de tráfico de vías que se conecten a la Red Vial Estatal E35 Antigua Panamericana Norte, en el tramo comprendido entre el Redondel de las Muñecas de Piedra (Redondel de Las Chotas) y el Puente de Guangarcucho ya que esta información indispensable para continuar con el desarrollo de los perfiles técnicos de la vía en mención. Adjunto remito el oficio DGOP-0810-2021, del 19 de marzo de 2021, suscrito por el Ing.Civ. Cristian Danilo Bustos Cabrera, Director General de Obras Públicas, en el que adjunta en digital los estudios solicitados.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Ing. Julio Cesar Jurado Mogrovejo
**DIRECTOR DISTRITAL DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL
AZUAY, SUBROGANTE**