



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
DE LA VÍA PANZALEO - MULALILLO (CHIRINCHE BAJO) EN EL
TRAMO DE LA ABSCISA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

AUTOR: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

TUTOR: Ing. Fricson Lutgardo Moreira Cedeño Mg.

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PANZALEO - MULALILLO (CHIRINCHE BAJO) EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. **Edwin Patricio Tibán Mashapuncho**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804583126, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Fricson Lutgardo Moreira Cedeño
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Edwin Patricio Tibán Mashapuncho**, con C.I. 1804583126 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PANZALEO - MULALILLO (CHIRINCHE BAJO) EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

C.I: 1804583126

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

C.I: 1804583126

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Edwin Patricio Tibán Mashapuncho de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PANZALEO - MULALILLO (CHIRINCHE BAJO) EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Ruth Lorena Pérez Maldonado Mg.
Miembro Calificador

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez PhD.
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Lleno de satisfacción y regocijo, dedico esta tesis a:

A DIOS quien ha sido mi guía, fortaleza y me ha permitido con su bendición llegar a este momento especial en mi vida.

A mis abuelitos Gricelda Chimbo y Segundo Tibán (+), pilar fundamental en mi vida, quienes con su amor y apoyo incondicional me han permitido llegar a esta meta.

A mi madre Laura, por ser la persona que me ha acompañado durante toda mi vida y ha velado por mí en este camino para convertirme en un profesional.

A mi padre Germán quien con su apoyo y consejos ha sabido guiarme a pesar de la distancia.

Patricio Tibán.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a DIOS, que con su bendición llena siempre mi vida y de toda mi familia.

Gracias a mis padres por haberme forjado como persona y ser la motivación de mi vida. Quienes me han apoyado para conseguir esta meta.

A mis abuelitos que han sido como mis padres, que han cuidado de mí siempre, y nunca haberme dejado solo sin importar las circunstancias. Les agradeceré toda mi vida por todo lo que han hecho por mí. A ti abuelito que a pesar de ya no estar físicamente siempre te llevo en mi corazón.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que me acogió para poderme formar profesionalmente.

Finalmente, a los docentes de mi querida Facultad quienes durante toda la trayectoria universitaria me supieron brindar los conocimientos para llegar a ser un profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3.1 Pavimento	4
1.1.3.2 Inventario vial.....	8
1.1.3.3 Estudio de Tráfico.....	8
1.1.3.4 Cálculo de ejes equivalentes W18	10
1.1.3.5 Estudio de suelos	10

1.1.3.6	Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.)	17
1.1.3.7	Evaluación estructural del pavimento mediante la aplicación de la metodología Viga Benkelman.....	21
1.1.3.8	Conservación vial	25
1.2	Objetivos.....	27
1.2.1	Objetivo General	27
1.2.2	Objetivos Específicos:.....	27
CAPÍTULO II.....		28
METODOLOGÍA		28
2.1	Materiales y Equipos	28
2.2	Métodos	31
2.2.1	Plan de recolección de datos	33
2.2.2	Plan de procesamiento y análisis de información	34
CAPÍTULO III.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	35
3.1.1	Zona de estudio	35
3.1.2	Levantamiento topográfico	35
3.1.3	Inventario vial	36
3.1.4	Análisis de tráfico	36
3.1.4.1	Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) por el método de la trigésima hora	36
3.1.4.2	Cálculo del Tráfico Futuro.....	41
3.1.4.3	Clasificación de la vía en función del tráfico futuro.....	42
3.1.5	Cálculo del número de ejes equivalentes (W18).....	43
3.1.6	Análisis y resultados del estudio de suelos	46
3.1.6.1	Espesor de capas	46

3.1.6.2	Análisis granulométrico.....	46
3.1.6.3	Límites de Atterberg	47
3.1.6.4	Ensayo de compactación Próctor modificado tipo B.....	48
3.1.6.5	Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	49
3.1.6.6	Ensayo de desgaste por abrasión	50
3.1.7	Análisis y resultados de la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	50
3.1.7.1	Resumen del PCI de la vía en estudio.....	57
3.1.7.2	Resumen de la evaluación superficial de la vía	57
3.1.8	Análisis y resultados de la medición de deflexiones del pavimento mediante la aplicación de la metodología Viga Benkelman	59
3.1.8.1	Cálculo de deflexiones.....	59
3.1.8.2	Cálculo de radio de curvatura	63
3.1.8.3	Deflexión característica	64
3.1.8.4	Deflexión admisible.....	65
3.1.8.5	Deflexión crítica	66
3.1.8.6	Resultados del ensayo Viga Benkelman en la vía en estudio.	67
3.1.9	Plan de Mantenimiento Vial.....	69
3.1.9.1	Plan de mantenimiento vial en función al valor del PCI	69
3.1.9.2	Plan de mantenimiento vial en función de la deflectometría de la vía, mediante el ensayo de Viga Benkelman.	70
3.1.9.3	Mantenimiento rutinario	73
3.1.10	Presupuesto referencial de mantenimiento rutinario	74
	CAPÍTULO IV	75
	CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	75
4.1	Conclusiones.....	75
4.2	Recomendaciones	77

MATERIALES DE REFERENCIA	78
Referencias Bibliográficas	78
Anexos	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Sub-Bases en función de la granulometría.....	7
Tabla 2. Clasificación Bases en función de la granulometría	7
Tabla 3. Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR	13
Tabla 4. Graduación de las muestras de ensayo y número de esferas.....	13
Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO	15
Tabla 6. Sistema de clasificación SUCS	16
Tabla 7. Clasificación del PCI	18
Tabla 8. Distancia al borde del pavimento según el ancho del carril.....	22
Tabla 9. Tipos de deflexión.....	24
Tabla 10. Determinación de la hora pico	37
Tabla 11. TPDA total actual de la vía en estudio.....	40
Tabla 12. Índice de crecimiento vehicular	41
Tabla 13. Tráfico futuro total de la vía en estudio	42
Tabla 14. Clasificación de carreteras en base al TPDA	43
Tabla 15. Factores de daño según el tipo de vehículo.....	43
Tabla 16. Factores de distribución direccional	44
Tabla 17. Porcentajes de W18 en el carril D1.....	44
Tabla 18. Cálculo del número de ejes equivalentes W18	45
Tabla 19. Espesores de la estructura del pavimento	46
Tabla 20. Valores del ensayo granulométrico y.....	47
Tabla 21. Valores del ensayo granulométrico y.....	47
Tabla 22. Clasificación del suelo de la Subrasante	48
Tabla 23. Clasificación del suelo de la Sub-base.....	48
Tabla 24. Valores del ensayo de compactación Proctor modificado	49
Tabla 25. Valores de CBR	49
Tabla 26. Porcentaje de abrasión por desgaste de agregados.....	50
Tabla 27. Cálculo del máximo valor deducido corregido.....	55
Tabla 28. Valores PCI de la vía	57
Tabla 29. Porcentaje de afectación de acuerdo al tipo de falla	58
Tabla 30. Deflexiones en campo de la vía en estudio	59
Tabla 31. Deflexiones corregidas por la relación de brazos	60
Tabla 32. Deflexiones corregidas por el efecto de la temperatura.....	61

Tabla 33. Factores de corrección por efecto estacional	62
Tabla 34. Deflexiones corregidas por el efecto estacional.....	63
Tabla 35. Radios de curvatura.....	64
Tabla 36. Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$	65
Tabla 37. Cálculo de deflexiones de la vía en estudio	67
Tabla 38. Tipos de deflexiones	67
Tabla 39. Resultados deflectométricos de la vía en estudio.....	68
Tabla 40. Tipos de falla presentes en la vía	69
Tabla 41. Indicadores de mantenimiento según el rango del PCI.....	70
Tabla 42. Evaluación estructural del pavimento de la vía en estudio	71
Tabla 43. Intervención en función de la viga Benkelman.....	72
Tabla 44. Actividades de mantenimiento rutinario.....	73
Tabla 45. Presupuesto referencial de mantenimiento rutinario para la vía	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Pavimento Flexible.....	5
Figura 2. Carta de plasticidad (SUCS).....	17
Figura 3. Partes de la Viga Benkelman.....	21
Figura 4. Ubicación del centro de gravedad del eje posterior.....	22
Figura 5. Alineación de la viga Benkelman con el centro de las llantas.....	23
Figura 6. Ubicación vía Panzaleo – Mulalillo.....	35
Figura 7. Interpretación gráfica del TPDA total según el tipo de vehículo	40
Figura 8. Ábaco de valores deducidos para falla 6 depresión.....	54
Figura 9. Curvas para el cálculo del valor deducido corregido (CDV)	56
Figura 10. Tipos de falla presentes en la vía.....	58
Figura 11. Análisis deflectométrico de la vía.....	68
Figura 12. Representación del comportamiento de la subrasante	71
Figura 13. Representación del comportamiento de la estructura del pavimento	72
Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales	160
Figura 15. Ábaco de valores deducidos para falla 11 parche.....	161
Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido	161
Figura 17. Ábaco de valores deducidos para falla 17 grieta parabólica.....	162
Figura 18. Ábaco de valores deducidos para falla 5 corrugación	164
Figura 19. Ábaco de valores deducidos para falla 7 grieta de borde	170

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. INVENTARIO VIAL

Anexo A-1. Inventario Vial de la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la Provincia de Cotopaxi.	81
--	----

ANEXO B. CONTEO VEHICULAR

Anexo B-1. Conteo vehicular del lunes 10 de febrero del 2020	85
Anexo B-2. Conteo vehicular del martes 11 de febrero del 2020	86
Anexo B-3. Conteo vehicular del miércoles 12 de febrero del 2020	87
Anexo B-4. Conteo vehicular del jueves 13 de febrero del 2020	88
Anexo B-5. Conteo vehicular del viernes 14 de febrero del 2020	89
Anexo B-6. Conteo vehicular del sábado 15 de febrero del 2020	90
Anexo B-7. Conteo vehicular del domingo 16 de febrero del 2020	91

ANEXO C. ESTUDIO DE SUELOS

Anexo C-1. Análisis granulométrico calicata 1, muestra subrasante	94
Anexo C- 2. Límites de Atterberg calicata 1, muestra subrasante	95
Anexo C- 3. Proctor modificado tipo B calicata 1, muestra subrasante	96
Anexo C-4. Compactación CBR calicata 1, muestra subrasante	97
Anexo C-5. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 1, muestra subrasante ..	98
Anexo C-6. Análisis granulométrico calicata 1, muestra sub-base.....	100
Anexo C-7. Límites de Atterberg calicata 1, muestra sub-base.....	101
Anexo C-8. Proctor modificado tipo B calicata 1, muestra sub-base	102
Anexo C-9. Compactación CBR calicata 1, muestra sub-base	103
Anexo C-10. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 1, muestra sub-base.	104
Anexo C-11. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 1, muestra sub-base	105
Anexo C-12. Análisis granulométrico calicata 2, muestra subrasante.....	107
Anexo C-13. Límites de Atterberg calicata 2, muestra subrasante	108
Anexo C-14. Proctor modificado tipo B calicata 2, muestra subrasante	109
Anexo C-15. Compactación CBR calicata 2, muestra subrasante	110
Anexo C-16. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 2, muestra subrasante	111
Anexo C-17. Análisis granulométrico calicata 2, muestra sub-base.....	113
Anexo C-18. Límites de Atterberg calicata 2, muestra sub-base.....	114
Anexo C-19. Proctor modificado tipo B calicata 2, muestra sub-base	115

Anexo C-20. Compactación CBR calicata 2, muestra sub-base	116
Anexo C-21. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 2, muestra sub-base.	117
Anexo C-22. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 2, muestra sub-base	118
Anexo C-23. Análisis granulométrico calicata 3, muestra subrasante	120
Anexo C-24. Límites de Atterberg calicata 3, muestra subrasante	121
Anexo C-25. Proctor modificado tipo B calicata 3, muestra subrasante	122
Anexo C-26. Compactación CBR calicata 3, muestra subrasante	123
Anexo C-27. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 3, muestra subrasante	124
Anexo C-28. Análisis granulométrico calicata 3, muestra sub-base.....	126
Anexo C-29. Límites de Atterberg calicata 3, muestra sub-base	127
Anexo C-30. Proctor modificado tipo B calicata 3, muestra sub-base	128
Anexo C-31. Compactación CBR calicata 3, muestra sub-base	129
Anexo C-32. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 3, muestra sub-base.	130
Anexo C-33. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 3, muestra sub-base	131
Anexo C-34. Análisis granulométrico calicata 4, muestra subrasante	133
Anexo C-35. Límites de Atterberg calicata 4, muestra subrasante	134
Anexo C-36. Proctor modificado tipo B calicata 4, muestra subrasante	135
Anexo C-37. Compactación CBR calicata 4, muestra subrasante	136
Anexo C-38. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 4, muestra subrasante	137
Anexo C-39. Análisis granulométrico calicata 4, muestra sub-base.....	139
Anexo C-40. Límites de Atterberg calicata 4, muestra sub-base	140
Anexo C-41. Proctor modificado tipo B calicata 4, muestra sub-base	141
Anexo C-42. Compactación CBR calicata 4, muestra sub-base	142
Anexo C-43. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 4, muestra sub-base.	143
Anexo C-44. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 4, muestra sub-base	144
ANEXO D. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	
Anexo D-1. Índice de condición del pavimento - muestra 1.....	146
Anexo D-2. Índice de condición del pavimento - muestra 2.....	147
Anexo D-3. Índice de condición del pavimento - muestra 3.....	148
Anexo D-4. Índice de condición del pavimento – muestra 4.....	149
Anexo D-5. Índice de condición del pavimento – muestra 5.....	150

Anexo D-6. Índice de condición del pavimento – muestra 6.....	151
Anexo D-7. Índice de condición del pavimento – muestra 7.....	152
Anexo D-8. Índice de condición del pavimento – muestra 8.....	153
Anexo D-9. Índice de condición del pavimento – muestra 9.....	154
Anexo D-10. Índice de condición del pavimento – muestra 10.....	155
Anexo D-11. Índice de condición del pavimento – muestra 11.....	156
Anexo D-12. Índice de condición del pavimento – muestra 12.....	157
Anexo D-13. Índice de condición del pavimento – muestra 13.....	158
Anexo D-14. Índice de condición del pavimento – muestra 14.....	159
Anexo D-15. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 1.....	160
Anexo D-16. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 2.....	160
Anexo D-17. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 3.....	162
Anexo D-18. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 4.....	163
Anexo D-19. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 5.....	164
Anexo D-20. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 6.....	164
Anexo D-21. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 7.....	165
Anexo D-22. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 8.....	166
Anexo D-23. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 9.....	167
Anexo D-24. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 10.....	168
Anexo D-25. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 11.....	169
Anexo D-26. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 12.....	169
Anexo D-27. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 13.....	170
Anexo D-28. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 14.....	171
Anexo D-29. Curvas para hallar el Valor Deducido Corregido (VDC), aplicadas en las muestras: 3, 6, 9 y 14.....	172
ANEXO E. ARCHIVO FOTOGRÁFICO	
Anexo E-1. Fotografías.....	174
ANEXO F. PLANOS	
Anexo F-1. Planos.....	177

RESUMEN

La finalidad de este trabajo de titulación es proponer un plan de conservación de la estructura del pavimento de la vía Panzaleo – Mulalillo en el tramo especificado, para lo cual se realizó varias actividades descritas a continuación.

En primera instancia se realizó un reconocimiento topográfico de la vía, y para establecer la condición del pavimento actual se empleó el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual a través de inspecciones visuales en la superficie se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad que permiten establecer las posibles causas del deterioro a nivel superficial.

Complementariamente, para evaluar de una manera completa y funcional la estructura del pavimento de la vía en estudio, se realizó el ensayo con la Viga Benkelman la cual no demanda muchos recursos y es un ensayo no destructivo, no altera la integridad del sistema. Este ensayo permite obtener una evaluación objetiva y realista del comportamiento estructural del pavimento ya que en muchos pavimentos el problema radica en términos de su estructura; de esta manera se puede tomar una decisión efectiva de mantenimiento.

Así mismo, con el fin de realizar ensayos de laboratorio y estudios de suelos se recogió muestras de suelo a lo largo de la vía en el tramo especificado, conscientes del papel fundamental en el comportamiento general de la vía que juegan las características y propiedades mecánicas de los materiales que conforman las diferentes capas de la estructura del pavimento; considerando además el efecto del tránsito y condiciones climáticas a la que está expuesta la vía.

En base al análisis y resultados obtenidos de acuerdo con las normas establecidas, se concluyó que la vía Panzaleo – Mulalillo de la provincia de Cotopaxi se encuentra en muy buenas condiciones de servicio a los usuarios de la misma y se plantea un mantenimiento rutinario.

ABSTRACT

The purpose of this degree work is to propose a conservation plan for the pavement structure of the Panzaleo - Mulalillo road in the specified section, for which several activities described below were carried out.

In the first instance, a topographic survey of the road was carried out, and to establish the condition of the current pavement, the Pavement Condition Index (PCI) method was used, which through visual inspections on the surface identifies types of deterioration, severity and quantity that allow to establish the possible causes of deterioration at the surface level.

In addition, to fully and functionally evaluate the pavement structure of the road under study, the test was carried out with the Benkelman Beam, which does not demand many resources and is a non-destructive test, it does not alter the integrity of the system. This test allows to obtain an objective and realistic evaluation of the structural behavior of the pavement since in many pavements the problem lies in terms of its structure; in this way an effective maintenance decision can be made.

Likewise, in order to carry out laboratory tests and soil studies, soil samples were collected along the road in the specified section, aware of the fundamental role in the general behavior of the road played by the characteristics and mechanical properties of the materials that make up the different layers of the pavement structure; also considering the effect of traffic and weather conditions to which the road is exposed. Based on the analysis and results obtained according to the established standards, it was concluded that the Panzaleo - Mulalillo road in the province of Cotopaxi is in very good conditions of service to its users and a routine maintenance is proposed.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

Las vías terrestres son obras de vital importancia para el desarrollo de un país; permiten la comunicación entre los pueblos, el acceso a los servicios, la integración territorial y genera una amplia gama de beneficios económicos y sociales. Los responsables de la toma de decisiones deben reconocer la importancia de la conservación vial, así como la de financiarla y administrarla adecuadamente para extraer el máximo valor de la red vial. [1]

Es importante señalar que los Estados Unidos de Norte América es el país que más ha contribuido al desarrollo de la ingeniería de caminos a nivel mundial. En 1914 se crea la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Públicas (AASHO), siendo sus funciones la de preparar normas, especificaciones y manuales. Actualmente, Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO).

Sin lugar a duda, es la AASHTO la que más ha aportado para el desarrollo de la Ingeniería de Caminos. La mayoría de las normas para diseño y construcción de carreteras en nuestra región se basa en las recomendaciones de la AASHTO. [2]

En lo que se refiere a nuestro país, el desarrollo y control de la obra se ceñirá estrictamente a las Especificaciones Generales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para la construcción, mantenimiento, rehabilitación de caminos y puentes. Las normas para estudio, diseño y conservación de carreteras en el Ecuador han sido elaboradas en base a las normas americanas. [3]

La Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12, da a conocer que la rehabilitación del pavimento se basa fundamentalmente en el conocimiento de los diferentes tipos de deterioros que se pueden presentar en los pavimentos flexibles, y en la comprensión de las causas que los producen. Para mayor comprensión de los tipos de deterioro que se pueden encontrar en pavimentos asfálticos, da a conocer

un inventario que permite la determinación de un “Índice de deterioro superficial”. [4]

El mantenimiento rutinario en la red vial estatal es ejecutado directamente por el MTOP, o las microempresas; el mantenimiento periódico se lo ejecuta cuando la vía ha sufrido deterioro, también en algunos casos por administración directa o en otros por contrato, en algunas ocasiones, cuando la vía ya había sufrido un deterioro acelerado. [3]

Los pavimentos flexibles en mal estado, en nuestra sociedad normalmente son evaluados superficialmente por inspección visual y generalmente se toma una decisión de mantenimiento a nivel superficial. En muchos casos este deterioro no se debe a efectos superficiales sino a fallas estructurales, es decir a un decremento de la capacidad portante del sistema pavimento - subrasante en la estructura vial existente.

Los gobiernos locales no tienen muy en claro la importancia de esta capacidad portante del sistema pavimento - subrasante, y tiempo después de aplicado un mantenimiento “superficial” al pavimento, éste vuelve a deteriorarse. [5]

Una manera de economizar los recursos de los gobiernos provinciales, en cuanto a vías rurales, es el mantenimiento de éstas. Para ello se necesita un modelo de gestión vial apegado a la realidad de cada cantón, con metodologías de gestión fáciles de aplicar y que con el tiempo vayan evolucionando y requiriendo mayor exigencia en cuanto a controles, durante la fiscalización de la calidad de los materiales, tecnologías actuales que facilitaran el monitoreo de la vía y su mantenimiento específico para evitar su deterioro. [6]

Uno de los métodos más utilizados para determinar el daño de una vía es el chequeo visual, determinando los tipos de degeneración del pavimento flexible; así como el catastro de los elementos que conforman la vía; seguido de los ensayos in situ. [7]

En la Provincia de Cotopaxi las competencias en lo que respecta a la red vial en la parte rural está a cargo del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi y de la parte urbana se encarga los GAD Municipales de la Provincia. [3]

Cabe destacar que la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) ya con su diseño geométrico definitivo y su nueva estructura del pavimento (flexible), fue puesta en servicio en el año 2015; entonces se puede decir que es relativamente nueva. Tiene una longitud de 8,5 km que comprende la primera etapa del proyecto vial en esta zona rural del Cantón Salcedo a cargo del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotopaxi.

1.1.2 Justificación

La infraestructura vial es un patrimonio nacional enorme y requiere conservación para mantenerla en condiciones satisfactorias y ofrecer circulación segura y con bajo costo al usuario. Una conservación tardía o insuficiente aumentará el costo final de reparación, elevará los costos de funcionamiento para el usuario, aumentará molestias y reducirá seguridad. Precisamente en estos aspectos radica la importancia de la conservación vial. [8]

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista técnico se realiza con el fin de brindar actividades básicas que se pueden ejecutar dentro de un proceso de conservación en una vía de pavimento flexible, en este caso, la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo especificado.

En el Ecuador la competencia de “planificar, construir y mantener la vialidad” es compartida por el nivel central, el provincial y el municipal. El nivel central se ocupa de la red vial categorizada como nacional, los municipios de las vías en áreas urbanas, y el resto de la red vial es de competencia provincial. La Resolución 009-CNC-2014 del Consejo Nacional de Competencias regula este ejercicio compartido, especificando atribuciones de cada nivel de gobierno. [3]

Las carreteras son en nuestro país la vía de comunicación terrestre más importante, la mayor parte de los intercambios comerciales a nivel nacional e internacional se lleva a cabo por éstas, debido a esto es de suma importancia tener en cuenta el mantenimiento de la estructura del pavimento para de esta manera evitar su reconstrucción que significan costos muy elevados en relación con su mantenimiento. [2]

Al ser ésta la vía principal que conecta las parroquias de Mulalillo, Panzaleo y otros poblados aledaños, con la zona urbana del Cantón Salcedo es de suma importancia que la vía esté en excelentes condiciones de servicio.

Como se mencionó anteriormente el objetivo primordial de este trabajo investigativo es proponer un plan de conservación vial en función de las características físicas de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la provincia de Cotopaxi; además obtener una base de datos del estado actual de la estructura del pavimento de la vía en el tramo especificado, para generar una guía técnica de mantenimiento de la vía; y el beneficio de los poblados que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Pavimento

Pavimento es un elemento estructural que, asentado sobre un suelo de fundación apropiado, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición ambiental (función estructural). Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito. [9]

Clasificación del pavimento

- **Pavimento flexible**

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil. [8]

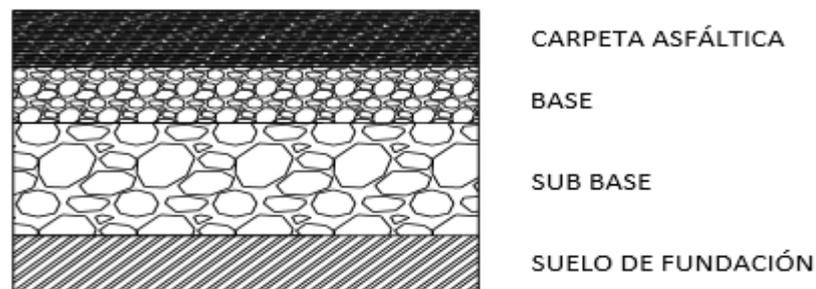


Figura 1. Estructura Pavimento Flexible

Fuente: Tesis H. Meza, Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú, 2017

- **Pavimento rígido**

Conocido también como pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se basa generalmente en el tratamiento de juntas de las losas. [6]

- **Pavimento semi-rígido**

Es una combinación de pavimento flexible y pavimento rígido, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima; entonces es usual que un pavimento semi-rígido esté compuesto de una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico. [6]

Estructura de un pavimento flexible

Subrasante

Es la capa superior de la explanación, que sirve de base para la estructura del pavimento, después de haber terminado el movimiento de tierras, ser

compactado, y dadas las pendientes específicas. Soporta las cargas sin sufrir deformaciones que afecten a su comportamiento. [9]

Sub-base

Capa de espesor definido, compuesta por materiales que cumplen determinadas especificaciones, y colocada sobre una subrasante aprobada para soportar la capa base. [10]

Su función es proteger a la subrasante y distribuir apropiadamente las cargas de tránsito, además de controlar la capilaridad del agua y servir de plataforma para la estabilización de las demás capas. [9]

Base

Es la capa que tiene por finalidad soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, repartiendo uniformemente estos esfuerzos a la capa de sub-base y al terreno de fundación.

Las bases pueden ser granulares o estar formados por mezclas bituminosas, mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante. No debe presentar cambios de volumen y debe ser resistente a los cambios de humedad y temperatura. [10]

Carpeta asfáltica

Formada por una o varias capas que se colocan sobre la base, dichas capas consisten en materiales granulares con o sin liga, y por lo general son de concreto asfáltico o hidráulico.

Designada para dar comodidad al tránsito; debe tener características antideslizantes, ser impermeable y resistir los efectos abrasivos del tráfico y los efectos degradantes del clima. [11]

Especificaciones técnicas para sub-bases

Clase 1: son elaborados con la trituración de piedra o gravas, graduadas de grueso a fino, son obtenidas mediante un proceso industrial, posee irregularidades por lo que tiene mayor resistencia.

Clase 2: Son elaborados por cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de grava.

Clase 3: son elaborados por materiales obtenidos de la excavación para la plataforma o minas, son de resistencia pobre. [12]

Tabla 1. Clasificación Sub-Bases en función de la granulometría

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm)			100
2" (50.4 mm.)		100	----
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	----
Nº 4(4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	----
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: MTOP 2002, Sección 403-1.1

Especificaciones técnicas para bases

Clase 1: Elaborado con agregados gruesos y finos triturados en un 100% y obligatoriamente mezclados en sitio.

Clase 2: Elaboradas con un 50% o más de agregados gruesos triturados y mezclados obligatoriamente en planta.

Clase 3: Elaboradas por lo menos con un 25% o más de agregados gruesos triturados y mezclados obligatoriamente en planta.

Clase 4: Constituidas con bases obtenidas por tamizados de piedras o gravas. [12]

Tabla 2. Clasificación Bases en función de la granulometría

Tamiz		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
Pulgadas	Milímetros	TIPO A	TIPO B			
2"	50 mm	100	100	100	100	100
1 1/2	37.5 mm	70 - 100	70 - 100	70 - 100		
1"	25 mm	55 - 85	60 - 90	55 - 85	70 - 100	
3/4 "	19 mm	50 - 80	45 - 75	47 - 75	60 - 90	60 - 90
3/8 "	9.5 mm	35 - 60	30 - 60	35 - 65	40 - 75	
Nº 4	4.75 mm	25 - 50	20 - 50	25 - 55	30 - 60	20 - 50
Nº 10	2 mm	20 - 40	10 - 25	15 - 45	15 - 45	
Nº 40	0.425 mm	10- 25	2 -12	5 - 25	10 - 30	
Nº 200	0.075 mm	2- 12		0 - 10	0 - 15	0 - 15

Fuente: MTOP 2002, Sección 404-1

1.1.3.2 Inventario vial

El inventario vial es un estudio de campo que permite determinar las condiciones actuales de la vía a fin de proyectar las obras a ejecutarse y el monto de inversión. El inventario incluye varias actividades de campo y de oficina, para lo cual se requiere de equipos de medición y posicionamiento como: cinta métrica, GPS, estación total, otros menores. [2]

1.1.3.3 Estudio de Tráfico

Tráfico

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito; si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento. [2]

En un proyecto vial, cuando se trata de mejoramiento de carreteras existentes (rectificación de trazado, ensanchamiento, pavimentación) o de construcción de carreteras alternas entre puntos ya conectados por vías de comunicación, es fácil cuantificar el tráfico actual y pronosticar la demanda futura. En cambio, cuando se trata de zonas menos desarrolladas, la estimación del tráfico se hace difícil e incierta; esta situación se presenta con frecuencia en nuestro país que cuenta con extensas regiones de su territorio total o parcialmente inexplorados. [11]

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Es el volumen de tránsito promedio por día que equivale a un año calendario. Para obtener este indicador se debe realizar mediciones continuas, por el periodo de al menos un año en los tramos relevantes de la vía en estudio. Si no es posible realizar estas mediciones, se ejecutarán mediciones de referencia que permitan calcular un TPDA estimado. [13]

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

Se utilizó el método de la trigésima hora debido a que en las normas de diseño geométrico se sugiere utilizar como método alternativo y al no tener los factores para la determinación del tráfico. [13]

Tránsito de hora pico (Trigésima hora de diseño)

El factor de hora pico (FHP), es el 25% de la relación entre el tránsito de la hora pico y la mayor cantidad de tránsito registrado durante 15 minutos de esta hora pico, se representa en la siguiente ecuación:

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Q_{15m\acute{a}x}} \quad (1)$$

Donde:

FHP: Factor de hora pico

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

$Q_{15m\acute{a}x}$: Flujo máximo durante 15 minutos de la hora pico

Tráfico Promedio Diario Anual Actual (TPDA Actual)

Para el cálculo del TPDA Actual es necesario conocer el volumen de tránsito de la hora pico. Según la norma para carreteras rurales el volumen se encuentra entre el 12% y 18% del TPDA, usándose como base representativa un 15% del TPDA. Mientras que para carreteras urbanas este intervalo va de 8% a 12%, tomándose como factor representativo un 10% del TPDA.

Tráfico Actual: volumen de tránsito que usará la carretera mejorada en el momento que se pondrá en servicio.

Tráfico Generado: corresponde al 20% del TPDA. Es el tráfico que se generará solo si las mejoras propuestas ocurren.

Tráfico Atraído: corresponde al 10% del TPDA. Representa el volumen de tránsito atraído de otras carreteras una vez finalizado el mejoramiento.

Tráfico Desarrollado: corresponde al 5% del TPDA. Es el incremento de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera, su efecto generalmente se considera a partir de la incorporación del servicio de la carretera a los usuarios.

Tráfico Futuro

El pronóstico de volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual y se basa en una predicción del tráfico de 15 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico. Se calcula de la siguiente manera: [13]

$$T_f = T_t * (1+i)^n \quad (2)$$

Donde:

T_f: Tráfico Futuro

T_t: Tráfico total

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de proyección de años (20 años)

1.1.3.4 Cálculo de ejes equivalentes W18

El número de ejes equivalentes es una conversión de los ejes de todos los tipos de vehículos pesados que circulan por la vía en estudio, al eje de 8.2 toneladas. [11]

$$W18 = ((\sum FD * TPDA) * 365) * F_d * D1 \quad (3)$$

Donde:

W18: número de ejes equivalentes

TPDA: tráfico promedio diario anual

FD: factor de daño (por tipo de vehículo)

F_d: factor de distribución direccional

D1: porcentaje de W18 en el carril D1

1.1.3.5 Estudio de suelos

Los estudios de suelos son fundamentales, tanto para determinar las características de suelo como para el correcto diseño de la estructura del pavimento.

Los ensayos que se realizan al suelo dan a conocer las características físicas y mecánicas del mismo. Además, estos ensayos son de gran importancia en la realización de una obra ingenieril para determinar si el terreno es apto para llevar a cabo la construcción de cualquier proyecto. [14]

En los estudios de suelos se realizarán los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg

- Proctor Modificado
- Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)
- Ensayo de desgaste por abrasión

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico permite determinar la gama de tamaños de partículas presentes en una masa de suelo dada.

Generalmente para encontrar la distribución de tamaño de partículas del suelo se lo divide en dos fracciones: granular y fina. Para la fracción granular cuyas partículas son mayores a 0.075 mm de diámetro se utiliza un análisis a través de tamices, mientras para partículas menores a 0.075 mm de diámetro se utiliza un análisis a través de hidrómetro.

La curva granulométrica está definida en el eje de ordenadas por el porcentaje en peso de las partículas de suelo y el tamaño de las mismas en el eje de las abscisas, este último en escala logarítmica.

Con los diámetros característicos es posible determinar los parámetros que intervienen en el análisis granulométrico. [14]

Límites de Atterberg

También llamados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua (contenido de humedad). Un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. [8]

- **Límite Líquido (LL):** es la frontera entre los estados semi-líquido y plástico, definiéndose como el contenido de humedad que requiere un suelo previamente remoldeado, su determinación es un procedimiento de laboratorio entre el número de golpes de la copa de casa grande vs el contenido de humedad que permiten graficar la curva de escurrimiento.
- **Límite Plástico (LP):** es la frontera entre el estado plástico y semisólido, se calcula igual que el contenido de humedad promedio. Es el contenido de agua necesario para romper o desmoronar un rollito de suelo cuyo diámetro es aproximadamente 3 mm.

- **Índice de Plasticidad (IP):** de un suelo está definido como la diferencia numérica entre su límite líquido y su límite plástico. En ciertos casos es difícil determinar el límite plástico de algunos suelos, o éste es mayor al límite líquido, dando como resultado un índice plástico negativo; a este tipo de suelos se determinan no plásticos (NP). [14]

Proctor Modificado

Este ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca ($\gamma_{m\acute{a}x}$) y el óptimo contenido de humedad ($\%W_{\acute{o}pt}$) que viene a ser el contenido de humedad que da el más alto peso volumétrico seco. [13]

Se lo determina realizando 4 ensayos de un mismo suelo, pero con humedades distintas, de las cuales se determinan 4 densidades distintas para 4 contenidos de humedad distintos, y mediante la interpolación de los 4 valores en una gráfica se obtiene la humedad óptima y la máxima densidad seca. El ensayo consiste en compactar el suelo en cinco capas, dentro del molde especificado por la norma, a través de repetitivos golpes de un pistón especificado, que cae libremente a una altura definida. [14]

Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo CBR determina la resistencia a corte de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, además permite medir la capacidad de la sub-rasante o del material utilizado como base y sub-base.

El material a ensayar debe ser tomado bajo los procedimientos del ensayo de Proctor, sea éste estándar o modificado. En lo referente al número de muestras, el ensayo requiere tres, las mismas que van a ser compactadas en 3 o 5 capas, con 11, 27 y 56 golpes del martillo. Luego se le somete al ensayo de penetración, obteniendo de esta manera una curva análoga que da el valor del CBR en función de la densidad. [15]

Por último, se grafican los 3 valores de densidad vs CBR y se opta por escoger como valor de CBR al que más se aproxime a la densidad máxima del material de suelo (95% de $\gamma_{m\acute{a}x}$). En definitiva, la capacidad de soporte de la subrasante es

fundamental, pues de ella depende el comportamiento funcional y estructural del pavimento. [14]

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria del patrón}} * 100 \quad (4)$$

Tabla 3. Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR

CBR %	CLASIFICACIÓN	USOS
0 - 5	Muy mala	Subrasante
5 - 10	Mala	Subrasante
10 - 20	Regular - Buena	Subrasante
20 - 30	Muy buena	Subrasante
30 - 50	Buena	Sub-base
50 - 80	Buena	Base
80 - 100	Muy buena	Base

Fuente: AASHTO-93, Diseño de pavimentos

Ensayo de desgaste por abrasión

Se lo realiza utilizando la máquina de los ángeles; consiste principalmente en un cilindro accionado por un motor eléctrico que gira alrededor de un eje a una velocidad de 30 – 35 rev/min. [16]

En el interior del cilindro se coloca el material con peso y granulometría determinada, junto con un número de esferas, de acuerdo con el siguiente cuadro.

Tabla 4. Graduación de las muestras de ensayo y número de esferas

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
% Que pasa tamiz		% Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de muestra para ensayo (gr)			
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C	D
37,50	1 1/2"	25,00	1"	1250 ± 25			
25,00	1"	19,00	3/4"	1250 ± 25			
19,00	3/4"	12,50	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,50	1/2"	9,50	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,50	3/8"	6,30	1/4"			2500 ± 10	
6,30	1/4"	4,75	# 4			2500 ± 10	
4,75	# 4	2,36	# 8				5000 ± 10
Número de esferas				12	11	8	6

Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales, MOP 1980, p.243

El material a ensayarse es previamente lavado y secado al horno a 110°C para luego ser pesado (peso inicial).

De acuerdo con la granulometría del cuadro anterior, se coloca el material en la máquina con el número de esferas de acuerdo al caso; y se somete al conjunto a 500 rev.

Luego se saca todo el material y se lo pasa por el tamiz #12, la porción retenida en este tamiz es lavada, secada al horno para posteriormente ser pesada (peso final).

La diferencia del peso inicial y final del material ensayado se expresa como porcentaje del peso original; este valor corresponde al porcentaje de desgaste por abrasión. [16]

Clasificación de suelos

Existen varios métodos y sistemas que permiten clasificar a los suelos: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), el Sistema de la ASTM.

Todos los sistemas de clasificación de suelos mencionados están en función de los límites Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad) y el análisis granulométrico del suelo. [14]

➤ Sistema de Clasificación AASHTO

El sistema AASHTO clasifica a los suelos ubicándolos en 7 grupos principales: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, y algunos de éstos tienen a su vez subgrupos. Utiliza el límite líquido e índice plástico para la clasificación en grupos y subgrupos del suelo fino. Este sistema utiliza también un índice de grupo, con el objetivo de identificar diferentes suelos con distintas características dentro de un mismo grupo. [17]

Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO

AASHTO	CLASIFICACION EN GRUPOS Y SUBGRUPOS DE SUELOS DE LA AASHTO, BPR Y HRB													
	MATERIALES GRANULARES Mas 35% retenido t 200							MATERIALES LAMINARES Mas 35% pasa t 200						
	A-1		A-2					A-3	A-4	A-5	A-6	A-7		A-8
GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-7-5	A-7-6	
SUBGRUPOS														
% PASA TAMIZ														
Num 10	50max													
Num 40	30max	50max						51mi						
Num 200	15max	25max	35max	35max	35max	35max	10ma	36mi	36mi	36mi	36min	36min	36min	
PLASTICIDAD														
LIMITE LIQUID			40max	41min	40max	41min		40ma	41mi	40ma	41min	41min	41min	
INDICE PLAST	6max	6max	10max	10max	11min	11min	NP	10ma	10ma			11min	11min	
INDICE GRUPO	0	0	0	0	4max	4max	0	8ma	12ma	11mi 16ma		20 máximo		
TIPOS DE MATERIAL	Fragmentos de piedra, grava y arena		Gravas y Arenas limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos			TURBA	
TERRENO DE FUNDACION	Excelente a Bueno		Excelente a Bueno		Regular		Excelente a Bueno	De regular a malo					Pesimo inacept	
Rep gráfica														

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Joseph Bowles

➤ Sistema de Clasificación SUCS

Este sistema detalla de una manera más amplia la clasificación de los suelos, dando mayor énfasis a la granulometría del mismo. En la siguiente tabla se muestra la clasificación del suelo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Y también se muestra la carta de plasticidad. [17]

Tabla 6. Sistema de clasificación SUCS

Ti po	Sub-Tipos	Identificación		Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 7,5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0,075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4.	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco a nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3.	Menos de 5% en masa pasa la malla N°200	GW
				Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos de 5% en masa pasa la malla N°200	GP
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véase abajo los grupos ML y MH)	GM
				Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véase abajo los grupos CL y CH)	GC
		ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4.	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con un poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200.	SW
				Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200.	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)		Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véase abajo los grupos ML y MH)	SM	
			Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véase abajo los grupos CL y CH)	SC	
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0,075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML	
				Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL	
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de la plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL	
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH	
				Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH	
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH	
Turbas fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.				P ₁		
ALTAMENTE ORGANICOS						

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Joseph Bowles

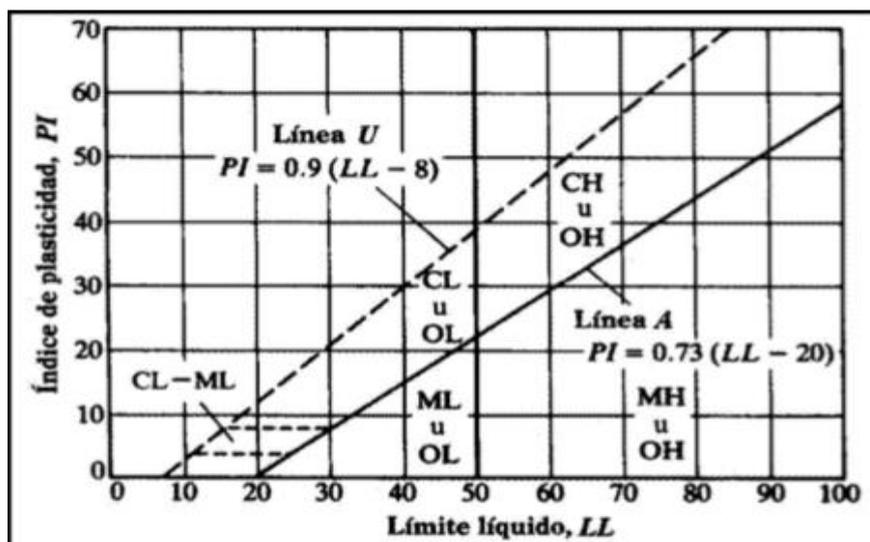


Figura 2. Carta de plasticidad (SUCS)

Fuente: Manual de laboratorio de suelos de Joseph Bowles, 2002

1.1.3.6 Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.)

El método PCI consiste en la determinación de un índice de la calidad estructural y de la condición de operación de la superficie a través de una inspección visual para identificar las fallas presentes en el pavimento, su grado de severidad y cantidad, es decir da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento.

El PCI suministra un detalle del rendimiento del pavimento para validación o para incorporación de mejoras en su diseño y para generar propuestas de mantenimiento. [18]

Este método es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en muy mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. El siguiente cuadro presenta los rangos del PCI con la correspondiente descripción de la condición del pavimento. [7]

Tabla 7. Clasificación del PCI

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

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras Manizales, 2002

El cálculo del PCI se basa en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presente. Los tipos de deterioros, que considera el método del PCI (en pavimentos flexibles), se indican a continuación:

1. Piel de cocodrilo
2. Exudación
3. Agrietamiento en bloque
4. Abultamientos y hundimientos
5. Corrugación
6. Depresión
7. Grieta de borde
8. Grieta de flexión de junta
9. Desnivel carril/berma
10. Grietas longitudinal y transversal
11. Parcheo
12. Pulimiento de agregados
13. Huecos
14. Cruce de vía férrea o ingreso y salida de puente
15. Ahuellamiento
16. Desplazamiento o deformación por empuje
17. Grieta parabólica o desplazamiento
18. Hinchamiento
19. Desprendimiento de agregados

Cada tipo de falla tiene una actividad de mantenimiento asociada que la elimina totalmente o reduce su efecto dañino a la condición del pavimento en forma significativa. [18]

Calidad de Tránsito

Al realizar la inspección de daños en el campo, se debe evaluar la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de los daños en la superficie de rodamiento. Estos niveles se clasifican en tres grupos por su grado de severidad.

- a) Bajo (Low): se perciben vibraciones en el vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad, con el fin de conservar la comodidad o seguridad.
- b) Medio (Medium): se perciben vibraciones significativas en el vehículo, que requieren de alguna reducción de velocidad, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.
- c) Alto (High): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad considerable, con el fin de conservar la comodidad y seguridad. [18]

Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

En la evaluación de una red vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la evaluación se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%. [18]

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad (5)$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades ($\sigma=10$)

Selección de las unidades de muestreo para inspección

Es recomendable que las unidades elegidas, estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriamente) de la siguiente manera: [18]

- El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} \quad (6)$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible

n: Número mínimo de unidades para evaluar

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

Selección de las Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, cruce de línea férrea) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una unidad adicional en lugar de una unidad representativa o aleatoria. [7]

Escala de PCI y tipo de intervención

Mantenimiento rutinario - preventivo: sello de fisuras, parcheo y lechadas asfálticas. Rango: 100-85 / 85-70.

Mantenimiento correctivo - periódico: refuerzo de superficie de rodadura, recapeo. Rango: 70-55 / 55-40.

Rehabilitación: reemplazo de la superficie de rodadura, reciclados. Rango: 40-25.

Reconstrucción: reconformación de toda la estructura del pavimento. Rango: 25-10 / 10-0. [8]

1.1.3.7 Evaluación estructural del pavimento mediante la aplicación de la metodología Viga Benkelman

La viga Benkelman es una herramienta utilizada en la evaluación estructural de pavimentos con el objetivo de proponer un plan de mantenimiento, mejoramiento o rehabilitación.

Es un ensayo no destructivo que permite determinar deflexiones verticales sobre la superficie de una vía, para lograr estas mediciones es necesario aplicar una carga de 18000 lb (8,2 toneladas), proveniente de las llantas dobles del eje trasero simple de un camión.

Estas deflexiones son medidas en un punto inicial de referencia y a cada distancia conforme avanza el camión, de esta manera se crea la curva de deflexiones. [11]

Viga Benkelman

Se trata de un dispositivo bastante simple, que funciona aplicando la conocida "regla de la palanca". Es una estructura de aluminio que se coloca sobre la superficie del pavimento flexible, consta de un brazo que se extiende y cuyo extremo se ubica entre las ruedas traseras del vehículo. [19]

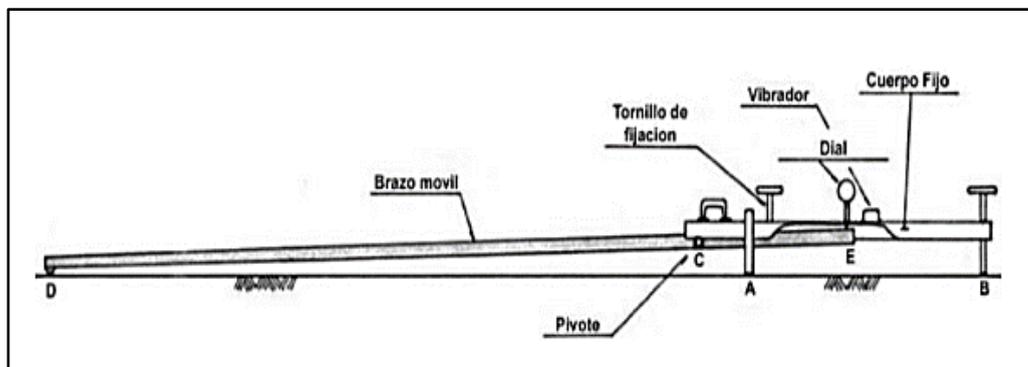


Figura 3. Partes de la Viga Benkelman

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú, Manual de Ensayo de Materiales, 2016

Procedimiento del ensayo de la viga Benkelman

Para el ensayo se verifica que el camión tenga un peso de 8.2 Ton, pesados desde los 2/3 del eje posterior hacia adelante y unas llantas con presión de aire de 75-85 PSI.

Para iniciar las mediciones de las deflexiones se tiene que definir los puntos donde se tomarán las medidas. Es recomendable tomar los puntos cada 200 m de distancia, alternando cada carril; estos puntos tienen que encontrarse a una distancia prefijada hacia dentro del carril desde el borde del espaldón del pavimento.

Marcar con una línea transversal al eje de la vía, la superficie del pavimento a ser ensayada. Sobre la línea localizar el punto de ensayo a una distancia desde del borde del pavimento. [11]

Se recomienda utilizar las distancias indicadas en la Tabla 8:

Tabla 8. Distancia al borde del pavimento según el ancho del carril

Ancho de carril (m)	Distancia del punto de ensayo medida desde el borde del pavimento (m)
2,70	0,45
3,00	0,60
3,30	0,75
3,60 o más	0,90

Fuente: Tesis Harol Meza

Colocar sobre el punto seleccionado la rueda dual externa del camión, y movilizarlo lentamente, para que de esta manera el punto se ubique entre ambas llantas.

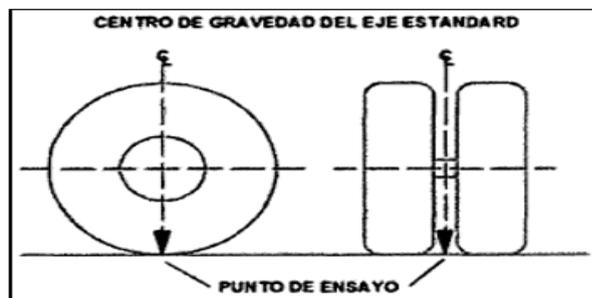


Figura 4. Ubicación del centro de gravedad del eje posterior

Fuente: Tesis “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicado a un pavimento.”

Una vez ubicado en la superficie donde se ejecutará el ensayo, ubicar el neumático del vehículo a utilizar sobre el punto, de manera que coincida cerca del eje vertical del centro de gravedad del mismo (punto D).

El extremo del brazo móvil de la viga, insertarlo entre los neumáticos del vehículo y colocarlo sobre el punto seleccionado a ensayar.

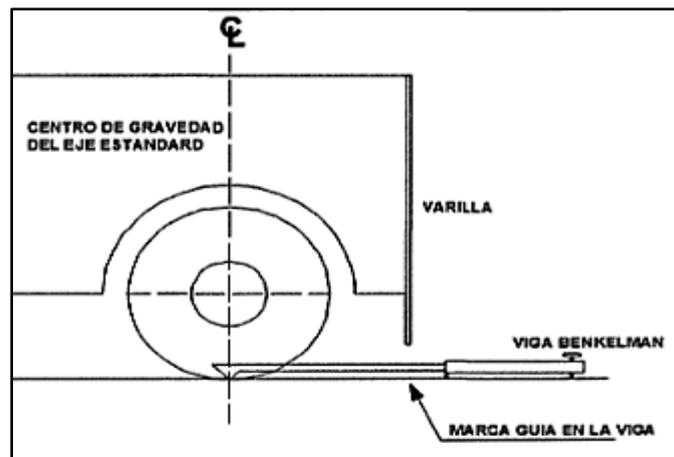


Figura 5. Alineación de la viga Benkelman con el centro de las llantas

Fuente: Tesis “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicado a un pavimento.”

Las mediciones en el punto seleccionado ya en la superficie de la vía, se realizará a diferentes distancias, a los 0,25 m - 0,50 m – 1,00 m – 5,00 m y 8,00 metros.

En esta metodología de análisis es necesario tomar por lo menos 3 lecturas; se pueden obtener mayor cantidad de lecturas con fines de verificación o para obtener una gráfica del tipo de curva de deflexión que se produce en el pavimento. Como norma la primera marca adicional se realizará a una distancia tal que la medida de su deflexión sea la mitad o esté en un rango del 35 al 65 % del límite máximo; en el doble de distancia de la primera marca adicional se determinará la segunda marca adicional. [19]

Una vez ubicada la viga en el punto a realizar la medición, se procede a comprobar su alineación longitudinal con la dirección del movimiento del

camión. Inmediatamente encerar el dial, y tomar las lecturas mientras el camión se desliza lentamente hasta el último punto a ensayar en cada estación. [11]

La temperatura de las capas asfálticas debe ser medida en el instante de efectuar las pruebas, con el fin de convertir a la temperatura de referencia (20 °C).

Se hace un orificio de aproximadamente 3cm x 5cm y se lo llena con agua, se coloca el termómetro y después de 10 min se registra la temperatura. Es conveniente establecer una relación deflexión - temperatura, ubicando unos pocos puntos de ensayo y efectuando medidas repetidas de deflexión en ellos a diferentes horas del día, desde las primeras horas de la mañana hasta las últimas de la tarde. [11]

Evaluación del pavimento considerando la deflexión y radio de curvatura

Tabla 9. Tipos de deflexión

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno $D < D_a$	Bueno $R_o > 100$
Tipo II	Malo $D > D_a$	Bueno $R_o > 100$
Tipo III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100$
Tipo IV	Malo $D > D_a$	Malo $R_o < 100$

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial de Perú

Donde:

Tipo I: Estos modelos de deformación poseen un buen comportamiento estructural de Subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura mediana y una deflexión pequeña. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, además de una Subrasante que posee materiales que cumplen con la calidad solicitada.

Tipo II: Estos modelos de deformación poseen un mal comportamiento estructural de Subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura mediana y una deflexión grande. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de

deterioro, Pero una Subrasante que posee materiales que no cumplen con la calidad solicitada.

Tipo III: Estos modelos de deformación poseen un buen comportamiento estructural de Subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión pequeña. Esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, las cuales ya no cumplen con los estándares de calidad solicitados (en granulometría, compactación, CBR, etc.).

Tipo IV: Estos modelos de deformación poseen un mal comportamiento estructural de Subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión grande. Esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, además de una Subrasante que posee materiales inadecuados con un bajo CBR, así como la deficiencia en el grado de compactación y/o mal drenaje. [20]

1.1.3.8 Conservación vial

La conservación vial es el conjunto de actividades técnicas, de naturaleza periódica o rutinaria, para mantenerlas en estado óptimo de operación. Esta acción tiene como objetivo principal brindar fluidez de tránsito vehicular en todas las épocas del año. [5]

El mantenimiento rutinario

Se define como un trabajo técnico de reparación de pequeñas deficiencias en la capa de rodadura con la mínima cantidad de alteraciones o de daños, que permitan conservar en un buen estado y que se apliquen con regularidad una o más veces al año. Tiene el carácter de preventivo. [8]

El mantenimiento periódico

Se considera como un trabajo de mayor envergadura que se requiere de forma cíclica con la finalidad de reponer características que poseía la vía al inicio de su operación y que se han perdido debido a las diversas acciones sobre ella. [5]

Rehabilitación

Es el proceso por medio del cual la estructura del pavimento es restaurada a su condición original de soporte debido a que la vía tiene un alto nivel de desgaste como para resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro. Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente.

Mejoramiento

Son el conjunto de actividades que implica mejoras en la vía, tienen relación con su ancho, alineamiento, curvatura o pendiente longitudinal, este proceso está relacionado con la renovación de la superficie y la rehabilitación. Los objetivos del mejoramiento es incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación, la seguridad de vehículos que transitan en la vía. [21]

Reparaciones de emergencia

Son aquellas actividades ejecutadas cuando la vía está en mal estado o se hace intransitable como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural. Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado. [21]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer un sistema de conservación vial en función de las características físicas de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la provincia de Cotopaxi.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Ejecutar el levantamiento topográfico e inventario de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500.
- Determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y el número de ejes equivalentes de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500.
- Evaluar el estado actual de la estructura del pavimento de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500.
- Proponer un plan de mantenimiento a la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) con su respectivo presupuesto.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

Toma de muestras alteradas (Norma: NTE INEN 686 1982-05)

- **Materiales:**
 - Muestra de suelo
 - Costales
- **Equipo:**
 - Pala
 - Pico
 - Barra
 - Flexómetro

Levantamiento topográfico

- **Materiales:**
 - Libreta de campo
 - Clavos de hierro
 - Aerosol color rojo
- **Equipo:**
 - Estación total
 - Prisma topográfico
 - Cinta métrica 50m
 - Flexómetro 5m
 - Trípode topográfico
 - Radio de comunicación

Medición de deflexiones (Norma: AASHTO T-256-01)

- **Materiales:**
 - Agua
 - Aerosol
 - Chaleco reflectivo
- **Equipo:**
 - Viga Benkelman
 - Cíncel
 - Combo

- Flexómetro 5m
- Cinta métrica 50m
- Termómetro
- Volqueta cargada

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

- Materiales:
 - Formato preestablecido de recolección de datos
 - Flexómetro 5 m.
- Equipo:
 - Manual de identificación de fallas

Análisis granulométrico (Norma: ASTM C136-05)

- Materiales:
 - Muestra de suelo cuarteada
- Equipo:
 - Tamizadora
 - Juego de tamices
 - Brocha
 - Balanza electrónica digital
 - Recipientes

Límite líquido (Norma: AASHTO T-89-13)

- Materiales:
 - 80 gr. de muestra de suelo pasado por el tamiz #40
 - Agua
- Equipo:
 - Copa de Casagrande
 - Acanalador
 - Espátula
 - Recipientes de aluminio
 - Horno de secado
 - Balanza electrónica digital

Límite plástico (Norma: AASHTO T-90-16)

- Materiales:
 - 25 gr. de muestra de suelo pasado por el tamiz #40
 - Agua
- Equipo:
 - Placa de vidrio
 - Mortero de porcelana
 - Espátula
 - Recipientes de aluminio
 - Horno de secado
 - Balanza electrónica digital

Próctor modificado Tipo B (Norma: AASHTO T-180-18)

- Materiales:
 - 24 kg. de muestra de suelo pasado por el tamiz #4
 - Agua
- Equipo:
 - Bandeja metálica
 - Moldes metálicos cilíndricos con extensión y base ($\phi=6''$)
 - Martillo compactador
 - Enrasador
 - Brocha
 - Probeta
 - Palustre
 - Balanza electrónica digital
 - Recipientes de aluminio
 - Horno de secado

California Bearing Ratio (CBR) (Norma: AASHTO T-193-13)

- Materiales:
 - 18 kg. de muestra de suelo pasado por el tamiz #4
 - Agua
- Equipo:
 - Bandeja metálica

- Moldes metálicos cilíndricos con extensión y base ($\phi=6''$)
- Martillo compactador
- Enrasador
- Brocha
- Probeta
- Palustre
- Balanza electrónica digital
- Recipientes de aluminio
- Horno de secado
- Disco espaciador
- Pesa anular
- Pesa ranurada
- Máquina MULTISPEED 34-V1172

Desgaste por abrasión (Norma: AASHTO T-96-77)

- Materiales:
 - 5 kg. de muestra de suelo pasado por el tamiz #12
 - Agua
- Equipo:
 - Máquina de los Ángeles
 - Balanza electrónica digital
 - Recipientes metálicos
 - Horno de secado

2.2 Métodos

Descripción de la Metodología

El enfoque para todo el proceso investigativo en este estudio técnico es cualitativo y cuantitativo debido a que se ajusta con la realidad de la investigación, ya que será necesario observar y obtener datos reales de campo.

Tipo de Investigación

Los tipos de investigación de acuerdo con el tema del proyecto serán:

Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica es necesaria en este trabajo técnico porque brinda la información requerida mediante investigaciones previas relacionadas con el

tema, libros, artículos técnicos, tesis; para tener una guía y proceder al desarrollo de la investigación con una base clara del tema.

Investigación Exploratoria

Permite obtener información de campo debido a que se realizará visitas periódicas a la vía, como el levantamiento topográfico de la vía, un inventario vial, el valor de TPDA mediante un conteo vehicular, extracción de muestras de suelos para ensayarlas posteriormente, las deflexiones verticales de la estructura del pavimento mediante el uso de la viga Benkelman y el valor de PCI identificando visualmente cada falla que se encuentra presente sobre la superficie de la vía en estudio.

Investigación de Laboratorio

Esta investigación se desarrolla en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la Universidad Técnica de Ambato con las muestras de suelo recolectadas en la vía. Para ser ensayadas y determinar las propiedades y características del suelo que conforma la estructura del pavimento flexible de la vía.

En los estudios de suelos se realizarán los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)
- Ensayo de desgaste por abrasión

Población

La población se define a la vía Panzaleo - Mulalillo del km 3+500 – km 7+500, en la cual se realizará la propuesta de un plan de conservación para la estructura del pavimento de la mencionada vía.

Muestra

En el proyecto técnico para la identificación de la muestra se tomará en cuenta varios puntos de análisis en la vía Panzaleo - Mulalillo desde el km 3+500 hasta el km 7+500.

Inicialmente se realizará un levantamiento topográfico con la ayuda de la estación total con un ancho de faja de 20 m. Simultáneamente se realizará el inventario vial.

Para el estudio de la estructura del pavimento se realizará calicatas a cada 1000 m de distancia aproximadamente, con un total de 4 muestras a ensayar en el laboratorio.

El ensayo de la viga Benkelman se ejecutará cada 200 m. para medir las deflexiones verticales del pavimento en la vía.

Para el conteo vehicular se realizará un estudio de tráfico durante 7 días, analizando 12 horas por día.

En lo que se refiere al índice de condición del pavimento (PCI), se transitará la vía identificando las fallas visibles.

2.2.1 Plan de recolección de datos

- Levantamiento y estudio topográfico, en donde se detallará las características físicas de la vía y su entorno en el tramo especificado (inventario vial), esto se realizará mediante estación total, la longitud del tramo es de 4000 metros.
- Estudio del tráfico en la vía y obtención de cargas de tránsito por medio de un conteo manual con una duración de una semana (7 días). Se inició el lunes 10 de febrero hasta el domingo 16 de febrero de 2020 en un horario de 07h00 a 19h00. Para el conteo se utilizó la ficha de registro en donde se clasifica según el tipo a los vehículos que circulan en la vía. Este registro se lo realiza en intervalos de 15 minutos para así facilitar el conteo.
- La inspección visual y recorrido para el método PCI, se establece que la vía tiene una sola sección debido a que su pavimento es constante y no existen tramos donde exista presencia de recapeo, además el ancho es constante con pequeñas variaciones no muy importantes.
- La Viga Benkelman es usada para detectar las deflexiones verticales en el pavimento, estos resultados se los lee en un dial el cual es parte del equipo. Los puntos se los realizara cada 200 metros alternando el lado del

carril con una separación del borde de 90 cm. Las deflexiones serán tomadas a 0 m – 0,25 m – 0,50 m - 1,00 m – 5,00 m y 8,00 m.

- Para evaluar las propiedades del suelo se realizó calicatas con dimensiones aproximadas de 1,00 m x 1,00 m con una profundidad de 0,80 m a 1,00 m, a una distancia de cada 1000 m, al tener 4000 metros se extrajo 4 muestras siguiendo lo señalado en la norma NTE INEN 686 1982-05.
- Para realizar todos los ensayos ya explicados anteriormente, tanto en vía como en laboratorio, se rigen bajo las Normas Establecidas para cada uno de los ensayos y son mencionadas a lo largo de este trabajo investigativo.

2.2.2 Plan de procesamiento y análisis de información

- Analizar e interpretar la información recolectada, utilizando diversas técnicas e instrumentos.
- Investigar la metodología de evaluación estructural del pavimento mediante el uso de la Viga Benkelman, para obtener deflexiones verticales del pavimento y analizar los datos obtenidos.
- Determinar el TPDA y ejes equivalentes (W18), mediante un conteo manual del tráfico en la vía, para proceder a analizar el tipo de vehículos que circulan en un tiempo determinado por la vía.
- Reconocer las fallas existentes, cantidad, severidad a lo largo la vía, por el Método de Índice de Condición de Pavimento (PCI), mediante una inspección visual a lo largo de la vía.
- Obtener las propiedades físicas, mecánicas y datos requeridos para el desarrollo del presente proyecto técnico del suelo extraído mediante ensayos de laboratorio.
- Proponer un plan de conservación vial en la abscisa 3+500 hasta la 7+500 de la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo), de esta forma cumplir su periodo de vida útil.
- Establecer conclusiones y recomendaciones en concordancia con los objetivos planteados en el presente trabajo técnico.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se presentará los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos de campo, laboratorio y oficina, mismos que permitieron el desarrollo de la presente investigación y cumplir con el objetivo de la misma.

3.1.1 Zona de estudio

La vía en estudio se encuentra localizada en la Provincia de Cotopaxi, entre las Parroquias rurales Panzaleo y Mulalillo del Cantón Salcedo. El tramo en estudio de este proyecto inicia en la abscisa 3+500 y finaliza en la abscisa 7+500, con una longitud de 4000 m.

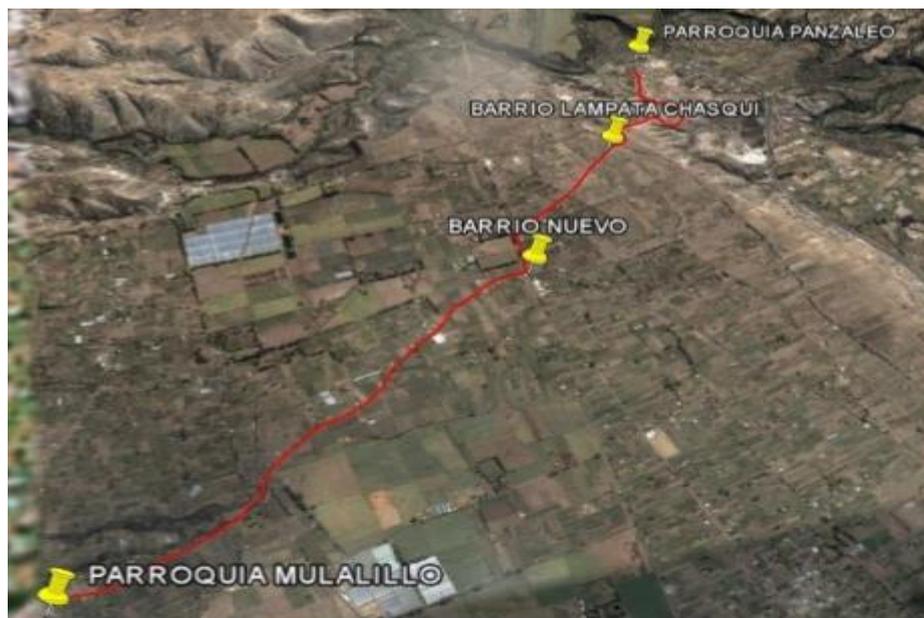


Figura 6. Ubicación vía Panzaleo – Mulalillo

Fuente: Google Earth

3.1.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de la vía Panzaleo - Mulalillo se lo realizó utilizando estación total, se inició en la abscisa 3+500 y concluyó en la abscisa 7+500, a cada 20 metros y los datos obtenidos con el equipo fueron ubicación,

coordenadas y elevación, con los cuales se realizaron las planimetrías de la vía en estudio. (Anexo F)

3.1.3 Inventario vial

La vía Panzaleo - Mulalillo km 3+500 al km 7+500 ha sido levantada, con la ayuda de la estación total, se tomaron puntos cada 20 metros y se midió el ancho de vía con cinta métrica, así mismo se registró sus componentes: aceras, cunetas, pozos, pasos de agua y calles adyacentes. Datos que con la ayuda del software Civil CAD se creó los planos, donde se identifica la longitud total, curvaturas, abscisas y más componentes de la vía.

El inventario vial se detalla en el Anexo A.

3.1.4 Análisis de tráfico

Para el estudio de tráfico se realizó conteos diarios de tráfico para priorización y clasificación vial en función del TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA), el cual se calculó en función del método de la trigésima hora.

El conteo vehicular para la vía Panzaleo - Mulalillo se realizó durante 7 días seguidos por una semana sin que ésta sea afectada por eventos especiales, iniciando el lunes 10 de febrero hasta el domingo 16 de febrero de 2020 en un horario de 07h00 a 19h00.

Este conteo permite generar información de la cantidad de vehículos que circulan en la vía en estudio, tomando en cuenta las características de operación de cada vehículo, ya que éstas varían por su tamaño y peso, formando diferentes tipos.

En el Anexo B se encuentra el conteo vehicular de los siete días de la semana.

3.1.4.1 Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) por el método de la trigésima hora

Posterior a la recolección de información del conteo vehicular, se procede a la tabulación de datos. Para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de la vía, se ha tomado el día con mayor número de vehículos de la semana, siendo el jueves 13 de febrero de 2020 el día con mayor tránsito vehicular (Anexo B).

La hora pico o trigésima hora de la semana se reflejó el jueves 13 de febrero a las 13H00 a 14H00 con un valor de 35 vehículos.

Tabla 10. Determinación de la hora pico

Hora pico	Livianos	Buses	Pesados			TOTAL
			C-2P	C-2G	C-3	
13:00 - 13:15	8	1	1	1	0	11
13:15 - 13:30	7	1	1	0	0	9
13:30 - 13:45	5	0	0	1	0	6
13:45 - 14:00	6	2	1	0	0	9
TOTAL	26	4	3	2	0	35

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Cálculo del factor de hora pico

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Q_{15\text{m}\acute{a}\text{x}}}$$

Donde:

FHP: Factor de hora pico

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

$Q_{15\text{m}\acute{a}\text{x}}$: Flujo máximo durante 15 minutos de la hora pico

$$FHP = \frac{35}{4 * 11}$$

$$FHP = 0.795$$

Se consideró FHP=1, a fin de obtener un tránsito uniforme.

Cálculo del TPDA actual

Para calcular el TPDA actual mediante el método de la 30va hora de diseño, según las normas se utiliza el porcentaje promedio que varía entre el 12% y 18%, para carreteras en zonas rurales; es decir el 15% (k). [13]

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k}$$

Donde:

TPDA: Tráfico promedio diario anual (actual).

VHP: Volumen de vehículos durante la hora pico.

FHP: Factor de hora pico.

k: Porcentaje de la 30ava hora de diseño.

Vías urbanas 8% - 12%, k= (10%)

Vías Rurales: 12% - 18%, k= (15%)

➤ **TPDA actual para vehículos livianos**

$$\text{TPDA actual} = \frac{26 * 1}{15\%}$$

$$\text{TPDA actual} = 173 \text{ veh/día}$$

➤ **TPDA actual para buses**

$$\text{TPDA actual} = \frac{4 * 1}{15\%}$$

$$\text{TPDA actual} = 27 \text{ veh/día}$$

➤ **TPDA actual para vehículos pesados**

• **C - 2 P**

$$\text{TPDA actual} = \frac{3 * 1}{15\%}$$

$$\text{TPDA actual} = 20 \text{ veh/día}$$

• **C - 2 G**

$$\text{TPDA actual} = \frac{2 * 1}{15\%}$$

$$\text{TPDA actual} = 13 \text{ veh/día}$$

Cálculo del tráfico atraído (T at)

$$T \text{ at} = 10\% * \text{TPDA actual}$$

Donde:

T at: Tráfico atraído.

TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual

➤ **T at para vehículos livianos**

$$T \text{ at} = 10\% * 173$$

$$T \text{ at} = 17 \text{ veh/día}$$

➤ **T at para buses**

$$T_{at} = 10\% * 27$$

$$T_{at} = 3 \text{ veh/día}$$

➤ **T at para vehículos pesados**

• **C - 2 P**

$$T_{at} = 10\% * 20$$

$$T_{at} = 2 \text{ veh/día}$$

• **C - 2 G**

$$T_{at} = 10\% * 13$$

$$T_{at} = 1 \text{ veh/día}$$

Nota: El tráfico generado y desarrollado no se toma en cuenta, por la razón que es una vía existente.

Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Total

$$T_{total} = TPDA_{actual} + T_{at} \quad (7)$$

Donde:

T total: Tráfico Promedio Diario Anual Total.

TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual.

T at: Tráfico atraído.

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para vehículos livianos**

$$T_{total} = 173 \text{ veh/día} + 17 \text{ veh/día}$$

$$T_{total} = 190 \text{ veh/día}$$

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para buses**

$$T_{total} = 27 \text{ veh/día} + 3 \text{ veh/día}$$

$$T_{total} = 30 \text{ veh/día}$$

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para vehículos pesados**

• **C - 2 P**

$$T_{total} = 20 \text{ veh/día} + 2 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 22 \text{ veh/día}$$

- **C - 2 G**

$$T \text{ total} = 13 \text{ veh/día} + 1 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 14 \text{ veh/día}$$

Tráfico promedio diario anual total para vehículos pesados es 36 veh/día.

$$\text{TPDA total} = \text{TPDA total (livianos)} + \text{TPDA total (buses)} + \text{TPDA total (pesados)}$$

$$\text{TPDA total} = 190 + 30 + 36$$

$$\text{TPDA total} = 256 \text{ veh/día}$$

Tabla 11. TPDA total actual de la vía en estudio

Tipo de vehículo	TPDA actual (veh/día)	Tráfico atraído (veh/día)	TPDA total (veh/día)
Livianos	173	17	190
Buses	27	3	30
Pesados	33	3	36
TOTAL			256

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

En la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo 3+500 hasta 3+500, se observa que la mayor cantidad de vehículos que transitan por la vía son de tipo livianos y en una menor cantidad los de tipo camiones (pesados).

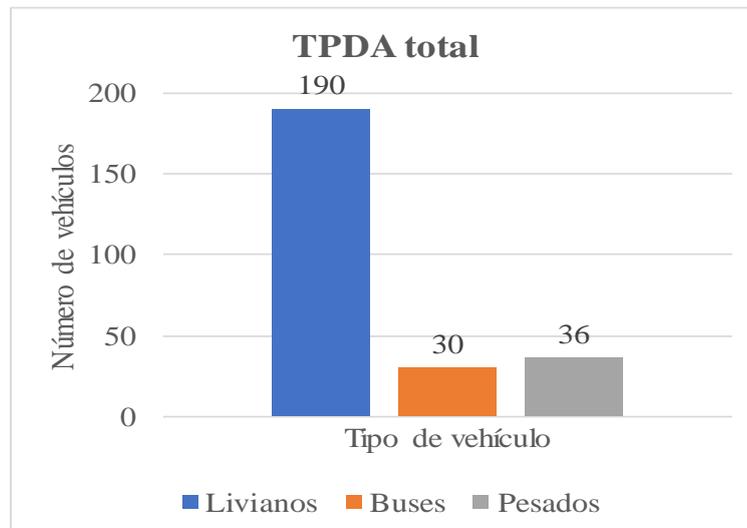


Figura 7. Interpretación gráfica del TPDA total según el tipo de vehículo

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.4.2 Cálculo del Tráfico Futuro

Para el análisis del tráfico futuro de la vía Panzaleo - Mulalillo se realizará una proyección del tráfico para un período de 20 años, iniciando en el año 2020 hasta el año 2040.

$$T_f = T_{total} * (1+i)^n$$

Donde:

T_f: Tráfico futuro

T_{total}: Tráfico promedio diario anual total

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de años a futuro

Tabla 12. Índice de crecimiento vehicular

Período	Tipos de vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58
2030-2035	3,25	1,62	1,58
2035-2040	3,25	1,62	1,58

Fuente: MTOP, 2003

Tabla 13. Tráfico futuro total de la vía en estudio

n	Año	Índice de crecimiento (i %)			Tráfico futuro por tipo de vehículo						TPDA Futuro Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
							C-2 P	C-2 G	C-3		
0	2020	3,97	1,97	1,94	190	30	22	14	0	256	
1	2021	3,57	1,78	1,74	197	31	22	14	0	264	
2	2022	3,57	1,78	1,74	204	31	23	14	0	272	
3	2023	3,57	1,78	1,74	211	32	23	15	0	281	
4	2024	3,57	1,78	1,74	219	32	24	15	0	289	
5	2025	3,57	1,78	1,74	226	33	24	15	0	298	
6	2026	3,25	1,62	1,58	230	33	24	15	0	303	
7	2027	3,25	1,62	1,58	238	34	25	16	0	311	
8	2028	3,25	1,62	1,58	245	34	25	16	0	320	
9	2029	3,25	1,62	1,58	253	35	25	16	0	329	
10	2030	3,25	1,62	1,58	262	35	26	16	0	339	
11	2031	3,25	1,62	1,58	270	36	26	17	0	349	
12	2032	3,25	1,62	1,58	279	36	27	17	0	359	
13	2033	3,25	1,62	1,58	288	37	27	17	0	369	
14	2034	3,25	1,62	1,58	297	38	27	17	0	380	
15	2035	3,25	1,62	1,58	307	38	28	18	0	391	
16	2036	3,25	1,62	1,58	317	39	28	18	0	402	
17	2037	3,25	1,62	1,58	327	39	29	18	0	414	
18	2038	3,25	1,62	1,58	338	40	29	19	0	426	
19	2039	3,25	1,62	1,58	349	41	30	19	0	438	
20	2040	3,25	1,62	1,58	360	41	30	19	0	451	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.4.3 Clasificación de la vía en función del tráfico futuro

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el Ecuador, clasifica las vías de acuerdo al volumen de tráfico e importancia. [12] Según los resultados obtenidos, el TPDA actual es de 256 vehículos/día. Este tráfico proyectado a 20 años, se obtuvo un valor de 451 vehículos/día, en base a estos valores se deduce que la vía que une las parroquias Panzaleo y Mulalillo en el tramo 3+500 hasta 7+500 se encuentra clasificada actualmente como Vecinal Clase IV y a futuro (20 años) como Colectora Clase III de acuerdo a la Tabla 14:

Tabla 14. Clasificación de carreteras en base al TPDA

Función	Clase de carretera (según MOP)	TPDA (Año final de diseño)
Corredor arterial	RI - RII (1)	> 8000
	I	3000 - 8000
Colectora	II	1000 - 3000
	III	300 - 1000
Vecinal	IV	100 - 300
	V	300

Fuente: NEVI-12-2013

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.5 Cálculo del número de ejes equivalentes (W18)

La siguiente ecuación permite realizar el cálculo del número de total de ejes equivalentes:

$$W18 = ((\sum FD * TPDA) * 365) * Fd * DI$$

Donde:

W18: número de ejes equivalentes

TPDA: tráfico promedio diario anual

FD: factor de daño (por tipo de vehículo)

Fd: factor de distribución direccional

DI: porcentaje de W18 en el carril DI

A continuación, se presentan las tablas que se necesita para el cálculo del número de ejes equivalentes (W18):

Tabla 15. Factores de daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	Tons.	$(p/6,6)^4$	Tons.	$(p/8,2)^4$	Tons.	$(p/15)^4$	Tons.	$(p/23)^4$	
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C-2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							
C-2G	6	0,68	11	3,24					3,92
C-3	6	0,68			18	2,07			2,75
C-4	6	0,68					25	1,4	2,08
C-5	6	0,68			18	2,07			2,75
C-6	6	0,68			18	2,07	25	1,4	4,15

Fuente: Guía técnica de pavimentos de Moreira Fricson, 2017

Tabla 16. Factores de distribución direccional

Número de carriles	Porcentaje de vehículos en el carril (%)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Tabla 17. Porcentajes de W18 en el carril D1

Número de carriles en una dirección	Porcentaje de W18 en un carril (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80

Fuente: Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Se procede a calcular el número de ejes equivalentes, en este caso para el año 2020; y se procede de la misma manera para los demás años:

$$W18 = ((30*1,04) + (22*1,29) + (14*3,92) * 365) * 0,5 * 1$$

$$W18 = 20889 \text{ ejes equivalentes}$$

Tabla 18. Cálculo del número de ejes equivalentes W18

n	Año	Índice de crecimiento (i %)			Tráfico futuro por tipo de vehículo						TPDA Futuro Total	W ₁₈ Calculado	W ₁₈ Acumulado	W ₁₈ Carril diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones							
							C-2 P	C-2 G	C-3					
0	2020	3,97	1,97	1,94	190	30	22	14	0	256	20889	20889	10444	
1	2021	3,57	1,78	1,74	197	31	22	14	0	264	21255	42144	21072	
2	2022	3,57	1,78	1,74	204	31	23	14	0	272	21627	63770	31885	
3	2023	3,57	1,78	1,74	211	32	23	15	0	281	22006	85776	42888	
4	2024	3,57	1,78	1,74	219	32	24	15	0	289	22391	108167	54083	
5	2025	3,57	1,78	1,74	226	33	24	15	0	298	22783	130950	65475	
6	2026	3,25	1,62	1,58	230	33	24	15	0	303	22964	153914	76957	
7	2027	3,25	1,62	1,58	238	34	25	16	0	311	23329	177243	88621	
8	2028	3,25	1,62	1,58	245	34	25	16	0	320	23700	200943	100472	
9	2029	3,25	1,62	1,58	253	35	25	16	0	329	24077	225021	112510	
10	2030	3,25	1,62	1,58	262	35	26	16	0	339	24461	249481	124741	
11	2031	3,25	1,62	1,58	270	36	26	17	0	349	24850	274331	137165	
12	2032	3,25	1,62	1,58	279	36	27	17	0	359	25245	299576	149788	
13	2033	3,25	1,62	1,58	288	37	27	17	0	369	25647	325222	162611	
14	2034	3,25	1,62	1,58	297	38	27	17	0	380	26055	351277	175639	
15	2035	3,25	1,62	1,58	307	38	28	18	0	391	26469	377746	188873	
16	2036	3,25	1,62	1,58	317	39	28	18	0	402	26890	404637	202318	
17	2037	3,25	1,62	1,58	327	39	29	18	0	414	27318	431955	215977	
18	2038	3,25	1,62	1,58	338	40	29	19	0	426	27753	459707	229854	
19	2039	3,25	1,62	1,58	349	41	30	19	0	438	28194	487902	243951	
20	2040	3,25	1,62	1,58	360	41	30	19	0	451	28643	516544	258272	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.6 Análisis y resultados del estudio de suelos

En el presente trabajo técnico se realizó pozos a cielo abierto o calicatas de 1m x 1m y de profundidad de 0,8m a 1m aproximadamente, en cada kilómetro del tramo vial. Se extrajo muestras de suelo de 50 kg, obteniendo 2 muestras por calicata; dando como resultado un total de 8 muestras en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la vía Panzaleo - Mulalillo.

Las extracciones de estas muestras de suelo se ubican en las siguientes abscisas: km 3+640, km 4+860, km 5+720, km 7+230. Se identificó una capa de material granular (sub-base) y la subrasante (suelo de fundación).

Una vez extraídas las muestras de suelo, se las secó al aire libre por 7 días para posteriormente ser llevadas al laboratorio de la FICM - UTA y realizar los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, proctor modificado tipo B, CBR y desgaste por abrasión.

Los resultados detallados de estos ensayos se presentan en el Anexo C.

3.1.6.1 Espesor de capas

Al realizar las calicatas se encontró que la estructura del pavimento consta de carpeta asfáltica, base, sub-base, y los espesores son:

Tabla 19. Espesores de la estructura del pavimento

Calicata	Abscisa	Espesor (cm)		
		Carpeta asfáltica	Base	Sub-base
1	km 3+640	7,50	13,00	23,00
2	km 4+860	7,00	15,00	20,00
3	km 5+720	7,50	15,00	25,00
4	km 7+230	7,50	15,00	25,00

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.6.2 Análisis granulométrico

Se realizó el análisis granulométrico de las muestras tomadas de cada una de las calicatas; de la subrasante y el material granular (sub-base), para posteriormente determinar el tipo de suelo.

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas. [22]

Los informes detallados del análisis granulométrico se encuentran en el Anexo C.

3.1.6.3 Límites de Atterberg

Estos límites junto con la granulometría son importantes para la clasificación del suelo de forma específica y correcta. [22]

Para ello se determinó el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de cada una de las muestras de suelo.

A continuación, se detalla los parámetros granulométricos y límites de Atterberg de la subrasante y sub-base en las Tablas 20 y 21 respectivamente.

Tabla 20. Valores del ensayo granulométrico y límites de Atterberg de la subrasante

Capa: Subrasante						
Calicata N°	Granulometría			Límites de Atterberg		
	Cu	Cc	TNM (mm)	L. Líquido %	L. Plástico %	I. Plasticidad %
1	3,86	1,28	0,955	23,92	22,48	1,44
2	6,32	0,89	1,569	23,87	22,59	1,28
3	8,16	0,79	1,700	21,89	20,52	1,37
4	3,86	0,72	1,151	25,23	23,15	2,08

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Tabla 21. Valores del ensayo granulométrico y límites de Atterberg de la sub-base

Capa: Material granular (Sub-base)						
Calicata N°	Granulometría			Límites de Atterberg		
	Cu	Cc	TNM (mm)	L. Líquido %	L. Plástico %	I. Plasticidad %
1	12,93	0,43	24,263	24,70	23,09	1,61
2	13,70	0,94	10,442	24,29	23,60	0,69
3	15,50	0,73	21,516	24,32	22,69	1,63
4	16,1	0,83	22,143	25,44	23,18	2,26

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Posteriormente se procede a determinar el tipo de suelo de la subrasante y la sub-base de acuerdo con el sistema de clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 22. Clasificación del suelo de la Subrasante

Calicata N°	Sistema de Clasificación de Tipo de Suelos			
	SUCS	Descripción	AASHTO	Descripción
1	SM	Arena limosa	A-2-4	Grava y arena limosa
2	SM	Arena limosa	A-2-4	Grava y arena limosa
3	SM	Arena limosa	A-2-4	Grava y arena limosa
4	SM	Arena limosa	A-2-4	Grava y arena limosa

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Tabla 23. Clasificación del suelo de la Sub-base

Calicata N°	Sistema de Clasificación de Tipo de Suelos			
	SUCS	Descripción	AASHTO	Descripción
1	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena
2	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena
3	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena
4	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Se determinó que la sub-base es de clase 2 de acuerdo con la distribución granulométrica en el Anexo C (sección granulometría), y las especificaciones dadas en la Tabla 1.

3.1.6.4 Ensayo de compactación Próctor modificado tipo B

El ensayo de compactación permite determinar los valores de contenido de humedad óptimo y densidad máxima, estos valores posteriormente serán utilizados para realizar el ensayo CBR. [22]

En el Anexo C (sección Proctor modificado) se indica detalladamente el ensayo de compactación proctor modificado tipo B para las 8 muestras en total.

Tabla 24. Valores del ensayo de compactación Proctor modificado

Propiedades	Subrasante				Material granular (Sub-base)			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Húmedad Óptima W %	16,65	15,65	18,35	16,85	19,28	17,60	15,60	19,40
Máxima Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	1,80	1,73	1,61	1,52	1,56	1,67	1,69	1,58

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.6.5 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Con los contenidos de humedad óptima y densidad se procede a realizar el ensayo CBR para determinar la calidad del suelo que forma parte de la estructura del pavimento flexible de la vía y su capacidad portante. [22]

En la Tabla 25 se muestra los resultados de este ensayo, tanto de la subrasante y sub-base.

Para más detalle del ensayo CBR ver en el Anexo C, sección ensayo CBR.

Tabla 25. Valores de CBR

Calicata N°	Subrasante		Sub-base	
	CBR %	Clasificación	CBR %	Clasificación
1	15,96	Regular-Buena	31,54	Buena
2	13,79	Regular-Buena	35,56	Buena
3	17,85	Regular-Buena	31,21	Buena
4	17,41	Regular-Buena	31,20	Buena

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.6.6 Ensayo de desgaste por abrasión

Este ensayo se realizó en la capa sub-base (material granular), en la capa base no se aplicó el ensayo porque se decidió hacerlo sólo en una capa del pavimento, cabe recalcar que esto no afecta de manera significativa en la evaluación de la estructura del pavimento; además por motivos de cumplimiento del cronograma establecido y disponibilidad de laboratorio. En la subrasante no aplica de acuerdo a la norma.

Los datos obtenidos en el ensayo y gráficos se encuentran en el Anexo C.

Tabla 26. Porcentaje de abrasión por desgaste de agregados

Calicata N°	Subrasante	Sub-base
	Desgaste %	Desgaste %
1	No aplica	46,50
2	No aplica	47,89
3	No aplica	48,95
4	No aplica	50,18

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.7 Análisis y resultados de la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La evaluación de un pavimento mediante el método PCI comprende una etapa de trabajo de campo y otra etapa de cálculos aplicando la metodología respectiva.

A continuación se detalla el procedimiento y resultados que se obtuvo en la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en la abscisa 3+500 hasta 7+500; mediante la aplicación de este método.

En el Anexo D se adjunta los formatos de todas las muestras y sus respectivos cálculos.

➤ Cálculo de las unidades de muestreo

Datos: Ancho de calzada: 7,40 m

Longitud del tramo: 4000 m

Área de tramo: 222 m²

Error admisible estimado para el PCI de la sección (e): 5%

Desviación estándar del PCI para pavimentos asfálticos (σ): 10

- **Longitud de la unidad de muestra**

$$L = \frac{A}{Av} \quad (8)$$

Donde:

L: longitud de la unidad de muestra.

A: área de muestreo.

Av: ancho de vía.

$$L = \frac{222\text{m}^2}{7,40\text{m}}$$

$$L = 30\text{m}$$

- **Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento**

$$N = \frac{Lt}{L} \quad (9)$$

Donde:

N: número total de unidades de muestreo

Lt: longitud del tramo vial en estudio

L: longitud de cada unidad muestral

$$N = \frac{4000\text{m}}{30\text{m}}$$

$$N = 133,33 \approx 133 \text{ unidades}$$

- **Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar**

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: número mínimo de unidades de muestreo

e: error admisible estimado para el PCI de la sección

σ : desviación estándar del PCI

$$n = \frac{133 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (133-1) + 10^2}$$

$$n = 14,38 \approx 14 \text{ unidades}$$

- **Intervalo de muestreo**

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

i: intervalo de muestreo

N: número total de unidades de muestreo

n: número mínimo de unidades de muestreo

$$i = \frac{133 \text{ unidades}}{14 \text{ unidades}}$$
$$i = 9,4 \approx 9$$

Con el número de muestras determinadas, se procede en la vía a evaluar los daños presentes, clasificándolos de acuerdo a su tipo, extensión y severidad.

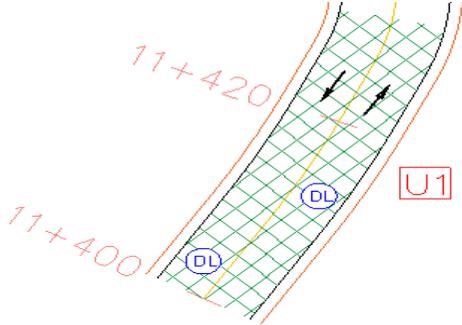
Se evaluaron en total de 14 unidades en un intervalo de cada 9 unidades.

➤ **Cálculo del PCI**

Luego de identificados los daños en la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500, se procede a calcular el PCI de cada una de las muestras evaluadas en campo de acuerdo al tipo de falla (Anexo D).

A continuación, se escogió la muestra 3 para indicar el proceso de cálculo del PCI.

Anexo D-3. Índice de condición del pavimento - muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="4+100"/>			Fallas							
ABSCISA FINAL <input type="text" value="4+130"/>			Unidad							
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="3"/>			1 Piel de cocodrilo m ²							
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			2 Exudación m ²							
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			3 Agrietamiento en bloque m ²							
TRAMO <input type="text" value="1"/>			4 Desnivel localizado m							
			5 Corrugación m ²							
			6 Depresión m ²							
			7 Grieta de borde m							
			8 Grieta de reflexión de junta m							
			9 Desnivel carril / espaldón m							
			10 Grietas longitudinales y transversales m							
			11 Parche m ²							
			12 Agregado pulido m ²							
			13 Huecos U							
			14 Cruce de ferrocarril m ²							
			15 Ahuellamiento m ²							
			16 Desplazamiento m ²							
			17 Grieta parabólica m ²							
			18 Hinchamiento m ²							
			19 Desprendimiento de agregados m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
6		X		8,57				8,57	3,860	16
10		X		2,15	2,6	1,5		6,25	2,815	9
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		25,00
								CÁLCULO DE PCI		
								PCI = 100 - VDT		No aplica
Número de deducidos > 2 (q):				2						
Mayor valor deducido individual (HDVi):				16						
Número admisible de valores deducidos (mi):				8,71						
N°	Valores deducidos						Total	mi	VDC	
1	16	9					25	2	17	
2	16	2					18	1	17	
								Máx. (VDC):		17
PCI = 100 - Máx.(VDC)				83,00						

- **Cálculo de la densidad**

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Total de daño}}{\text{Área de la muestra}} * 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{8,57}{222} * 100$$

$$\text{Densidad} = 3,86$$

- **Cálculo del valor deducido (VD)**

El valor deducido (VD) se calcula con las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para cada tipo de daño y su nivel de severidad.

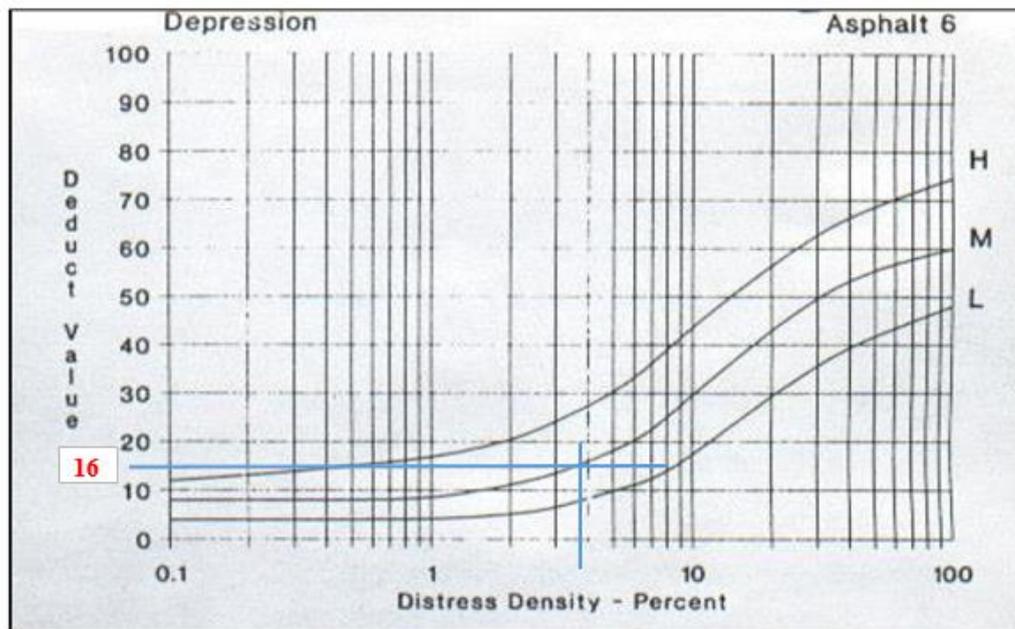


Figura 8. Ábaco de valores deducidos para falla 6 depresión

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

NOTA:

- Si los valores deducidos (VD) son menores o iguales que 2, se sumarán y éste será el Valor Total Deducido (VDT), el mismo que se restará de 100 y se obtendrá el valor PCI de la muestra evaluada.
- Pero, si los valores deducidos son mayores que 2; y más de 2 datos, se debe calcular el Valor Deducido Corregido (CDV). [18] Así:

Ordenar los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor: 16 – 9.

- **Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m_i)**

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i

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

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 16)$$

$$m_i = 8,71$$

Si se dispone de menos valores deducidos que m_i , se utilizan todos los que tengan.

- **Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)**

Se realiza la siguiente tabla colocando de mayor a menor los valores deducidos de manera horizontal en la fila 1, en la fila 2 cambiar el último valor por el número 2 y repetir este procedimiento hasta sólo quedar con el primer número de valor deducido de la unidad:

Tabla 27. Cálculo del máximo valor deducido corregido

Número de deducidos > 2 (q):		2							
Mayor valor deducido individual (HDV _i):		16							
Número admisible de valores deducidos (m_i):		8,71							
Nº	Valores deducidos						Total	m_i	VDC
1	16	9					25	2	17
2	16	2					18	1	17
							Máx. (VDC):	17	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

A continuación, con los valores totales, resultados de la suma, y los valores mi (número máximo admisible de valores deducidos); se calculan los valores de CDV (máximo valor deducido), con las curvas para el cálculo del CDV. Así:

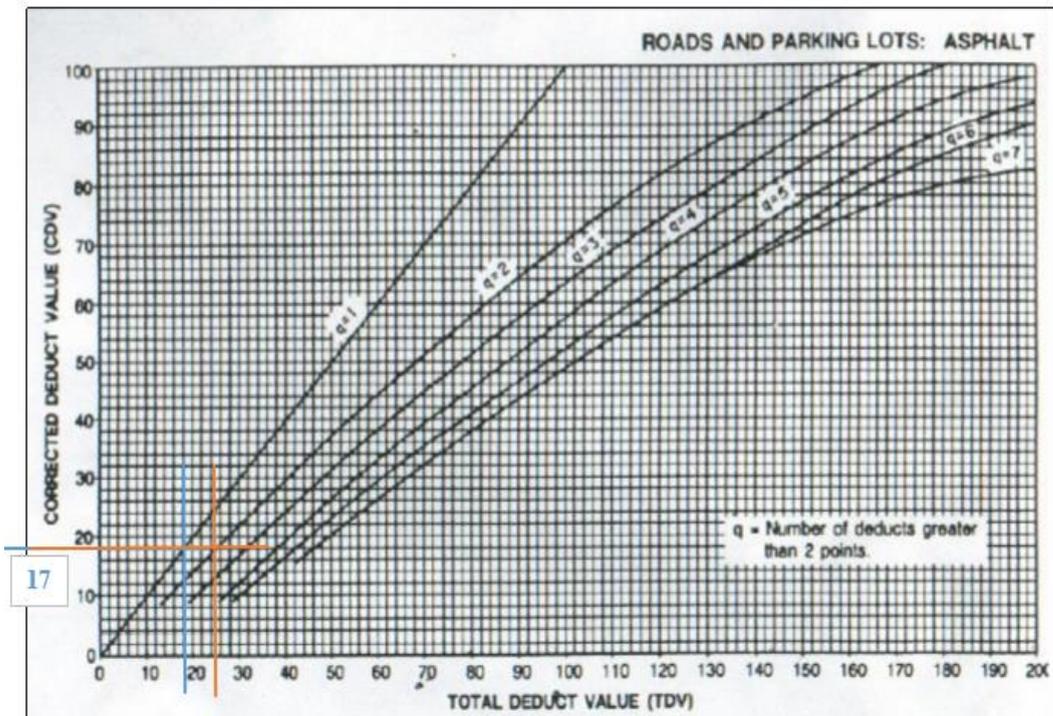


Figura 9. Curvas para el cálculo del valor deducido corregido (CDV)

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

En este caso los 2 valores máximos corregidos (CDV), coincidentalmente tienen el mismo valor de 17. Entonces al ser iguales los valores máximos deducidos para el cálculo del PCI, el CDV es 17.

(En otros casos se utiliza el mayor de los valores máximos deducidos encontrados.)

- **Cálculo del PCI de la muestra**

Finalmente, para calcular el PCI se resta de 100 el máximo CDV (17).

$$PCI = 100 - CDV_{\text{máx}}$$

$$PCI = 100 - 17$$

$$PCI = 83$$

Según el rango de clasificación del PCI, es MUY BUENO.

NOTA: Se realiza el mismo proceso para el cálculo del PCI en todas las unidades de muestreo. (Ver Anexo D).

3.1.7.1 Resumen del PCI de la vía en estudio

Tabla 28. Valores PCI de la vía

N° de muestra	Abscisa inicial	Abscisa final	Área de tramo (m ²)	PCI por Unidad	Calificación de la vía
1	3+500	3+530	222	100,00	Excelente
2	3+800	3+830	222	73,00	Muy bueno
3	4+100	4+130	222	83,00	Muy bueno
4	4+400	4+430	222	100,00	Excelente
5	4+700	4+730	222	97,00	Excelente
6	5+000	5+030	222	84,00	Muy bueno
7	5+300	5+330	222	81,00	Muy bueno
8	5+600	5+630	222	96,00	Excelente
9	5+900	5+930	222	90,00	Excelente
10	6+200	6+230	222	97,00	Excelente
11	6+500	6+530	222	95,00	Excelente
12	6+800	6+830	222	92,00	Excelente
13	7+100	7+130	222	91,00	Excelente
14	7+400	7+430	222	91,00	Excelente
PROMEDIO				90,71	Excelente

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

La vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500 tiene un PCI promedio de 90,64 calificándola en excelente estado de acuerdo con la Tabla 28.

3.1.7.2 Resumen de la evaluación superficial de la vía

En la Tabla 29 y Figura 10 se analiza e interpreta la cantidad y porcentaje de acuerdo con el tipo de falla y nivel de severidad presente en la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500, luego de la evaluación superficial por el método de PCI.

Tabla 29. Porcentaje de afectación de acuerdo al tipo de falla

Tipo de falla	Unidades	Nivel de severidad			Total área afectada	% de acuerdo a la severidad de la falla			% de acuerdo a la falla
		L	M	H		L	M	H	
5. Corrugación	m ²	19,15			19,15	5,30	0,00	0,00	5,30
6. Depresión	m ²		8,57		8,57	0,00	2,37	0,00	2,37
7. Grieta de borde	m		3,40		3,40	0,00	0,94	0,00	0,94
10. Grietas longitudinales y transversales	m	16,75	12,88		29,63	4,63	3,56	0,00	8,20
11. Parche	m ²	0,60			0,60	0,17	0,00	0,00	0,17
12. Agregado pulido	m ²	261,78	25,02		286,80	72,43	6,92	0,00	79,35
17. Grieta parabólica	m ²		13,27		13,27	0,00	3,67	0,00	3,67

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

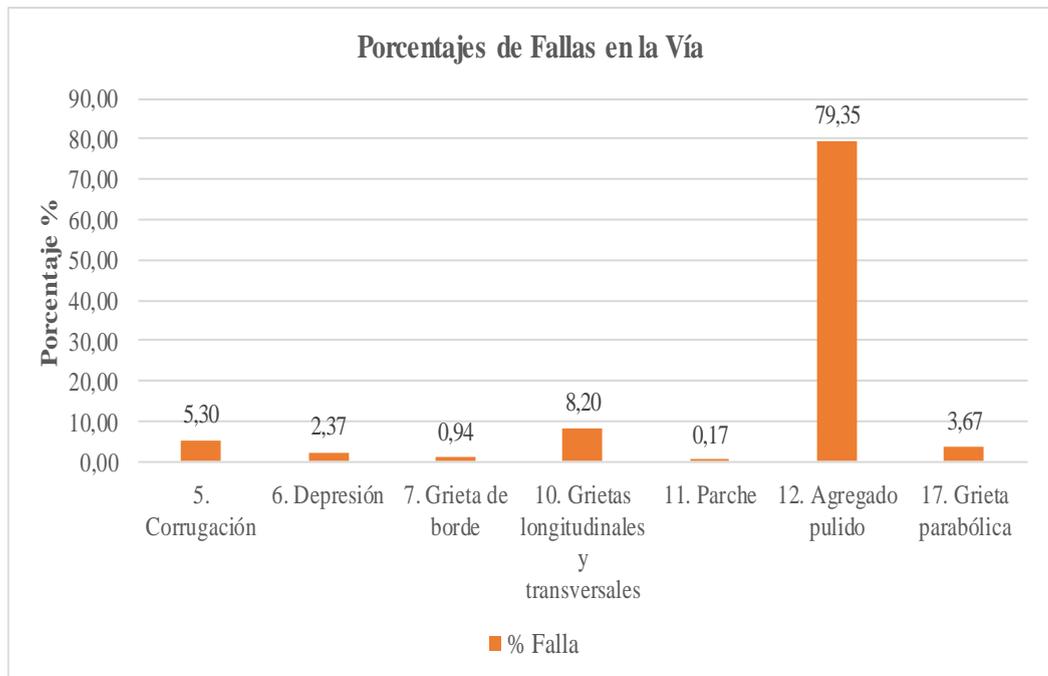


Figura 10. Tipos de falla presentes en la vía

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

En la vía Panzaleo – Mulalillo en el tramo especificado, existen 7 tipos de fallas, siendo agregado pulido la más representativa con 79,35%; en su mayoría de severidad baja.

3.1.8 Análisis y resultados de la medición de deflexiones del pavimento mediante la aplicación de la metodología Viga Benkelman

En la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500, se midieron las deflexiones cada 200 m, alternando el carril derecho e izquierdo y en cada estación se realizaron lecturas en el dial a 0,25 - 0,50 - 1,00 - 5,00 y 8,00 metros con respecto al lugar de aplicación.

Tabla 30. Deflexiones en campo de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	Lectura del deflectómetro en campo ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	3+500	0,00	12,00	15,00	18,00	20,00	20,00	27,00	7,50
2	3+700	0,00	14,00	17,00	21,00	24,00	24,00	27,00	7,50
3	3+900	0,00	11,00	14,00	20,00	23,00	23,00	27,00	7,00
4	4+100	0,00	8,00	11,00	16,00	25,00	25,00	26,50	7,00
5	4+300	0,00	7,00	12,00	18,00	21,00	21,00	27,50	7,50
6	4+500	0,00	12,00	17,00	21,00	25,00	25,00	27,50	7,50
7	4+700	0,00	11,00	19,00	22,00	25,00	25,00	27,00	7,50
8	4+900	0,00	9,00	18,00	24,00	27,00	27,00	28,00	7,00
9	5+100	0,00	15,00	19,00	23,00	28,00	28,00	28,50	7,50
10	5+300	0,00	12,00	21,00	24,00	25,00	25,00	29,00	7,00
11	5+500	0,00	11,00	18,00	22,00	25,00	25,00	29,50	6,50
12	5+700	0,00	7,00	18,00	20,00	24,00	24,00	29,00	7,50
13	5+900	0,00	8,00	17,00	24,00	27,00	27,00	28,00	7,50
14	6+100	0,00	6,00	15,00	20,00	26,00	26,00	29,70	7,50
15	6+300	0,00	13,00	17,00	21,00	27,00	27,00	28,00	7,00
16	6+500	0,00	6,00	13,00	15,00	25,00	25,00	27,00	6,50
17	6+700	0,00	9,00	15,00	18,00	24,00	24,00	26,00	6,50
18	6+900	0,00	8,00	13,00	24,00	28,00	28,00	26,50	7,00
19	7+100	0,00	7,00	14,00	22,00	26,00	26,00	27,00	6,00
20	7+300	0,00	12,00	20,00	23,00	28,00	28,00	26,00	7,50

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.8.1 Cálculo de deflexiones

Registradas las deflexiones en la vía, se aplica correcciones debido a las características de la viga según la relación de brazos, por efecto de la temperatura y por estacionalidad. [19]

Cálculo de corrección por relación de brazos (1:2)

$$D = RB * (Df - Do)$$

Donde:

D: deflexiones a 0 - 0,25 - 0,50 - 1 - 5 y 8 metros

Df: deflexión final a una distancia de 8 m

Do: deflexión inicial en cada punto marcado.

RB: relación de brazos de la viga Benkelman 1:2 (2)

$$D = 2 * (20 - 0)$$

$$D = 40 \times 10^{-2} \text{mm}$$

Se realizó el mismo procedimiento para el cálculo de la deflexión corregida en D25 - D50 - D100 - D500 y D800.

En la siguiente tabla se indica las deflexiones corregidas con la relación de brazos de la viga Benkelman:

Tabla 31. Deflexiones corregidas por la relación de brazos

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	3+500	40,00	16,00	10,00	4,00	0,00	0,00	27,00	7,50
2	3+700	48,00	20,00	14,00	6,00	0,00	0,00	27,00	7,50
3	3+900	46,00	24,00	18,00	6,00	0,00	0,00	27,00	7,00
4	4+100	50,00	34,00	28,00	18,00	0,00	0,00	26,50	7,00
5	4+300	42,00	28,00	18,00	6,00	0,00	0,00	27,50	7,50
6	4+500	50,00	26,00	16,00	8,00	0,00	0,00	27,50	7,50
7	4+700	50,00	28,00	12,00	6,00	0,00	0,00	27,00	7,50
8	4+900	54,00	36,00	18,00	6,00	0,00	0,00	28,00	7,00
9	5+100	56,00	26,00	18,00	10,00	0,00	0,00	28,50	7,50
10	5+300	50,00	26,00	8,00	2,00	0,00	0,00	29,00	7,00
11	5+500	50,00	28,00	14,00	6,00	0,00	0,00	29,50	6,50
12	5+700	48,00	34,00	12,00	8,00	0,00	0,00	29,00	7,50
13	5+900	54,00	38,00	20,00	6,00	0,00	0,00	28,00	7,50
14	6+100	52,00	40,00	22,00	12,00	0,00	0,00	29,70	7,50
15	6+300	54,00	28,00	20,00	12,00	0,00	0,00	28,00	7,00
16	6+500	50,00	38,00	24,00	20,00	0,00	0,00	27,00	6,50
17	6+700	48,00	30,00	18,00	12,00	0,00	0,00	26,00	6,50
18	6+900	56,00	40,00	30,00	8,00	0,00	0,00	26,50	7,00
19	7+100	52,00	38,00	24,00	8,00	0,00	0,00	27,00	6,00
20	7+300	56,00	32,00	16,00	10,00	0,00	0,00	26,00	7,50

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Corrección por efecto de la temperatura

En pavimentos flexibles con espesor mayor a 5 cm, sus deflexiones se ven afectadas por la temperatura, ya que se produce un incremento cuando ésta sube, por lo que es necesario corregir las deflexiones registradas en campo,

determinando los valores de las deflexiones a una temperatura estándar de 20 °C, con la aplicación de la siguiente ecuación: [19]

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{Dt}{K * (T - 20^{\circ}\text{C}) * e + 1} \quad (10)$$

Donde:

$D_{20^{\circ}\text{C}}$: deflexión corregida para la temperatura estándar de 20°C

Dt: Deflexión recuperable

e: espesor de la carpeta asfáltica (cm)

T: temperatura del pavimento (°C)

K: constante para capas granulares; igual a 1×10^{-3} (1/cm x °C)

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{40}{1 \times 10^{-3} * (27 - 20^{\circ}\text{C}) * 7 + 1}$$

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = 38,13 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Se realizó el mismo procedimiento para las demás deflexiones en D25 - D50 - D100 - D500 y D800.

Tabla 32. Deflexiones corregidas por el efecto de la temperatura

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas por efecto de la temperatura (x 10 ⁻² mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	3+500	38,00	15,20	9,50	3,80	0,00	0,00
2	3+700	45,61	19,00	13,30	5,70	0,00	0,00
3	3+900	43,85	22,88	17,16	5,72	0,00	0,00
4	4+100	47,82	32,52	26,78	17,22	0,00	0,00
5	4+300	39,76	26,51	17,04	5,68	0,00	0,00
6	4+500	47,34	24,62	15,15	7,57	0,00	0,00
7	4+700	47,51	26,60	11,40	5,70	0,00	0,00
8	4+900	51,14	34,09	17,05	5,68	0,00	0,00
9	5+100	52,64	24,44	16,92	9,40	0,00	0,00
10	5+300	47,04	24,46	7,53	1,88	0,00	0,00
11	5+500	47,09	26,37	13,19	5,65	0,00	0,00
12	5+700	44,96	31,85	11,24	7,49	0,00	0,00
13	5+900	50,94	35,85	18,87	5,66	0,00	0,00
14	6+100	48,47	37,29	20,51	11,19	0,00	0,00
15	6+300	51,14	26,52	18,94	11,36	0,00	0,00
16	6+500	47,82	36,35	22,96	19,13	0,00	0,00
17	6+700	46,20	28,87	17,32	11,55	0,00	0,00
18	6+900	53,56	38,26	28,69	7,65	0,00	0,00
19	7+100	49,90	36,47	23,03	7,68	0,00	0,00
20	7+300	53,59	30,62	15,31	9,57	0,00	0,00

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Corrección por efecto estacional

Para el correcto análisis se debe evaluar las deflexiones en la época más desfavorable del año, debido a que el clima juega un papel importante en la carpeta asfáltica.

En el cálculo de corrección por estacionalidad se tomó en cuenta factores de corrección, que consideran el tipo de subrasante: [19]

Tabla 33. Factores de corrección por efecto estacional

TIPO DE SUELO DE LA SUBRASANTE	ESTACIÓN	
	LLUVIOSA	SECA
Arenosa – Permeable	1.0	1.1 – 1.3
Arcillosa – Sensible al agua	1.0	1.2 – 1.4

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial de Perú

El ensayo de campo se realizó en estación seca, en un tipo de suelo arenoso - permeable, escogiendo un factor de corrección de 1,2 que es el valor promedio.

$$De = f * D_{20} \quad (11)$$

Donde:

De: corrección por estacionalidad

f: factor de corrección estacional

D_{20} : deflexión corregida por temperatura

$$De = 1,2 * 38,13$$

$$De = 45,76 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 34. Deflexiones corregidas por el efecto estacional

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas por estacionalidad (x 10 ⁻² mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	3+500	45,61	18,24	11,40	4,56	0,00	0,00
2	3+700	54,73	22,80	15,96	6,84	0,00	0,00
3	3+900	52,62	27,45	20,59	6,86	0,00	0,00
4	4+100	57,39	39,02	32,14	20,66	0,00	0,00
5	4+300	47,72	31,81	20,45	6,82	0,00	0,00
6	4+500	56,80	29,54	18,18	9,09	0,00	0,00
7	4+700	57,01	31,92	13,68	6,84	0,00	0,00
8	4+900	61,36	40,91	20,45	6,82	0,00	0,00
9	5+100	63,17	29,33	20,31	11,28	0,00	0,00
10	5+300	56,44	29,35	9,03	2,26	0,00	0,00
11	5+500	56,51	31,65	15,82	6,78	0,00	0,00
12	5+700	53,96	38,22	13,49	8,99	0,00	0,00
13	5+900	61,13	43,02	22,64	6,79	0,00	0,00
14	6+100	58,17	44,74	24,61	13,42	0,00	0,00
15	6+300	61,36	31,82	22,73	13,64	0,00	0,00
16	6+500	57,39	43,62	27,55	22,96	0,00	0,00
17	6+700	55,44	34,65	20,79	13,86	0,00	0,00
18	6+900	64,28	45,91	34,43	9,18	0,00	0,00
19	7+100	59,88	43,76	27,64	9,21	0,00	0,00
20	7+300	64,31	36,75	18,37	11,48	0,00	0,00

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.8.2 Cálculo de radio de curvatura

El radio de curvatura de la línea elástica de deflexión es de mucha importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas, seguido del desarrollo del fisuramiento en la capa de rodadura. [11]

El radio de curvatura se calcula mediante la ecuación:

$$R_c = \frac{10 * (25)^2}{2 * (D_0 - D_{25})} \quad (12)$$

Donde:

R_c: radio de curvatura.

D₀: deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en el punto 0,00 m

D₂₅: deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en el punto 0,25 m

$$R_c = \frac{10 * (25)^2}{2 * (45,61 - 18,24)}$$

$$R_c = 114,20 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento en las demás estaciones:

Tabla 35. Radios de curvatura

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas (x 10 ⁻² mm)		Radio de curvatura (m)
		D0	D25	
1	3+500	45,61	18,24	114,20
2	3+700	54,73	22,80	97,89
3	3+900	52,62	27,45	124,17
4	4+100	57,39	39,02	170,17
5	4+300	47,72	31,81	196,48
6	4+500	56,80	29,54	114,61
7	4+700	57,01	31,92	124,59
8	4+900	61,36	40,91	152,78
9	5+100	63,17	29,33	92,34
10	5+300	56,44	29,35	115,34
11	5+500	56,51	31,65	125,68
12	5+700	53,96	38,22	198,57
13	5+900	61,13	43,02	172,53
14	6+100	58,17	44,74	232,80
15	6+300	61,36	31,82	105,77
16	6+500	57,39	43,62	226,89
17	6+700	55,44	34,65	150,32
18	6+900	64,28	45,91	170,17
19	7+100	59,88	43,76	193,82
20	7+300	64,31	36,75	113,39
PROMEDIO				149,62

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.8.3 Deflexión característica

Es un valor que representa mejor a una determinada sección, siguiendo el criterio adoptado normalmente en análisis estadísticos, se establece como deflexión característica mediante la expresión: [19]

$$D_c = \bar{D} + t * \delta \quad (13)$$

Donde:

D_c: deflexión característica

\bar{D} : deflexión promedio D0 corregidos por efecto de la temperatura y estacionalidad

δ : desviación estándar

t: probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica
 En la siguiente tabla se detalla el valor de “t” que corresponde al porcentaje de la superficie en su totalidad con la posibilidad de obtener deflexiones superiores a la deflexión característica. [11]

Tabla 36. Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$

Valor de diseño	D_c	Área $D > D_c$ %
50	D	50
75	$D + 0,674\delta$	25
85	$D + \delta$	15
90	$D + 1,3\delta$	10
95	$D + 1,645\delta$	5
98	$D + 2\delta$	2
99	$D + 2,33\delta$	1

Fuente: Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú, 2007

Según el método CONREVIAl adopta un valor D_c igual a $(D + 1,645 * \delta)$ que corresponde al 95% de probabilidad de diseño, superada sólo por el 5% de las determinaciones efectuadas. [19]

$$D_c = 57,26 \times 10^{-2} + 1,645 * 5$$

$$D_c = 65,49 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.8.4 Deflexión admisible

La deflexión admisible se evalúa en función del tráfico de diseño, establece un límite para la deflexión característica, por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el periodo considerado. La expresión analítica que define este parámetro es: [11]

$$D_{adm} = \left(\frac{1,15}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{4}} * 100 \quad (14)$$

Donde:

D_{adm} : deflexión admisible

W_{18} : número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, acumulados en millones

$W_{18}=20889$ (Tabla 18)

$$D_{adm} = \left(\frac{1,15}{0,20889} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{adm} = 153,18 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.8.5 Deflexión crítica

La deflexión crítica es un parámetro que logra el pavimento cuando ha finalizado su periodo de servicio, luego de resistir el tránsito futuro, se calcula mediante la siguiente expresión: [19]

$$D_{cr} = \left(\frac{1,90}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5,3}} * 100 \quad (15)$$

Donde:

D_{cr} : deflexión crítica

W_{18} : número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, acumulados en millones

$W_{18}=20889$ (Tabla 18)

$$D_{cr} = \left(\frac{1,90}{0,20889} \right)^{\frac{1}{5,3}} * 100$$

$$D_{cr} = 151,67 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.8.6 Resultados del ensayo Viga Benkelman en la vía en estudio.

A continuación, se detalla las distintas deflexiones obtenidas en la vía Panzaleo – Mulalillo mediante la metodología Viga Benkelman.

Tabla 37. Cálculo de deflexiones de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	D ₀ (x 10 ⁻² mm)	Deflexión característica (x 10 ⁻² mm)	Deflexión crítica (x 10 ⁻² mm)	Deflexión admisible (x 10 ⁻² mm)
1	3+500	45,61	65,49	151,67	153,18
2	3+700	54,73	65,49	151,67	153,18
3	3+900	52,62	65,49	151,67	153,18
4	4+100	57,39	65,49	151,67	153,18
5	4+300	47,72	65,49	151,67	153,18
6	4+500	56,80	65,49	151,67	153,18
7	4+700	57,01	65,49	151,67	153,18
8	4+900	61,36	65,49	151,67	153,18
9	5+100	63,17	65,49	151,67	153,18
10	5+300	56,44	65,49	151,67	153,18
11	5+500	56,51	65,49	151,67	153,18
12	5+700	53,96	65,49	151,67	153,18
13	5+900	61,13	65,49	151,67	153,18
14	6+100	58,17	65,49	151,67	153,18
15	6+300	61,36	65,49	151,67	153,18
16	6+500	57,39	65,49	151,67	153,18
17	6+700	55,44	65,49	151,67	153,18
18	6+900	64,28	65,49	151,67	153,18
19	7+100	59,88	65,49	151,67	153,18
20	7+300	64,31	65,49	151,67	153,18
Deflexión promedio (x10⁻² mm)		57,26			

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Criterios para analizar la calidad estructural del pavimento

Tabla 38. Tipos de deflexiones

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno D < Da	Bueno Ro > 100
Tipo II	Malo D > Da	Bueno Ro > 100
Tipo III	Bueno D < Da	Malo Ro < 100
Tipo IV	Malo D > Da	Malo Ro < 100

Fuente: Estudio CORNEVIAL

Tomando en cuenta los criterios de la Tabla 38, que se basa en las deflexiones y radio de curvatura. A continuación, se muestran los resultados del ensayo viga Benkelman y se determina el tipo de deflexión en base a las características del pavimento, de la vía Panzaleo – Mulalillo en el tramo de la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500.

Tabla 39. Resultados deflectométricos de la vía en estudio

Resultados	
Deflexión promedio	$57,26 \times 10^{-2}$ mm
Desviación estándar	5
Deflexión característica	$65,49 \times 10^{-2}$ mm
Deflexión admisible	$153,18 \times 10^{-2}$ mm
Deflexión crítica	$151,67 \times 10^{-2}$ mm
Evaluación estructural	
Comportamiento subrasante	Tipo de deflexión
$D < D_{adm}$	<p>Tipo I $D_p \leq D_{adm}$ $R_c \geq 100$</p>
$57,26 \times 10^{-2}$ mm < $153,18 \times 10^{-2}$ mm	
Comportamiento de la estructura del pavimento	
$R_c > 100$	
$149,62$ m > 100	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

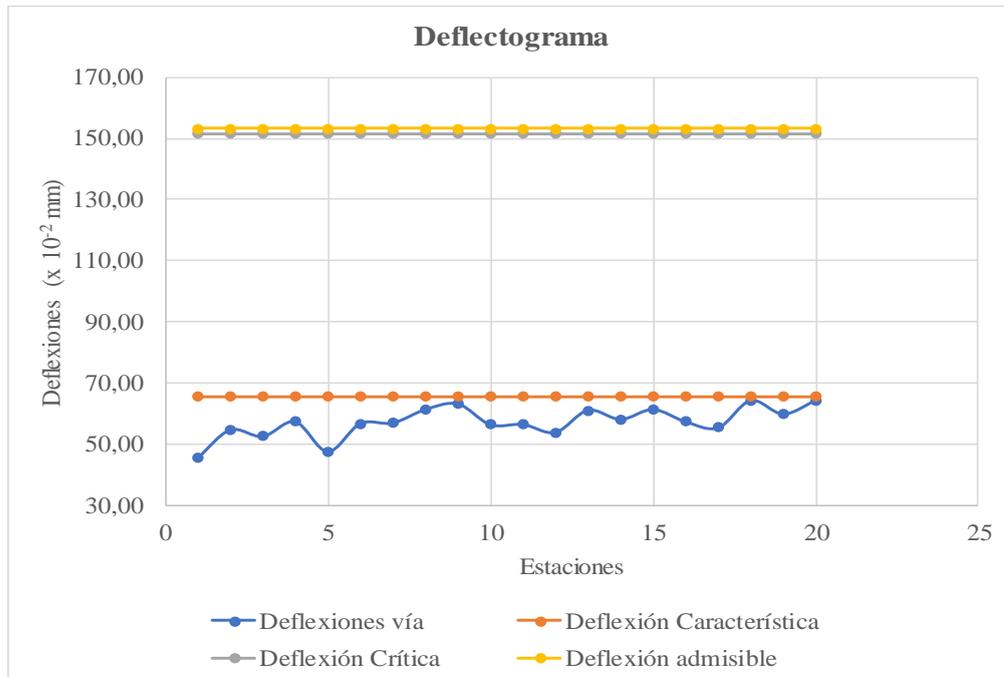


Figura 11. Análisis deflectométrico de la vía

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

En general, la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500; el tipo de deflexión es de Tipo I, lo cual indica un buen comportamiento de la subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento. En el plan de mantenimiento vial, se explica detalladamente por secciones evaluadas en la vía, la capacidad estructural y su comportamiento.

3.1.9 Plan de Mantenimiento Vial

La vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo), ubicada al sur del Cantón Salcedo entre las Parroquias rurales Panzaleo y Mulalillo de la Provincia de Cotopaxi; su plan de mantenimiento vial se basará principalmente en dos análisis realizados en el presente trabajo técnico, el método del PCI y el ensayo mediante el uso de la viga Benkelman, con los complementarios estudios de suelos.

3.1.9.1 Plan de mantenimiento vial en función al valor del PCI

El valor del PCI es un indicador numérico que proporciona una clasificación de las condiciones superficiales del pavimento actuales, basadas en las fallas existentes. El cual arrojó un valor promedio de 90,71 a lo largo de todo el tramo vial especificado, siendo un valor clasificado como “Excelente” de acuerdo con este método (Ver Tabla 28).

A lo largo del tramo especificado de la vía, se encontraron 7 fallas, las mismas que se indican a continuación con su respectiva cantidad y nivel de severidad:

Tabla 40. Tipos de falla presentes en la vía

Tipo de falla	Unidades	Nivel de severidad			Total área afectada
		L	M	H	
5. Corrugación	m ²	19,15			19,15
6. Depresión	m ²		8,57		8,57
7. Grieta de borde	m		3,40		3,40
10. Grietas longitudinales y transversales	m	16,75	12,88		29,63
11. Parche	m ²	0,60			0,60
12. Agregado pulido	m ²	261,78	25,02		286,80
17. Grieta parabólica	m ²		13,27		13,27

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

De acuerdo con el tipo de fallas encontradas:

- Sellado de grietas
- Parcheo superficial o parcial
- Fresado sobre carpeta

Tipos de Intervención de acuerdo al rango del PCI:

Tabla 41. Indicadores de mantenimiento según el rango del PCI

Rango de PCI	Solución	Indicadores de Intervención
100 a 81	1	Mantenimiento de rutina
80 a 61	2	Intervenciones más superficiales
60 a 41	3	Carpeta asfáltica funcional < 5 cm
40 a 21	4	Carpeta asfáltica estructural > 5 cm
20 a 0	5	Reconstrucción

Fuente: R, Vásquez, manual PCI para pavimentos flexibles, 2002

De acuerdo con la Tabla 41, el tipo de intervención en la vía Panzaleo - Mulalillo de manera general será un **MANTENIMIENTO DE RUTINA**, que se detallará más adelante y sus respectivas actividades.

3.1.9.2 Plan de mantenimiento vial en función de la deflectometría de la vía, mediante el ensayo de Viga Benkelman.

Para la evaluación de la capacidad estructural del pavimento se toma en cuenta las deflexiones y radio de curvatura.

En el siguiente análisis más detallado por secciones evaluadas y en base a los criterios analizados; indica que la vía Panzaleo - Mulalillo en el tramo especificado, mantiene un buen comportamiento de la subrasante en todas las secciones analizadas y casi en su totalidad un buen comportamiento estructural del pavimento a excepción de la estación 2 y 9, donde presenta un mal comportamiento.

Y el tipo de deflexión que predomina es el Tipo I. (Ver Tabla 38).

Tabla 42. Evaluación estructural del pavimento de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones ($\times 10^{-2}$ mm)	Radio de curvatura (m)	Deflexión admisible ($\times 10^{-2}$ mm)	Radio mínimo (m)	Tipo de deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	3+500	45,61	114,20	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
2	3+700	54,73	97,89	153,18	100,00	Tipo III	Bueno	Malo
3	3+900	52,62	124,17	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
4	4+100	57,39	170,17	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
5	4+300	47,72	196,48	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
6	4+500	56,80	114,61	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
7	4+700	57,01	124,59	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
8	4+900	61,36	152,78	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
9	5+100	63,17	92,34	153,18	100,00	Tipo III	Bueno	Malo
10	5+300	56,44	115,34	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
11	5+500	56,51	125,68	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
12	5+700	53,96	198,57	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
13	5+900	61,13	172,53	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
14	6+100	58,17	232,80	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
15	6+300	61,36	105,77	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
16	6+500	57,39	226,89	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
17	6+700	55,44	150,32	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
18	6+900	64,28	170,17	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
19	7+100	59,88	193,82	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno
20	7+300	64,31	113,39	153,18	100,00	Tipo I	Bueno	Bueno

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho



Figura 12. Representación del comportamiento de la subrasante

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

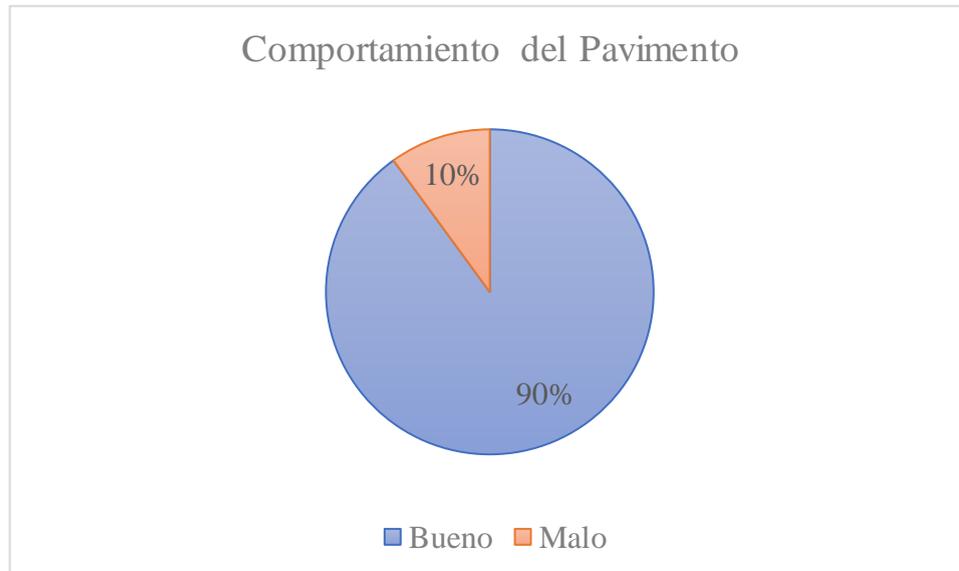


Figura 13. Representación del comportamiento de la estructura del pavimento

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Se determinó que el comportamiento estructural del pavimento en la vía Panzaleo - Mulalillo en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500, es bueno en un 90% de las secciones evaluadas. Asimismo, el comportamiento de la subrasante es bueno en el 100% de las secciones.

Tabla 43. Intervención en función de la viga Benkelman

Vía	Comportamiento de la Subrasante	Comportamiento del Pavimento	Intervención
Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) del tramo de la abscisa 3+500 hasta la abscisa 7+500	Bueno 100% Malo 0%	Bueno 90% Malo 10%	Mantenimiento Rutinario

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

En base a los criterios mencionados en el ensayo con la Viga Benkelman, se plantea dar un **Mantenimiento Rutinario** en la vía debido a que sólo se debe tomar medidas correctivas en la superficie del pavimento es decir los defectos no son graves y no afectan en la estructura del pavimento.

De acuerdo con los resultados obtenidos tanto con la metodología PCI y la deflectometría del pavimento mediante el uso de la Viga Benkelman; se estableció que la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500, requiere de un **MANTENIMIENTO RUTINARIO** que garantice la vida útil de la vía, debido a que los daños son menores y superficiales.

3.1.9.3 Mantenimiento rutinario

Es el conjunto actividades o de medidas correctivas en la superficie del pavimento que permiten la reparación de pequeños defectos localizados. Y es de carácter preventivo. [5]

A continuación, en la Tabla 44 se detalla las actividades a realizar en el mantenimiento rutinario.

Tabla 44. Actividades de mantenimiento rutinario

Actividades	Criterio para la aplicación
Bacheo asfáltico menor	Baches que representan peligro para el tráfico, urgente reparación
Sellado de fisuras superficiales	Cuando se presenten grietas en pequeñas áreas aisladas
Bacheo asfáltico mayor	Cuando se presenta deterioro mayor en la superficie o inestabilidad de la base y cuando el clima es favorable
Bacheo de lastre con máquina	Cuando se presenten baches depresiones, u otros sitios donde se empoza el agua
Mantenimiento de espaldones	Se realiza esta actividad cuando el desnivel entre el pavimento y el espaldón llegue a 1 1/2"
Limpieza cunetas con motoniveladora	Se ejecutará donde la sección permita el uso de la motoniveladora. Asegurar que el agua fluya libremente
Limpieza de cunetas a mano	Se ejecutará donde la sección no permita el uso de la motoniveladora
Limpieza de alcantarillas	Con anticipación a la época de lluvia
Roza a mano	En las zonas laterales donde no se puede trabajar con máquina
Roza a máquina	Control de vegetación en las zonas laterales de la carretera mediante la roza a máquina, para mejorar la visibilidad y eliminar la maleza
Mantenimiento de señalización vertical	La reparación, reemplazo o reinstalación de señales verticales de tránsito para mejorar su condición legible y ayudar a los usuarios de
Otras actividades rutinarias	Otras actividades misceláneas de naturaleza rutinaria que no estén específicamente detalladas

Fuente: Servicio de mantenimiento rutinario de red vial pavimentada, 2018

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

3.1.10 Presupuesto referencial de mantenimiento rutinario

Tabla 45. Presupuesto referencial de mantenimiento rutinario para la vía

N°	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario
Derecho de vía				
1	Rocería y desmonte	m ²	1 vez/año	156,34
2	Remoción de arbustos	m ²	1 vez/año	167,23
3	Poda de árboles	U	1 vez/año	158,21
4	Recolección y retiro de basuras y desechos	km	1 vez/año	211,64
5	Retiro de obstáculos	km	1 vez/año	60,50
6	Retiro de animales muertos	km	1 vez/año	55,23
7	Remoción de señales irreglamentarias y otros elementos	U	1 vez/año	52,35
8	Limpieza de pavimento asfáltico	m ²	1 vez/año	127,45
9	Despedrado de taludes	m ³	1 vez/año	156,37
10	Remoción de derrumbes menores	m ³	1 vez/año	180,68
11	Mantenimiento de islas, pasos peatonales y paraderos	U	1 vez/año	144,90
Pavimento				
12	Sellado de grietas en calzada y bermas	m	1 vez/año	5,13
13	Parcheo en calzadas y bermas pavimentadas	m ³	1 vez/año	6,98
14	Parcheo temporal en calzada y bermas pavimentadas	m ³	1 vez/año	6,73
15	Bacheo de pavimentos asfálticos	m ³	1 vez/año	5,98
16	Nivelación de bermas granulares no revestidas	m ²	1 vez/año	7,57
Drenaje				
17	Limpieza de cuentas revestidas, descargas de subdrenes, bajantes de agua y disipadores de energía	m	2 veces/año	512,35
18	Reacondicionamiento y limpieza de cunetas no revestidas	m	2 veces/año	397,23
19	Limpieza de canales y zanjas de coronación	m	2 veces/año	441,96
20	Limpieza de alcantarilla	m	2 veces/año	574,65
Seguridad vial				
21	Limpieza de señales verticales	U	2 veces/año	49,00
22	Reemplazo de señales verticales laterales	U	2 veces/año	415,99
23	Suministro e instalación de señales verticales laterales	U	2 veces/año	234,56
24	Limpieza y mantenimiento de señales luminosas y de mensaje variable	U	2 veces/año	58,6
TOTAL:				4187,63

Fuente: INVIAS, 2016

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó el levantamiento topográfico e inventario vial tomando puntos cada 20 metros a lo largo del tramo de la vía en estudio, lo cual permitió identificar las condiciones actuales de la vía y sus características de diseño con la que fue construida.
- Se determinó en función del estudio del TPDA, que la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 pertenece a una vía vecinal clase IV, y proyectada en un periodo de 20 años se clasificará como colectora clase III según la clasificación del MTOP. Además se calculó el número de ejes equivalentes W18 actual y proyectado para un periodo de 20 años, teniendo como resultados: $W18_{acumulado} = 20889 - W18_{carril-diseño} = 10444$ y $W18_{acumulado} = 516544 - W18_{carril-diseño} = 258272$ respectivamente.
- Se evaluó la capacidad estructural de la vía Panzaleo - Mulalillo en el tramo especificado, mediante el ensayo de la viga Benkelman y se determinó que, la de deflexión es de TIPO I (Tabla 39), lo que significa un buen comportamiento estructural de la subrasante y del pavimento. Y mediante la metodología de evaluación superficial del pavimento PCI, se determinó en la vía un valor promedio de PCI igual a 90,71; siendo éste clasificado como excelente. En general, las fallas encontradas no afectan la movilidad vehicular. Complementariamente, con los resultados del ensayo CBR (Tabla 25), se clasificó a la subrasante de calidad regular a buena y a la sub-base de calidad buena, lo que permite concluir que, la capacidad de soporte del suelo son adecuadas para resistir las cargas de uso cotidiano, esto según la clasificación general de la AASHTO - 93. Todo esto acompañado de los ensayos de suelos realizados (Anexo C), permiten evaluar de manera completa y correcta el estado actual de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500.

- En función del análisis y resultados de los distintos estudios de suelos, método PCI, ensayo de la viga Benkelman; se propone realizar un mantenimiento rutinario a la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500, debido a que el comportamiento estructural del pavimento no presenta problemas y se deben tomar sólo correcciones superficiales. El presupuesto referencial es de 4187,63 USD.

4.2 Recomendaciones

- Para iniciar, es de suma importancia realizar una visita previa de reconocimiento a toda la vía, con el objetivo de recolectar información que puede ser de mucha importancia al momento de tomar decisiones que permitan el correcto desarrollo del presente trabajo investigativo, así como de optimizar tiempos y recursos. Además de tomar las debidas precauciones y medidas de seguridad necesarias, especialmente en el momento de realizar los ensayos y trabajos en la vía.
- Se recomienda realizar las calicatas lo más cerca posible a la vía, para poder identificar de mejor manera las capas que conforman la estructura del pavimento y obtener de forma correcta las muestras de suelo.
- Realizar el ensayo CBR en condiciones controladas de humedad, ya que la muestra al perder o ganar humedad más allá de la óptima, su capacidad de resistencia se puede ver afectada.
- En la medición de las deflexiones en la vía, se debe tener mucho cuidado ya que un error en la lectura de las mismas puede llevar a un criterio errado de la capacidad estructural del pavimento.
- Es importante tener en cuenta que al momento de elaborar o proponer un plan mantenimiento vial, no hacerlo basándose únicamente en criterios de evaluaciones superficiales, ya que en muchos de los casos estos deterioros no se deben a efectos superficiales, sino a un decremento de la capacidad portante de la estructura del pavimento por lo que es necesario realizar otros estudios complementarios, como el ensayo de la viga Benkelman. Análisis y criterio aplicado en el desarrollo del presente proyecto investigativo.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] Asociación Mundial de la Carretera, «Importancia de la conservación de carreteras,» SETRA, Buenos Aires, 2014.
- [2] C. E. Villacís Jácome, «Evaluación Técnica y Social de la Vía Interparroquial Cusubamba Mulalillo-Panzaleo del Cantón Salcedo para mejorar el Diseño Geométrico de la Vía,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011.
- [3] CONGOPE, «congope.gob.ec,» Julio 2018. [En línea]. Available: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/01-Plan-Vial-Guayas.pdf>.
- [4] Nevi-12, «Ministerio de Transporte y Obras Conservacion Vial,» vol. 2, p. 508, 2013.
- [5] W. P. Navarro Batallas, «Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Santo Domingo,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2016.
- [6] P. J. Ayala Chassi, «Evaluación no destructiva de pavimentos mediante el georadar (espesores de estructura) con aplicación en las vías urbanas de Quito.,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013.
- [7] M. E. Riascos y H. Z. Pérez, «Índice de condición del pavimento de la vía Los Hongos - San Francisco - Glorieta, Tunja. Usando las metodologías Vizir y PCI,» L'esprit Ing énieux, pp. 61 - 71, 2012.
- [8] J. C. Tomalá Magallanes y J. E. Laica Pino, Artists, Mantenimiento de la capa de rodadura de concreto asfáltico en un pavimento flexible. [Art]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2011.
- [9] Universidad Mayor de San Simón (UMSS), Pavimentos, Cochabamba, 2004.
- [10] «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible.
- [11] Z. J. Balarezo, «EVALUACIÓN ESTRUCTURAL USANDO VIGA

- BENKELMAN APLICADA A UN PAVIMENTO,» Universidad de Piura, Piura, 2017.
- [12] MTOP, ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES, Quito: MTOP, 2003.
- [13] C. Albán y J. Ávila, «Estudio de tráfico, rediseño geométrico y diseño de pavimentos de las vías marginales a los ríos: Yumaza, Gualaquiza, Churuyacu y de la calle Logroño de los caballeros, en la parroquia Gualaquiza del cantón Gualaquiza, con una longitud de 3.520 km,» Universidad del Azuay, 2017.
- [14] D. Braja M., Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, México: CENGAGE Learning, 2015.
- [15] «SlideShare,» 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/aquepuchocervantes/viga-benkleman-introduccion>.
- [16] F. Moreira, Artist, Apuntes de Pavimentos. [Art]. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [17] E. Juarez Badillo y A. Rico Rodríguez, Mecánica De Suelos, Tercera ed., México: LIMUSA S.A., 1981.
- [18] «Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castillo,» Universidad de Piura, Piura, 2009.
- [19] J. Balarezo Zapata, Artist, Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento. [Art]. Universidad de Piura, 2017.
- [20] B. A. Zietlow Gunter, «zietlow.com,» 23-25 Julio 2003. [En línea]. Available: <http://zietlow.com/docs/Fondos-Viales.pdf>. [Último acceso: 21 Octubre 2019].
- [21] F. P. Carpio Carrera, «Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2017.
- [22] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes Lizcano, Pavimentos. Materiales, construcción y diseño., Bogotá: ECOE Ediciones, 2015.

Anexos

ANEXO A

INVENTARIO VIAL

Anexo A-1. Inventario Vial de la vía Panzaleo – Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la Provincia de Cotopaxi.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
INVENTARIO VIAL							RESPONSABLE: Edwin Tibán			
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo desde la abscisa 3+500 hasta 7+500										
Abscisado (m)	Ancho de la vía (m)	Acera		Cuneta		Pozo alcantarillado	Paso de agua	Entrada		Observaciones
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda			Derecha	Izquierda	
3+500	7,40			x	x					
3+520	7,40			x	x					
3+540	7,40			x	x					
3+560	7,40			x	x	x				
3+580	7,40			x	x					
3+600	7,40			x	x					
3+620	7,40			x	x					
3+640	7,40			x	x			9,20 m		
3+660	7,40			x	x					
3+680	7,40			x	x					
3+700	7,40			x	x					
3+720	7,40			x	x					Puente pequeño
3+740	7,60			x	x					
3+760	7,60			x	x					
3+780	7,60			x	x					
3+800	7,60			x	x					Puente pequeño
3+820	7,60					x		7,10 m		
3+840	7,60									
3+860	7,60									
3+880	7,40									
3+900	7,40									
3+920	7,40									
3+940	7,40									
3+960	7,40									
3+980	7,40									
4+000	7,20									
4+020	7,20									
4+040	7,20									
4+060	7,80									
4+080	7,80									
4+100	7,80									
4+120	7,80									
4+140	7,60									
4+160	7,60									
4+180	7,60									
4+200	7,60									
4+220	7,60									
4+240	7,60									
4+260	7,60									
4+280	7,40									
4+300	7,40									
4+320	7,40									
4+340	7,40									
4+360	7,40									Junta agua potable y alcantarillado de la parroquia Mulalillo
4+380	7,40									
4+400	7,40									
4+420	7,20									
4+440	7,20									
4+460	7,20	x								Cementerio parroquial
4+480	7,20	x								Cementerio parroquial
4+500	7,20	x								Cementerio parroquial
4+520	7,20	x								Cementerio parroquial
4+540	7,20	x						5,40 m	10,70 m	
4+560	7,20	x								
4+580	7,20	x	x							
4+600	7,20	x	x							
4+620	7,20	x	x							
4+640	7,20	x	x			x		5,80 m	8,20 m	
4+660	7,20	x	x							
4+680	7,20	x	x							
4+700	7,40	x	x			x		8,50 m	10,60 m	
4+720	7,40	x	x							
4+740	7,40	x	x							Parque central de Mulalillo
4+760	7,40	x	x							Parque central de Mulalillo
4+780	7,40	x	x			x			10,60 m	Parque central de Mulalillo
4+800	7,40	x	x							

4+820	7,40	x	x							
4+840	7,40	x	x							
4+860	7,40	x	x			x		8,70 m		
4+880	7,40	x	x							
4+900	7,40	x	x							
4+920	7,40	x	x				x			
4+940	7,40	x	x							
4+960	7,40	x	x							
4+980	7,40	x	x							
5+000	7,40	x	x							
5+020	7,40	x	x							
5+040	7,40	x	x							
5+060	7,40			x						
5+080	7,40			x						
5+100	7,40			x	x					
5+120	7,40			x	x					
5+140	7,40			x	x					
5+160	7,40			x	x					
5+180	7,60			x	x					
5+200	7,60	x		x	x					
5+220	7,60	x		x	x		8,30 m	13,90 m		
5+240	7,60			x	x					
5+260	7,60			x	x					
5+280	7,60			x	x					
5+300	7,60			x	x					
5+320	7,60			x	x					
5+340	7,60			x	x					
5+360	7,40			x	x					
5+380	7,40			x	x					
5+400	7,40			x	x					
5+420	7,40			x	x					
5+440	7,40			x	x					
5+460	7,40			x	x					
5+480	7,40			x	x					
5+500	7,40			x	x					
5+520	7,40			x	x					
5+540	7,40			x	x					
5+560	7,40			x	x					
5+580	7,40			x	x					
5+600	7,40			x	x					
5+620	7,40			x	x					
5+640	7,40			x	x					
5+660	7,40			x	x					
5+680	7,60			x	x					
5+700	7,60			x	x					
5+720	7,60			x	x					
5+740	7,60			x	x					
5+760	7,60			x	x					
5+780	7,60			x	x					
5+800	7,60			x	x					
5+820	7,60			x	x					
5+840	7,60			x	x					
5+860	7,60			x	x					
5+880	7,60			x	x					
5+900	7,60			x	x					
5+920	7,60			x	x					
5+940	7,60			x	x					
5+960	7,60			x	x					
5+980	7,60			x	x					
6+000	7,80			x	x					
6+020	7,80			x	x					
6+040	7,80			x	x					
6+060	7,80			x	x					
6+080	7,80			x	x					
6+100	7,80			x	x					

6+120	7,80			x	x					
6+140	7,40			x	x					
6+160	7,40			x	x					
6+180	7,40			x	x					
6+200	7,40			x	x					
6+220	7,40			x	x					
6+240	7,40			x	x					
6+260	7,40			x	x					
6+280	7,40			x	x					
6+300	7,40			x	x					
6+320	7,20			x	x					
6+340	7,20			x	x					
6+360	7,20			x	x					
6+380	7,20			x	x					
6+400	7,20			x	x					
6+420	7,20			x	x					
6+440	7,20			x	x					
6+460	7,20			x	x					
6+480	7,40			x	x			8,15		
6+500	7,40			x	x					
6+520	7,40			x	x					
6+540	7,40			x	x					
6+560	7,40			x	x					
6+580	7,40			x	x					
6+600	7,40			x	x					
6+620	7,40			x	x					
6+640	7,40			x	x					
6+660	7,40			x	x					
6+680	7,40			x	x					
6+700	7,40			x	x					
6+720	7,40			x	x					
6+740	7,40			x	x					
6+760	7,80			x	x					
6+780	7,80			x	x					
6+800	7,80			x	x					
6+820	7,80			x	x					
6+840	7,80			x	x					
6+860	7,80			x	x					
6+880	7,80			x	x					
6+900	7,80			x	x					
6+920	7,80			x	x					
6+940	7,80			x	x					
6+960	7,80			x	x					
6+980	7,80			x	x					
7+000	7,80			x	x					
7+020	7,40			x	x					
7+040	7,40			x	x					
7+060	7,40			x	x					
7+080	7,40			x	x					
7+100	7,40			x	x					
7+120	7,40			x						
7+140	7,40			x						
7+160	7,40			x				23,10		
7+180	7,40			x						
7+200	7,40			x						
7+220	7,40			x						
7+240	7,40			x						
7+260	7,40			x						
7+280	7,40			x						
7+300	7,40			x						
7+320	7,40			x						
7+340	7,40			x						
7+360	7,40			x						
7+380	7,40			x						
7+400	7,40			x						
7+420	7,40			x						
7+440	7,40			x						
7+460	7,40			x				8,75		
7+480	7,40			x						
7+500	7,40			x						

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

ANEXO B
CONTEO
VEHICULAR

Anexo B-1. Conteo vehicular del lunes 10 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
Proyecto: Vía Panzaleo - Mulalillo		Ubicación: Gasolinera Mulalillo			Sentido: Ambos sentidos			
Fecha: Lunes, 10 de febrero de 2020		Responsable: Edwin Tibán			Hoja N°: 1			
07:00 - 08:00		6	1	1	0	0	8	
07:15 - 07:30		4	1	0	1	0	6	
07:30 - 07:45		3	0	0	0	0	3	
07:45 - 08:00		3	1	0	0	0	4	21
08:00 - 09:00		4	0	0	1	0	5	18
08:15 - 08:30		2	1	0	0	0	3	15
08:30 - 08:45		5	0	1	0	0	6	18
08:45 - 09:00		3	1	0	0	0	4	18
09:00 - 10:00		4	1	0	0	0	5	18
09:15 - 09:30		5	1	0	0	0	6	21
09:30 - 09:45		3	0	1	1	0	5	20
09:45 - 10:00		6	1	0	0	0	7	23
10:00 - 11:00		3	0	0	1	0	4	22
10:15 - 10:30		4	1	0	0	0	5	21
10:30 - 10:45		6	0	0	0	0	6	22
10:45 - 11:00		4	1	0	0	0	5	20
11:00 - 12:00		6	1	0	1	0	8	24
11:15 - 11:30		3	0	0	0	0	3	22
11:30 - 11:45		6	1	0	1	0	8	24
11:45 - 12:00		2	0	0	0	0	2	21
12:00 - 13:00		1	1	0	1	0	3	16
12:15 - 12:30		3	0	0	0	0	3	16
12:30 - 12:45		5	1	1	0	0	7	15
12:45 - 13:00		4	0	0	0	0	4	17
13:00 - 14:00		4	1	0	1	0	6	20
13:15 - 13:30		5	0	0	0	0	5	22
13:30 - 13:45		5	1	0	0	0	6	21
13:45 - 14:00		3	0	1	1	0	5	22
14:00 - 15:00		3	1	0	0	0	4	20
14:15 - 14:30		5	1	0	0	0	6	21
14:30 - 14:45		4	0	0	0	0	4	19
14:45 - 15:00		3	1	1	0	0	5	19
15:00 - 16:00		2	1	0	1	0	4	19
15:15 - 15:30		2	1	0	0	0	3	16
15:30 - 15:45		5	1	0	0	0	6	18
15:45 - 16:00		4	0	0	1	0	5	18
16:00 - 17:00		3	1	1	0	0	5	19
16:15 - 16:30		5	0	0	0	0	5	21
16:30 - 16:45		4	1	0	0	0	5	20
16:45 - 17:00		2	0	0	0	0	2	17
17:00 - 18:00		5	1	0	0	0	6	18
17:15 - 17:30		3	0	0	0	0	3	16
17:30 - 17:45		6	1	1	0	0	8	19
17:45 - 18:00		7	1	0	1	0	9	26
18:00 - 19:00		4	1	0	0	0	5	25
18:15 - 18:30		7	0	0	0	0	7	29
18:30 - 18:45		5	1	0	0	0	6	27
18:45 - 19:00		6	1	1	0	0	8	26
TOTAL		197	30	9	12	0	248	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-2. Conteo vehicular del martes 11 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado	
				C-2 P	C-2 G	C-3			
07:00 - 08:00		07:00 - 07:15	5	1	0	0	0	6	
		07:15 - 07:30	3	0	1	1	0	5	
		07:30 - 07:45	2	0	0	0	0	2	
		07:45 - 08:00	4	0	0	0	0	4	17
08:00 - 09:00		08:00 - 08:15	2	1	0	0	0	3	14
		08:15 - 08:30	3	1	0	0	0	4	13
		08:30 - 08:45	3	0	0	1	0	4	15
		08:45 - 09:00	1	0	1	0	0	2	13
09:00 - 10:00		09:00 - 09:15	5	1	0	0	0	6	16
		09:15 - 09:30	6	0	0	0	0	6	18
		09:30 - 09:45	4	1	0	2	0	7	21
		09:45 - 10:00	4	1	0	0	0	5	24
10:00 - 11:00		10:00 - 10:15	4	0	0	0	0	4	22
		10:15 - 10:30	3	0	0	1	0	4	20
		10:30 - 10:45	7	2	0	0	0	9	22
		10:45 - 11:00	3	1	0	0	0	4	21
11:00 - 12:00		11:00 - 11:15	5	0	0	0	0	5	22
		11:15 - 11:30	3	1	0	2	0	6	24
		11:30 - 11:45	5	0	0	1	0	6	21
		11:45 - 12:00	4	1	0	1	0	6	23
12:00 - 13:00		12:00 - 12:15	5	0	0	2	0	7	25
		12:15 - 12:30	4	0	1	0	0	5	24
		12:30 - 12:45	4	1	0	0	0	5	23
		12:45 - 13:00	5	1	0	1	0	7	24
13:00 - 14:00		13:00 - 13:15	6	0	0	0	0	6	23
		13:15 - 13:30	2	2	0	0	0	4	22
		13:30 - 13:45	1	0	0	2	0	3	20
		13:45 - 14:00	4	1	0	0	0	5	18
14:00 - 15:00		14:00 - 14:15	2	1	0	0	0	3	15
		14:15 - 14:30	4	0	1	0	0	5	16
		14:30 - 14:45	5	1	0	0	0	6	19
		14:45 - 15:00	3	1	0	0	0	4	18
15:00 - 16:00		15:00 - 15:15	5	0	0	0	0	5	20
		15:15 - 15:30	3	1	0	0	0	4	19
		15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	2	15
		15:45 - 16:00	3	0	0	0	0	3	14
16:00 - 17:00		16:00 - 16:15	2	1	0	0	0	3	12
		16:15 - 16:30	4	1	0	1	0	6	14
		16:30 - 16:45	5	0	0	0	0	5	17
		16:45 - 17:00	3	1	1	2	0	7	21
17:00 - 18:00		17:00 - 17:15	3	1	0	1	0	5	23
		17:15 - 17:30	2	0	0	0	0	2	19
		17:30 - 17:45	7	1	1	0	0	9	23
		17:45 - 18:00	3	0	0	0	0	3	19
18:00 - 19:00		18:00 - 18:15	5	1	0	0	0	6	20
		18:15 - 18:30	6	1	0	0	0	7	25
		18:30 - 18:45	4	0	0	0	0	4	20
		18:45 - 19:00	8	1	0	2	0	11	28
TOTAL		185	29	6	20		240		

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-3. Conteo vehicular del miércoles 12 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		6	1	1	0	0	8	
07:00 - 08:00		3	0	0	1	0	4	
07:00 - 08:00		2	1	0	0	0	3	
07:00 - 08:00		5	0	0	0	0	5	20
08:00 - 09:00		6	1	1	0	0	8	20
08:00 - 09:00		2	0	0	0	0	2	18
08:00 - 09:00		3	1	0	1	0	5	20
08:00 - 09:00		3	0	0	0	0	3	18
09:00 - 10:00		7	1	1	0	0	9	19
09:00 - 10:00		5	1	0	0	0	6	23
09:00 - 10:00		6	0	0	1	0	7	25
09:00 - 10:00		6	1	1	0	0	8	30
10:00 - 11:00		3	0	0	0	0	3	24
10:00 - 11:00		4	1	0	0	0	5	23
10:00 - 11:00		4	0	0	1	0	5	21
10:00 - 11:00		6	1	1	0	0	8	21
11:00 - 12:00		4	1	0	0	0	5	23
11:00 - 12:00		3	0	0	0	0	3	21
11:00 - 12:00		6	1	0	1	0	8	24
11:00 - 12:00		2	0	1	0	0	3	19
12:00 - 13:00		1	1	0	1	0	3	17
12:00 - 13:00		3	0	0	0	0	3	17
12:00 - 13:00		2	1	0	0	0	3	12
12:00 - 13:00		4	0	0	1	0	5	14
13:00 - 14:00		4	1	1	0	0	6	17
13:00 - 14:00		3	1	0	0	0	4	18
13:00 - 14:00		5	1	0	0	0	6	21
13:00 - 14:00		3	1	0	1	0	5	21
14:00 - 15:00		5	1	1	0	0	7	22
14:00 - 15:00		3	1	0	0	0	4	22
14:00 - 15:00		4	1	0	0	0	5	21
14:00 - 15:00		8	1	0	1	0	10	26
15:00 - 16:00		4	1	0	0	0	5	24
15:00 - 16:00		4	1	0	0	0	5	25
15:00 - 16:00		5	1	1	1	0	8	28
15:00 - 16:00		4	0	0	0	0	4	22
16:00 - 17:00		3	1	0	0	0	4	21
16:00 - 17:00		5	0	0	0	0	5	21
16:00 - 17:00		5	1	0	0	0	6	19
16:00 - 17:00		4	0	0	1	0	5	20
17:00 - 18:00		5	1	1	0	0	7	23
17:00 - 18:00		5	0	0	0	0	5	23
17:00 - 18:00		7	1	0	0	0	8	25
17:00 - 18:00		4	0	0	0	0	4	24
18:00 - 19:00		5	1	1	0	0	7	24
18:00 - 19:00		6	1	0	0	0	7	26
18:00 - 19:00		5	0	1	1	0	7	25
18:00 - 19:00		5	1	0	0	0	6	27
TOTAL		207	31	12	12		262	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-4. Conteo vehicular del jueves 13 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
Proyecto: Vía Panzaleo - Mulalillo		Ubicación: Gasolinera Mulalillo			Sentido: Ambos sentidos			
Fecha: Jueves, 13 de febrero de 2020		Responsable: Edwin Tibán			Hoja N°: 4			
07:00 - 08:00	07:00 - 07:15	5	2	1	0	0	8	
	07:15 - 07:30	4	1	0	0	0	5	
	07:30 - 07:45	3	0	0	1	0	4	
	07:45 - 08:00	5	0	1	0	0	6	23
08:00 - 09:00	08:00 - 08:15	7	1	0	0	0	8	23
	08:15 - 08:30	6	0	0	1	0	7	25
	08:30 - 08:45	3	1	0	0	0	4	25
	08:45 - 09:00	4	0	1	0	0	5	24
09:00 - 10:00	09:00 - 09:15	5	1	0	1	0	7	23
	09:15 - 09:30	7	1	1	0	0	9	25
	09:30 - 09:45	5	1	0	1	0	7	28
	09:45 - 10:00	7	0	1	0	0	8	31
10:00 - 11:00	10:00 - 10:15	2	2	0	2	0	6	30
	10:15 - 10:30	6	0	0	0	0	6	27
	10:30 - 10:45	3	1	0	0	0	4	24
	10:45 - 11:00	7	0	0	0	0	7	23
11:00 - 12:00	11:00 - 11:15	6	2	0	0	0	8	25
	11:15 - 11:30	7	0	1	0	0	8	27
	11:30 - 11:45	4	1	1	0	0	6	29
	11:45 - 12:00	3	0	0	0	0	3	25
12:00 - 13:00	12:00 - 12:15	2	1	0	0	0	3	20
	12:15 - 12:30	3	0	1	0	0	4	16
	12:30 - 12:45	2	1	0	1	0	4	14
	12:45 - 13:00	5	1	0	1	0	7	18
13:00 - 14:00	13:00 - 13:15	5	0	0	0	0	5	20
	13:15 - 13:30	4	2	0	0	0	6	22
	13:30 - 13:45	7	0	0	0	0	7	25
	13:45 - 14:00	4	1	1	1	0	7	25
14:00 - 15:00	14:00 - 14:15	8	1	1	1	0	11	31
	14:15 - 14:30	7	1	1	0	0	9	34
	14:30 - 14:45	5	0	0	1	0	6	33
	14:45 - 15:00	6	2	1	0	0	9	35
15:00 - 16:00	15:00 - 15:15	5	0	0	1	0	6	30
	15:15 - 15:30	1	1	1	0	0	3	24
	15:30 - 15:45	4	0	1	1	0	6	24
	15:45 - 16:00	4	1	0	0	0	5	20
16:00 - 17:00	16:00 - 16:15	3	0	1	0	0	4	18
	16:15 - 16:30	6	1	0	0	0	7	22
	16:30 - 16:45	2	0	0	0	0	2	18
	16:45 - 17:00	5	1	1	1	0	8	21
17:00 - 18:00	17:00 - 17:15	3	2	0	1	0	6	23
	17:15 - 17:30	5	0	0	0	0	5	21
	17:30 - 17:45	6	0	0	2	0	8	27
	17:45 - 18:00	4	2	0	0	0	6	25
18:00 - 19:00	18:00 - 18:15	5	0	1	0	0	6	25
	18:15 - 18:30	4	1	1	0	0	6	26
	18:30 - 18:45	5	1	0	1	0	7	25
	18:45 - 19:00	6	0	0	0	0	6	25
TOTAL		225	34	18	18		295	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-5. Conteo vehicular del viernes 14 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		4	1	1	0	0	6	
07:00 - 08:00		2	1	0	1	0	4	
07:00 - 08:00		3	1	0	0	0	4	
07:00 - 08:00		3	0	1	0	0	4	18
08:00 - 09:00		7	2	0	0	0	9	21
08:00 - 09:00		5	0	0	0	0	5	22
08:00 - 09:00		4	1	0	0	0	5	23
08:00 - 09:00		6	0	0	1	0	7	26
09:00 - 10:00		4	1	1	0	0	6	23
09:00 - 10:00		2	0	1	0	0	3	21
09:00 - 10:00		3	1	0	0	0	4	20
09:00 - 10:00		3	0	0	2	0	5	18
10:00 - 11:00		5	0	0	0	0	5	17
10:00 - 11:00		3	1	0	0	0	4	18
10:00 - 11:00		4	0	0	0	0	4	18
10:00 - 11:00		3	0	2	0	0	5	18
11:00 - 12:00		4	0	0	0	0	4	17
11:00 - 12:00		6	1	0	0	0	7	20
11:00 - 12:00		5	0	0	1	0	6	22
11:00 - 12:00		3	0	0	0	0	3	20
12:00 - 13:00		5	1	0	0	0	6	22
12:00 - 13:00		7	0	0	0	0	7	22
12:00 - 13:00		4	0	1	0	0	5	21
12:00 - 13:00		3	1	0	2	0	6	24
13:00 - 14:00		5	0	0	0	0	5	23
13:00 - 14:00		2	0	0	0	0	2	18
13:00 - 14:00		2	1	0	0	0	3	16
13:00 - 14:00		4	0	0	0	0	4	14
14:00 - 15:00		3	0	0	0	0	3	12
14:00 - 15:00		4	1	0	0	0	5	15
14:00 - 15:00		5	0	1	0	0	6	18
14:00 - 15:00		4	2	0	0	0	6	20
15:00 - 16:00		2	1	0	1	0	4	21
15:00 - 16:00		7	1	0	1	0	9	25
15:00 - 16:00		6	1	1	0	0	8	27
15:00 - 16:00		3	0	0	0	0	3	24
16:00 - 17:00		4	1	0	0	0	5	25
16:00 - 17:00		4	1	0	1	0	6	22
16:00 - 17:00		5	1	0	0	0	6	20
16:00 - 17:00		3	1	1	0	0	5	22
17:00 - 18:00		4	1	0	0	0	5	22
17:00 - 18:00		4	0	0	0	0	4	20
17:00 - 18:00		7	1	1	2	0	11	25
17:00 - 18:00		3	1	0	0	0	4	24
18:00 - 19:00		4	0	0	0	0	4	23
18:00 - 19:00		3	1	0	0	0	4	23
18:00 - 19:00		7	2	2	0	0	11	23
18:00 - 19:00		4	2	0	0	0	6	25
TOTAL		197	31	13	12		253	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-6. Conteo vehicular del sábado 15 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado	
				C-2 P	C-2 G	C-3			
07:00 - 08:00		07:00 - 07:15	4	1	0	1	0	6	
		07:15 - 07:30	7	1	1	0	0	9	
		07:30 - 07:45	2	1	0	0	0	3	
		07:45 - 08:00	3	0	0	2	0	5	23
08:00 - 09:00		08:00 - 08:15	3	1	1	0	0	5	22
		08:15 - 08:30	5	1	0	0	0	6	19
		08:30 - 08:45	4	0	0	0	0	4	20
		08:45 - 09:00	6	1	0	0	0	7	22
09:00 - 10:00		09:00 - 09:15	4	0	1	1	0	6	23
		09:15 - 09:30	5	1	0	0	0	6	23
		09:30 - 09:45	3	0	1	0	0	4	23
		09:45 - 10:00	6	1	0	0	0	7	23
10:00 - 11:00		10:00 - 10:15	3	0	0	1	0	4	21
		10:15 - 10:30	4	1	0	0	0	5	20
		10:30 - 10:45	6	0	0	1	0	7	23
		10:45 - 11:00	4	1	0	0	0	5	21
11:00 - 12:00		11:00 - 11:15	6	1	0	1	0	8	25
		11:15 - 11:30	3	0	1	0	0	4	24
		11:30 - 11:45	6	1	0	1	0	8	25
		11:45 - 12:00	2	0	0	0	0	2	22
12:00 - 13:00		12:00 - 12:15	1	1	0	1	0	3	17
		12:15 - 12:30	3	0	0	0	0	3	16
		12:30 - 12:45	5	1	0	0	0	6	14
		12:45 - 13:00	4	0	0	1	0	5	17
13:00 - 14:00		13:00 - 13:15	4	1	0	1	0	6	20
		13:15 - 13:30	5	0	0	0	0	5	22
		13:30 - 13:45	5	1	0	2	0	8	24
		13:45 - 14:00	3	0	1	1	0	5	24
14:00 - 15:00		14:00 - 14:15	3	1	0	0	0	4	22
		14:15 - 14:30	5	1	0	0	0	6	23
		14:30 - 14:45	4	0	0	1	0	5	20
		14:45 - 15:00	3	1	0	0	0	4	19
15:00 - 16:00		15:00 - 15:15	6	1	0	0	0	7	22
		15:15 - 15:30	2	1	0	2	0	5	21
		15:30 - 15:45	5	1	0	0	0	6	22
		15:45 - 16:00	4	0	0	0	0	4	22
16:00 - 17:00		16:00 - 16:15	3	1	1	0	0	5	20
		16:15 - 16:30	5	0	0	0	0	5	20
		16:30 - 16:45	4	1	0	0	0	5	19
		16:45 - 17:00	4	0	0	0	0	4	19
17:00 - 18:00		17:00 - 17:15	5	1	0	1	0	7	21
		17:15 - 17:30	7	0	1	0	0	8	24
		17:30 - 17:45	6	1	0	0	0	7	26
		17:45 - 18:00	7	1	0	2	0	10	32
18:00 - 19:00		18:00 - 18:15	8	1	1	0	0	10	35
		18:15 - 18:30	7	0	0	0	0	7	34
		18:30 - 18:45	5	1	0	0	0	6	33
		18:45 - 19:00	6	1	0	0	0	7	30
TOTAL		215	30	9	20		274		

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo B-7. Conteo vehicular del domingo 16 de febrero del 2020

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado	
				C-2 P	C-2 G	C-3			
07:00 - 08:00		07:00 - 07:15	5	1	1	0	0	7	
		07:15 - 07:30	3	0	0	1	0	4	
		07:30 - 07:45	3	1	1	0	0	5	
		07:45 - 08:00	4	1	0	1	0	6	22
08:00 - 09:00		08:00 - 08:15	7	2	0	0	0	9	24
		08:15 - 08:30	2	0	0	1	0	3	23
		08:30 - 08:45	5	1	0	0	0	6	24
		08:45 - 09:00	3	0	0	0	0	3	21
09:00 - 10:00		09:00 - 09:15	4	1	1	0	0	6	18
		09:15 - 09:30	5	0	1	0	0	6	21
		09:30 - 09:45	6	0	0	1	0	7	22
		09:45 - 10:00	5	1	0	0	0	6	25
10:00 - 11:00		10:00 - 10:15	3	0	0	0	0	3	22
		10:15 - 10:30	4	1	0	0	0	5	21
		10:30 - 10:45	2	0	0	1	0	3	17
		10:45 - 11:00	7	1	1	0	0	9	20
11:00 - 12:00		11:00 - 11:15	4	1	0	0	0	5	22
		11:15 - 11:30	3	0	0	0	0	3	20
		11:30 - 11:45	4	1	0	1	0	6	23
		11:45 - 12:00	8	0	0	0	0	8	22
12:00 - 13:00		12:00 - 12:15	1	1	0	0	0	2	19
		12:15 - 12:30	3	0	0	0	0	3	19
		12:30 - 12:45	3	1	1	0	0	5	18
		12:45 - 13:00	4	0	0	1	0	5	15
13:00 - 14:00		13:00 - 13:15	4	1	0	2	0	7	20
		13:15 - 13:30	7	1	0	0	0	8	25
		13:30 - 13:45	5	0	1	1	0	7	27
		13:45 - 14:00	3	1	0	1	0	5	27
14:00 - 15:00		14:00 - 14:15	5	1	0	0	0	6	26
		14:15 - 14:30	3	0	0	0	0	3	21
		14:30 - 14:45	2	0	0	2	0	4	18
		14:45 - 15:00	8	1	2	0	0	11	24
15:00 - 16:00		15:00 - 15:15	6	1	0	0	0	7	25
		15:15 - 15:30	2	0	0	2	0	4	26
		15:30 - 15:45	5	1	0	0	0	6	28
		15:45 - 16:00	4	0	0	0	0	4	21
16:00 - 17:00		16:00 - 16:15	4	1	1	0	0	6	20
		16:15 - 16:30	5	0	0	0	0	5	21
		16:30 - 16:45	6	1	0	0	0	7	22
		16:45 - 17:00	4	0	0	1	0	5	23
17:00 - 18:00		17:00 - 17:15	6	1	0	0	0	7	24
		17:15 - 17:30	2	0	0	0	0	2	21
		17:30 - 17:45	7	1	1	1	0	10	24
		17:45 - 18:00	4	0	0	0	0	4	23
18:00 - 19:00		18:00 - 18:15	5	1	1	0	0	7	23
		18:15 - 18:30	5	0	0	1	0	6	27
		18:30 - 18:45	5	0	0	0	0	5	22
		18:45 - 19:00	4	1	1	0	0	6	24
TOTAL		209	27	13	18		267		

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

ANEXO C
ESTUDIO DE
SUELOS

CALICATA 1

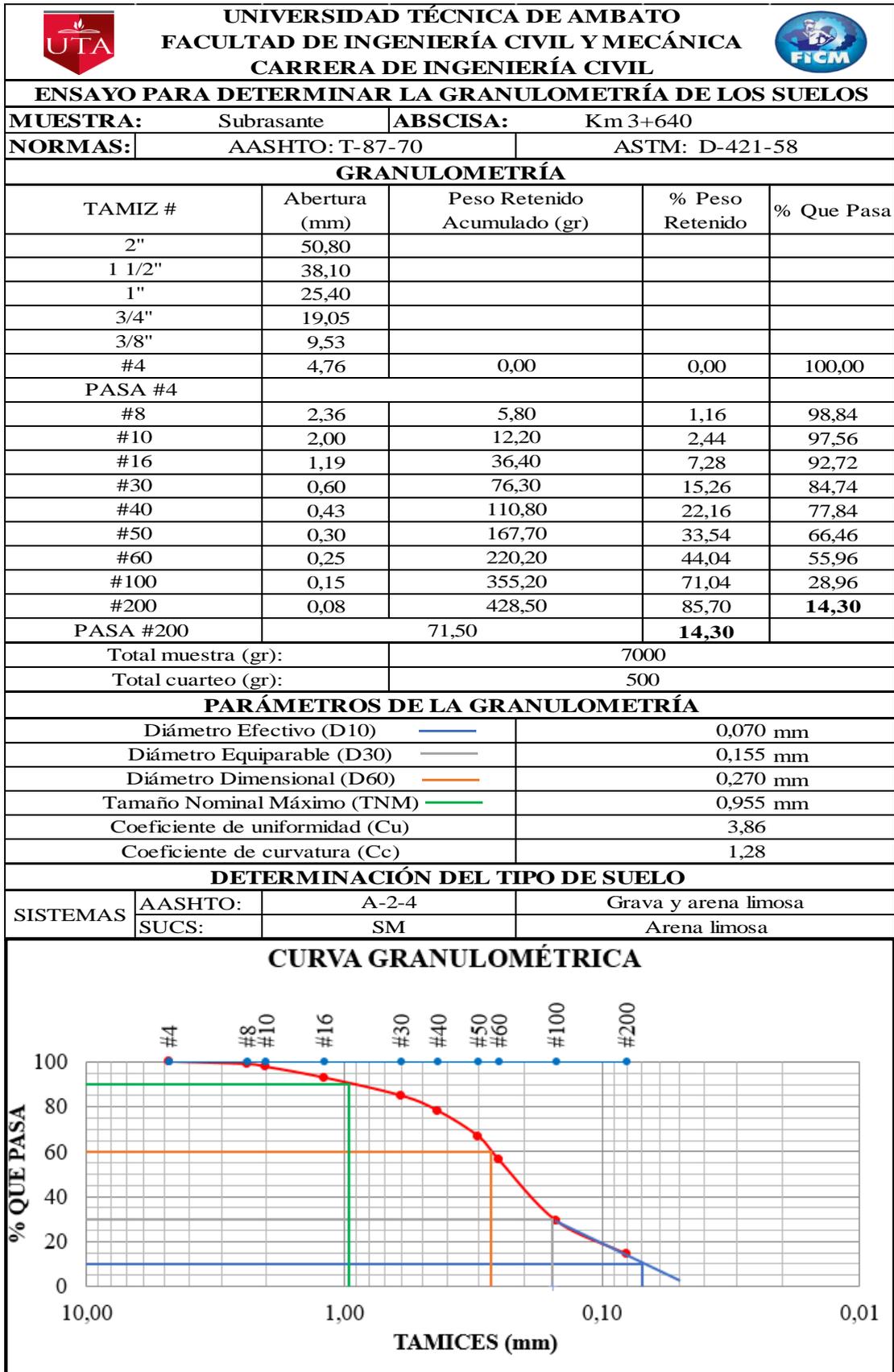
MUESTRA SUBRASANTE

UBICACIÓN: Abscisa 3+640

ENSAYOS:

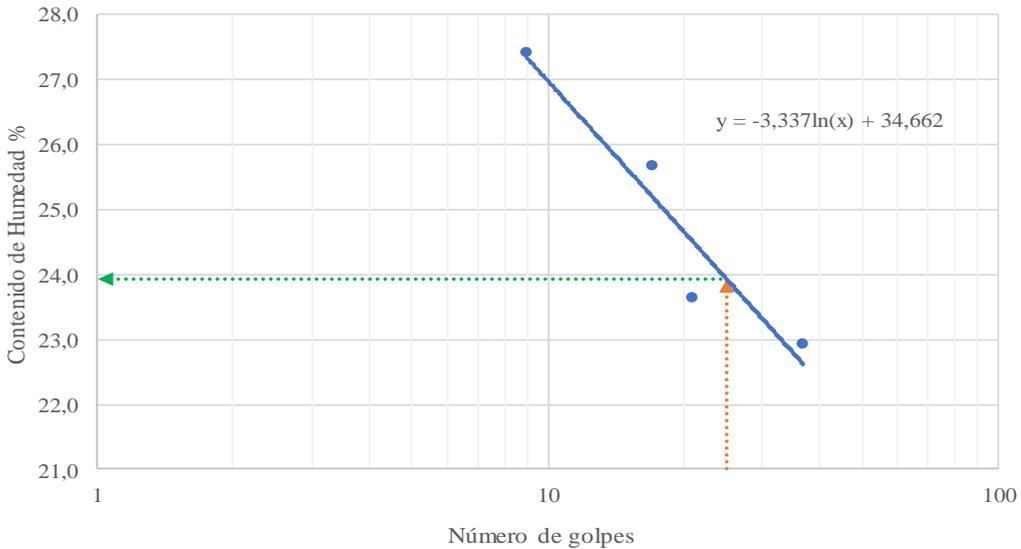
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR

Anexo C-1. Análisis granulométrico calicata 1, muestra subrasante



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C- 2. Límites de Atterberg calicata 1, muestra subrasante

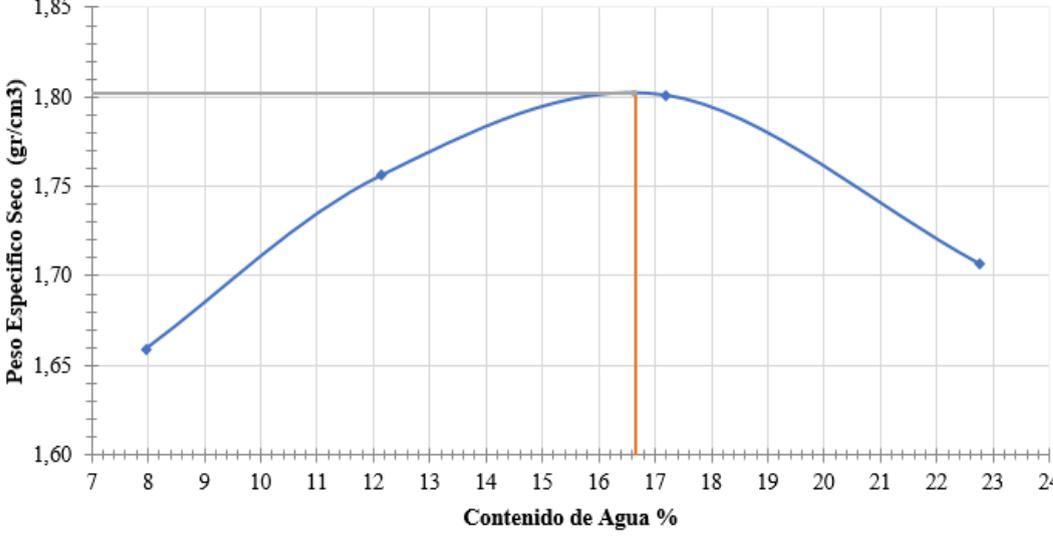
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Subrasante	ABSCISA:	Km 3+640					
NORMAS:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	18	21	7	15	12	50	13	11
Peso muestra húmeda + rec (gr)	28,70	25,80	22,40	23,80	24,10	22,00	19,90	20,40
Peso muestra seca + rec (gr)	25,00	22,70	20,00	21,40	21,80	19,80	18,10	18,70
Peso recipiente (gr)	11,50	11,40	11,30	11,30	11,20	11,20	10,70	10,80
Peso agua (gr) Ww	3,70	3,10	2,40	2,40	2,30	2,20	1,80	1,70
Peso de los sólidos (gr) Ws	13,50	11,30	8,70	10,10	10,60	8,60	7,40	7,90
Contenido de humedad (w%)	27,41	27,43	27,59	23,76	21,70	25,58	24,32	21,52
Promedio de (w%)	27,42		25,67		23,64		22,92	
Número de golpes	9		17		21		37	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	23,92							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	5	11	61	50	11	60		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	5,30	5,60	6,40	5,70	7,70	6,50		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	5,10	5,40	6,20	5,60	7,50	6,20		
Peso recipiente Wrec (gr)	4,20	4,40	5,30	5,20	6,40	5,10		
Peso agua Ww (gr)	0,20	0,20	0,20	0,10	0,20	0,30		
Peso de los sólidos Ws (gr)	0,90	1,00	0,90	0,40	1,10	1,10		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	22,22	20,00	22,22	25,00	18,18	27,27		
Promedio de (w%)	22,48							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	22,48							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,44							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C- 3. Proctor modificado tipo B calicata 1, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Subrasante	ABSCISA: Km 3+640	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15243 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2261,95 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	19294	19698	20017	19982				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4051	4455	4774	4739				
Peso Unitario Húmedo ym (gr/cm ³)	1,791	1,970	2,111	2,095				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	45	28	6	35	62	86	4	93
Peso del recipiente Wr (gr)	33,00	32,80	33,40	31,90	32,90	32,00	26,10	24,60
Peso suelo hum + recipiente Wm+Wr (gr)	143,00	147,00	117,10	98,60	134,30	142,40	75,10	69,40
Peso suelo seco + recipiente Ws+Wr (gr)	134,30	139,20	107,50	91,80	119,60	126,00	65,90	61,20
Peso del agua Ww (gr)	8,70	7,80	74,10	59,90	14,70	16,40	9,20	8,20
Peso suelo seco Ws (gr)	101,30	106,40	9,60	6,80	86,70	94,00	39,80	36,60
Contenido de humedad w(%)	8,59	7,33	12,96	11,35	16,96	17,45	23,12	22,40
Contenido humedad promedio w(%)	7,960		12,154		17,201		22,760	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco yd (gr/cm ³)	1,659	1,756	1,801	1,802		1,707		
Densidad máxima y _{máx} (gr/cm ³)	1,802							
Humedad óptima %	16,65							

CURVA DE COMPACTACIÓN



The graph plots Specific Gravity (Peso Especifico Seco) on the y-axis against Water Content (Contenido de Agua %) on the x-axis. The curve starts at approximately (8, 1.66), rises to a peak of 1.802 at 16.65% water content, and then descends to approximately (23, 1.71). A vertical orange line marks the peak at 16.65% water content.

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-4. Compactación CBR calicata 1, muestra subrasante

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
ENSAYO C.B.R.							
ESPECIFICACIONES							
Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 3+640				
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb				
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"				
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	16,65%				
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.							
MOLDE N°	1	2	3				
N° de Capas	5	5	5				
N° de Golpes	56	27	11				
Condición muestra:		Después del remojo					
Peso húmedo + molde (gr)	11186	11514	11336				
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007				
Peso Muestra Húmeda (gr)	4755	4418	4329				
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38	2286,38	2286,38				
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2,080	1,932	1,893				
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente N°	5	6	3	4	1	2	
P. Hum. + Recipiente	106,6	109,9	128,6	123,7	108,4	114,5	
P. Seco + Recipiente	95,4	99,4	115,9	109,3	96,5	101,8	
Peso Recipiente	25,9	36,2	37,8	24,3	24,1	24,3	
Peso Agua	11,2	10,5	12,7	14,4	11,9	12,7	
Peso de Sólidos	69,5	63,2	78,1	85	72,4	77,5	
Contenido Humedad %	16,12	16,61	16,26	16,94	16,44	16,39	
Cont. Hum. Promedio %	16,36		16,60		16,41		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,787		1,657		1,626		

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-5. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 1, muestra subrasante

Máquina de compresión simple (CONTROLS)		Área del pistón: 3plg ²		NORMA: ASTM D 193-13		MUESTRA: Subrasante		ABSCISA: Km 3+640							
Molde N°		C-1		C-2		C-3									
N° de golpes		56		27		11									
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.		
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida			
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%				
		0	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00					
0	0	25	456,00	152,00		230,30	76,77		129,00	43,00					
1	30	50	570,20	190,07		290,30	96,77		184,10	61,37					
1	0	75	640,60	213,53		350,30	116,77		234,10	78,03					
2	30	100	704,50	234,83	234,83	23,48	395,60	131,87	131,87	13,19	277,90	92,63	92,6	9,26	
3	0	150	812,30	270,77			503,40	167,80			355,70	118,57			
4	0	200	890,30	296,77			591,50	197,17			420,40	140,13			
5	0	250	978,10	326,03			698,90	232,97			488,20	162,73			
6	0	300	1080,60	360,20			790,60	263,53			557,00	185,67			
8	0	400	1302,50	434,17			990,50	330,17			664,40	221,47			
10	0	500	1536,80	512,27			1180,2	393,40			767,10	255,70			
C.B.R. corregido (%)						23,48						13,19			9,26

GRÁFICOS CBR																									
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p>	<p>DENSIDAD SECA vs. %CBR</p>																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CBR (Resistencias)</th> <th>DENSIDADES (gr/cm³)</th> <th>y_d_{máx} (gr/cm³)</th> <th>1,787</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23,48%</td> <td>Densidad 56</td> <td>1,787</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13,19%</td> <td>Densidad 27</td> <td>1,657</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,26%</td> <td>Densidad 11</td> <td>1,626</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>95% *(y_d_{máx}) (gr/cm³)</td> <td>1,698</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>CBR =</td> <td>15,96%</td> </tr> </tbody> </table>	CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)	y _d _{máx} (gr/cm ³)	1,787	23,48%	Densidad 56	1,787		13,19%	Densidad 27	1,657		9,26%	Densidad 11	1,626				95% *(y _d _{máx}) (gr/cm ³)	1,698			CBR =	15,96%	
CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)	y _d _{máx} (gr/cm ³)	1,787																						
23,48%	Densidad 56	1,787																							
13,19%	Densidad 27	1,657																							
9,26%	Densidad 11	1,626																							
		95% *(y _d _{máx}) (gr/cm ³)	1,698																						
		CBR =	15,96%																						

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 1

MUESTRA SUB-BASE

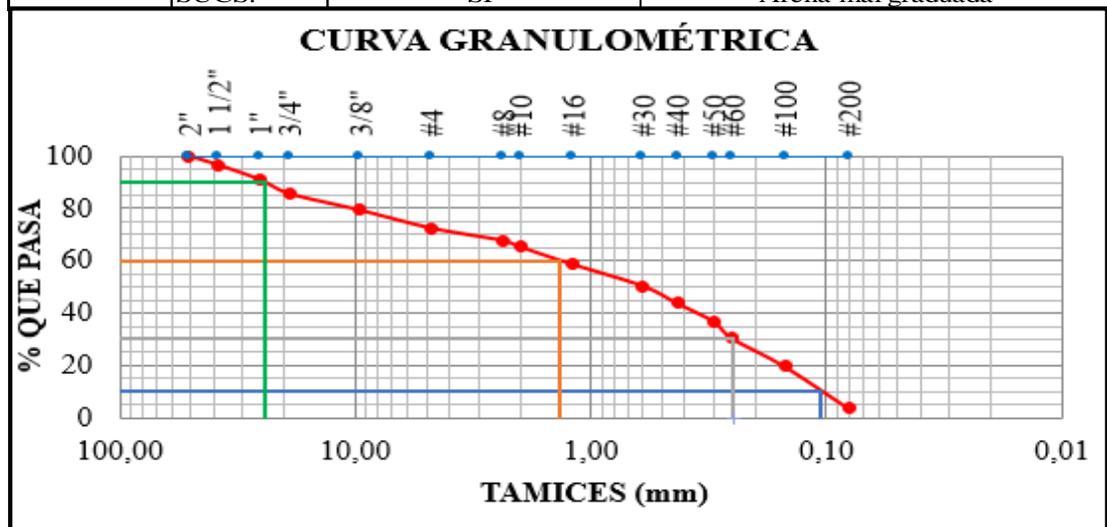
UBICACIÓN: Abscisa 3+640

ENSAYOS:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR
- Desgaste por Abrasión

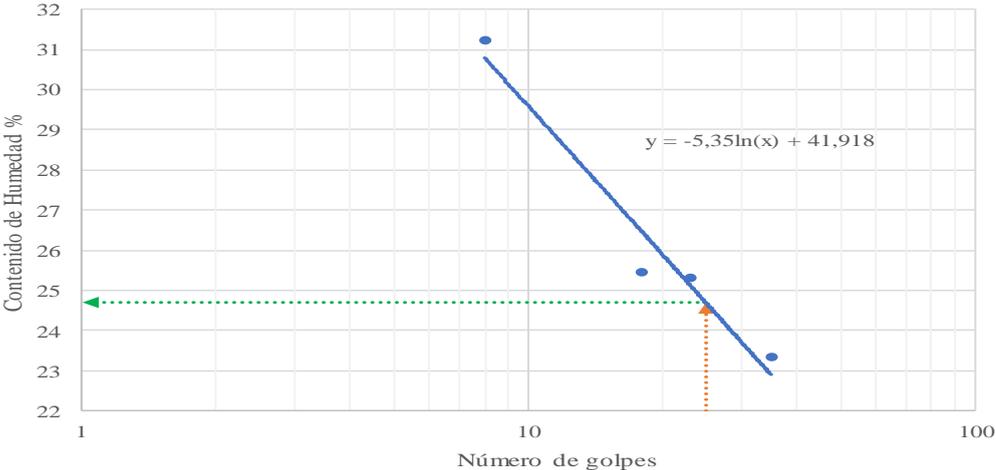
Anexo C-6. Análisis granulométrico calicata 1, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
MUESTRA:	Sub-base	ABSCISA:	Km 3+640	
NORMAS:	AASHTO: T-87-70	ASTM: D-421-58		
GRANULOMETRÍA				
TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
2"	50,80	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	245,35	3,51	96,50
1"	25,40	631,40	9,02	90,98
3/4"	19,05	1005,30	14,36	85,64
3/8"	9,53	1445,90	20,66	79,34
#4	4,76	1924,50	27,49	72,51
PASA #4		5075,50	72,51	
#8	2,36	32,60	4,73	67,78
#10	2,00	49,20	7,13	65,37
#16	1,19	95,40	13,83	58,67
#30	0,60	152,20	22,07	50,44
#40	0,43	197,40	28,63	43,88
#50	0,30	245,80	35,64	36,86
#60	0,25	290,60	42,14	30,37
#100	0,15	363,70	52,74	19,77
#200	0,08	474,80	68,85	3,65
PASA #200		25,20	3,65	
Total muestra (gr):		7000		
Total cuarteo (gr):		500		
PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA				
Diámetro Efectivo (D10)	—	0,105 mm		
Diámetro Equiparable (D30)	—	0,247 mm		
Diámetro Dimensional (D60)	—	1,358 mm		
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	—	24,263 mm		
Coefficiente de uniformidad (Cu)	12,93			
Coefficiente de curvatura (Cc)	0,43			
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO				
SISTEMAS	AASHTO:	A-1-b	Grava y arena	
	SUCS:	SP	Arena mal graduada	



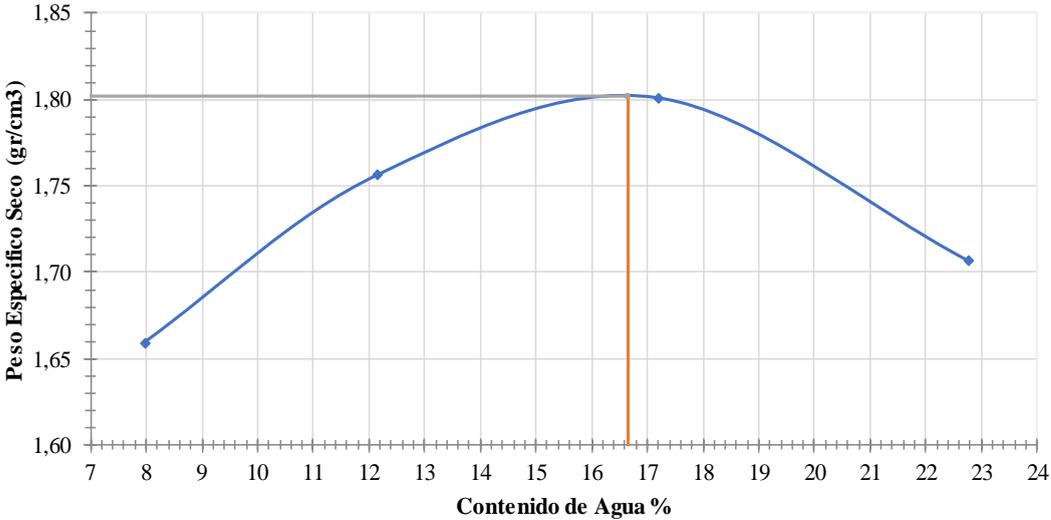
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-7. Límites de Atterberg calicata 1, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Sub-base	ABSCISA:	Km 3+640					
NORMAS:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	25	2	21	66	7	77	70	13
Peso muestra húmeda + rec (gr)	23,20	29,10	26,20	24,30	25,90	26,50	30,00	28,80
Peso muestra seca + rec (gr)	20,30	24,70	23,20	21,50	23,00	23,40	26,40	25,40
Peso recipiente (gr)	10,80	10,90	10,80	11,00	11,40	11,30	10,90	10,90
Peso agua (gr) Ww	2,90	4,40	3,00	2,80	2,90	3,10	3,60	3,40
Peso de los sólidos (gr) Ws	9,50	13,80	12,40	10,50	11,60	12,10	15,50	14,50
Contenido de humedad (w%)	30,53	31,88	24,19	26,67	25,00	25,62	23,23	23,45
Promedio de (w%)	31,21		25,43		25,31		23,34	
Número de golpes	8		18		23		35	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24,70							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	12	31	2	82	70	37		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	11,80	12,40	14,30	13,30	12,60	12,40		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	11,60	12,10	13,50	12,80	12,20	12,10		
Peso recipiente Wrec (gr)	10,60	10,80	10,50	10,70	10,60	10,60		
Peso agua Ww (gr)	0,20	0,30	0,80	0,50	0,40	0,30		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,00	1,30	3,00	2,10	1,60	1,50		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	20,00	23,08	26,67	23,81	25,00	20,00		
Promedio de (w%)	23,09							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,09							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,61							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-8. Proctor modificado tipo B calicata 1, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Sub-base	ABSCISA: Km 3+640	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15349 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2304,52 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	19064	19352	19656	19543				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3715	4003	4307	4194				
Peso Unitario Húmedo γm (gr/cm ³)	1,612	1,737	1,869	1,820				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	T28	T17	T27	T26	T13	T15	T14	T24
Peso del recipiente Wr (gr)	31,20	30,70	31,10	31,00	26,10	24,80	31,60	33,00
Peso suelo hum + recipiente Wm+Wr (gr)	109,70	107,60	115,50	115,30	77,30	79,50	132,10	131,70
Peso suelo seco + recipiente Ws+Wr (gr)	102,60	100,70	105,00	105,10	68,90	70,50	112,50	114,10
Peso del agua Ww (gr)	7,10	6,90	73,90	74,10	8,40	9,00	19,60	17,60
Peso suelo seco Ws (gr)	71,40	70,00	10,50	10,20	42,80	45,70	80,90	81,10
Contenido de humedad w(%)	9,94	9,86	14,21	13,77	19,63	19,69	24,23	21,70
Contenido humedad promedio w(%)	9,901		13,987		19,660		22,965	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γd (gr/cm ³)	1,467	1,524	1,562	1,480				
Densidad máxima γm _{max} (gr/cm ³)				1,563				
Humedad óptima %				19,28				
CURVA DE COMPACTACIÓN								
 <p>The graph plots Specific Gravity (γ_s) on the y-axis (ranging from 1.60 to 1.85) against Water Content (w) in percent on the x-axis (ranging from 7 to 24). A blue curve shows the relationship, peaking at approximately 19.28% water content and 1.563 g/cm³ specific gravity. A vertical orange line marks the peak. A horizontal grey line is drawn at γ_s = 1.80.</p>								

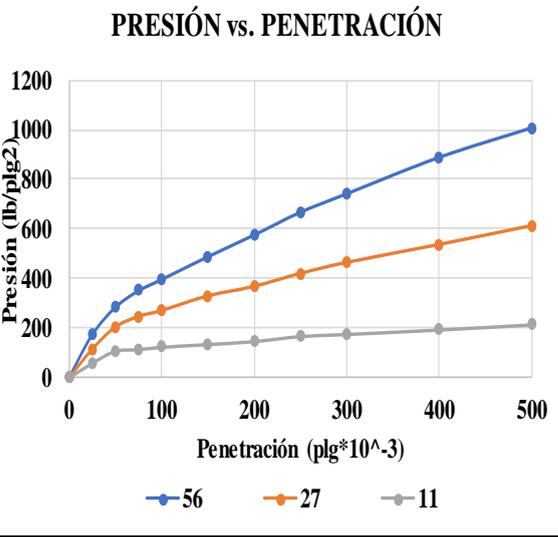
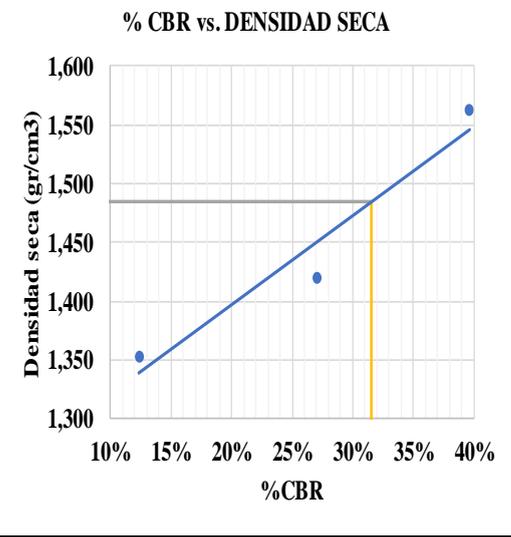
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-9. Compactación CBR calicata 1, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Sub-base	Abscisa:	km 3+640			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	19,28%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	10695	11035	10716			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4264	3939	3709			
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38	2286,38	2286,38			
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,865	1,723	1,622			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	86	64	57	60	36	45
P. Hum. + Recipiente	129	162,4	162,7	145,3	141,2	139,8
P. Seco + Recipiente	114,6	139,6	138,3	126,5	123,2	122
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	14,4	22,8	24,4	18,8	18	17,8
Peso de Sólidos	81,5	108,4	108,3	92,9	91	88,6
Contenido Humedad %	17,67	21,03	22,53	20,24	19,78	20,09
Cont. Hum. Promedio %	19,35		21,38		19,94	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,563		1,419		1,353	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-10. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 1, muestra sub-base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de compresión simple (CONTROLS)				Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Sub-base		ABCISA: Km 3+640			
Molde N°		C-1					C-2				C-3				
N° de golpes		56					27				11				
Tiempo min.	Penetración seg.	Penetración plg*10 ⁻³	Q carga lb	Presiones		C.B.R.	Q carga lb	Presiones		C.B.R.	Q carga lb	Presiones		C.B.R.	
				Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
				lb/plg ²				lb/plg ²				lb/plg ²			
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			
0	0	25	517,30	172,43			343,40	114,47			174,80	58,27			
1	30	50	850,80	283,60			610,60	203,53			322,60	107,53			
1	0	75	1050,60	350,20			738,80	246,27			342,20	114,07			
2	30	100	1188,00	396,00	396,00	39,60	810,92	270,31	270,31	27,03	371,30	123,77	123,8	12,38	
3	0	150	1462,80	487,60			985,72	328,57			404,70	134,90			
4	0	200	1725,60	575,20			1100,90	366,97			440,00	146,67			
5	0	250	2000,40	666,80			1255,70	418,57			500,80	166,93			
6	0	300	2223,80	741,27			1388,10	462,70			526,20	175,40			
8	0	400	2663,80	887,93			1603,50	534,50			580,10	193,37			
10	0	500	3020,60	1006,87			1830,0	610,00			641,80	213,93			
C.B.R. corregido (%)						39,60				27,03				12,38	
GRÁFICOS CBR															
 <p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p>							 <p>% CBR vs. DENSIDAD SECA</p>								
CBR (Resistencias)				DENSIDADES (gr/cm ³)				y _{d,máx} (gr/cm ³)		1,563					
39,60%				Densidad 56				1,563		95% *(y _{d,máx}) (gr/cm ³)		1,484			
27,03%				Densidad 27				1,419		CBR =		31,54%			
12,38%				Densidad 11				1,353							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-11. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 1, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
MUESTRA: Sub-base		ABSCISA: Km 3+640					
ESPECIFICACIONES							
Método: B		Peso inicial de la muestra: 5000 gr					
Nº de esferas: 11		Temperatura de horno: 110 ± 5 °C					
Velocidad (rev/min): 30 - 35		Nº de revoluciones: 500					
Normas:	AASHTO T-96-77	INEN 860 861					
CARGA ABRASIVA							
Granulometría de ensayo	Número de esferas		Peso total (gr)				
A	12		5000 ± 25				
B	11		4584 ± 25				
C	8		3330 ± 20				
D	6		2500 ± 15				
GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
% Que pasa tamiz		% Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de muestra para ensayo (gr)			
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C	D
37,50	1 1/2"	25,00	1"	1250 ± 25			
25,00	1"	19,00	3/4"	1250 ± 25			
19,00	3/4"	12,50	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,50	1/2"	9,50	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,50	3/8"	6,30	1/4"			2500 ± 10	
6,30	1/4"	4,75	# 4			2500 ± 10	
4,75	# 4	2,36	# 8				5000 ± 10
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
Peso inicial de muestra lavado y secado al horno (gr)				5000			
Peso final retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno (gr)				2675,20			
Diferencia entre el peso inicial y peso final (gr)				2324,80			
Porcentaje perdido (%)				46,50			
Porcentaje de desgaste (%)				46,50			
GRÁFICA PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
<p>A pie chart illustrating the percentage of abrasion. The chart is divided into two segments: a larger orange segment representing 'Resistencia de agregados' at 53,50%, and a smaller blue segment representing 'Desgaste de agregados' at 46,50%.</p>							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 2

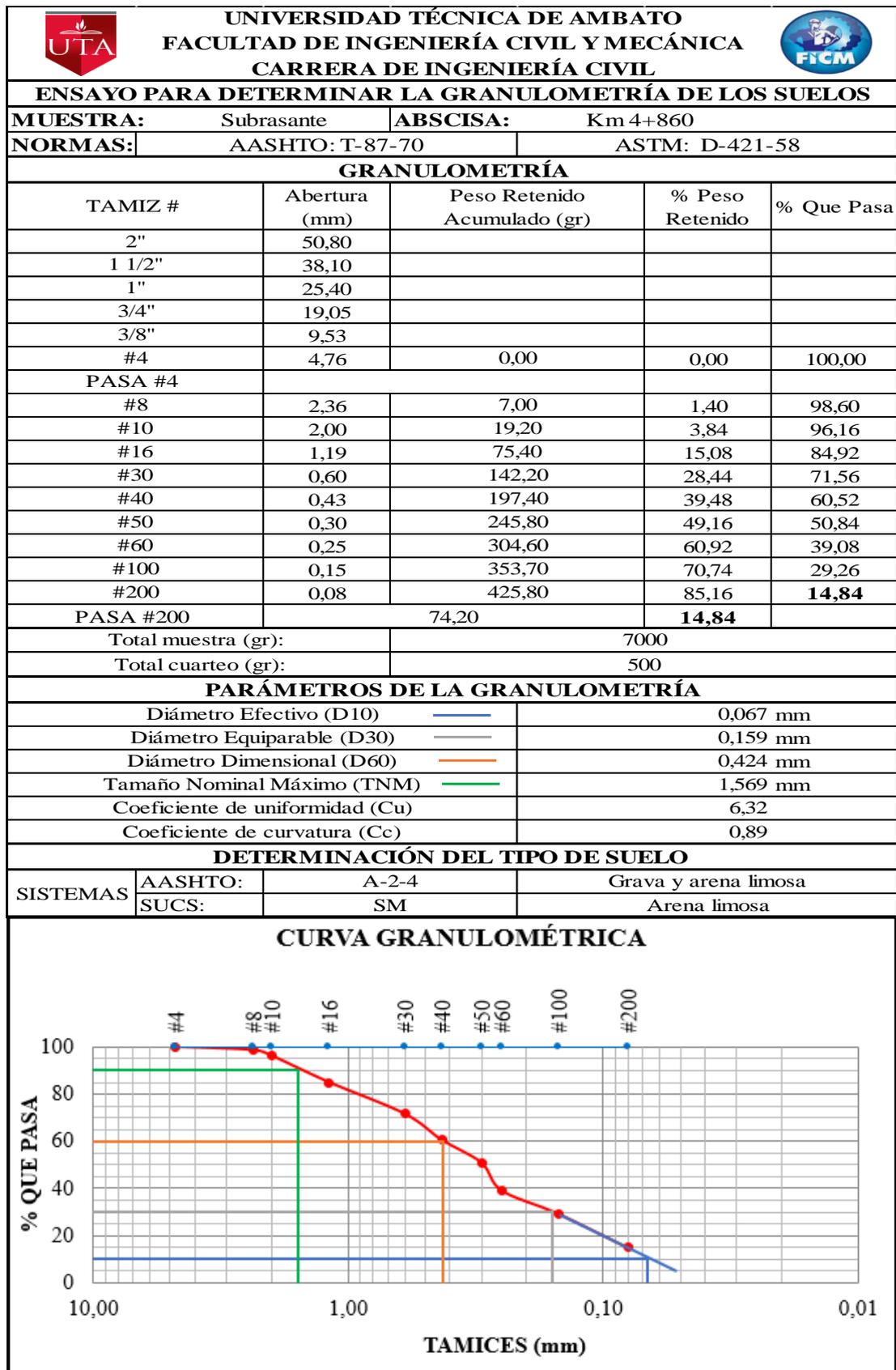
MUESTRA SUBRASANTE

UBICACIÓN: Abscisa 4+860

ENSAYOS:

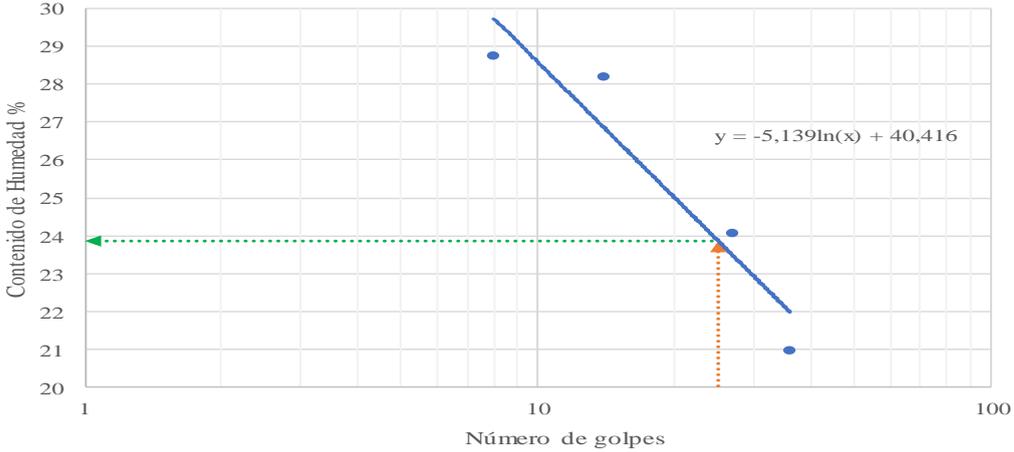
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR

Anexo C-12. Análisis granulométrico calicata 2, muestra subrasante



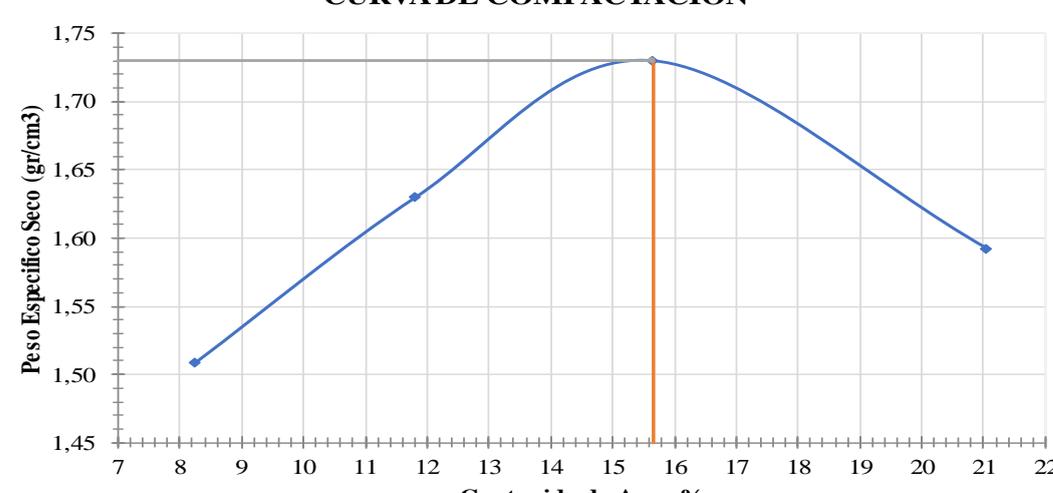
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-13. Límites de Atterberg calicata 2, muestra subrasante

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Subrasante			ABSCISA:	Km 4+860			
NORMAS:	AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691			
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	40	18	65	68	10	14	75	21
Peso muestra húmeda + rec (gr)	26,10	22,80	21,90	22,50	22,00	20,00	18,60	19,40
Peso muestra seca + rec (gr)	22,80	20,20	19,60	20,00	19,90	18,20	17,00	18,20
Peso recipiente (gr)	11,00	11,40	11,30	11,30	11,20	10,70	10,80	10,80
Peso agua (gr) Ww	3,30	2,60	2,30	2,50	2,10	1,80	1,60	1,20
Peso de los sólidos (gr) Ws	11,80	8,80	8,30	8,70	8,70	7,50	6,20	7,40
Contenido de humedad (w%)	27,97	29,55	27,71	28,74	24,14	24,00	25,81	16,22
Promedio de (w%)	28,76		28,22		24,07		21,01	
Número de golpes	8		14		27		36	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	23,87							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	17	6	14	10	12	5		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	6,20	7,10	6,70	5,20	6,00	7,00		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	5,90	6,80	6,50	5,00	5,90	6,90		
Peso recipiente Wrec (gr)	4,60	5,60	5,60	4,30	5,30	6,40		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,30	1,20	0,90	0,70	0,60	0,50		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	23,08	25,00	22,22	28,57	16,67	20,00		
Promedio de (w%)	22,59							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	22,59							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,28							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-14. Proctor modificado tipo B calicata 2, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Subrasante	ABSCISA: Km 4+860	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15129 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2322,67 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	4%	8%	12%	16%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	18922	19362	19775	19605				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3793	4233	4646	4476				
Peso Unitario Húmedo ym (gr/cm ³)	1,633	1,822	2,000	1,927				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	56	5	27	23	33	76	20	71
Peso del recipiente Wr (gr)	30,50	24,20	25,20	31,10	25,10	30,70	31,00	30,60
Peso suelo hum + recipiente Wm+Wr (gr)	118,30	117,50	106,30	108,00	106,70	104,30	105,80	108,20
Peso suelo seco + recipiente Ws+Wr (gr)	111,50	110,50	97,70	99,90	95,70	94,30	92,90	94,60
Peso del agua Ww (gr)	6,80	7,00	72,50	68,80	11,00	10,00	12,90	13,60
Peso suelo seco Ws (gr)	81,00	86,30	8,60	8,10	70,60	63,60	61,90	64,00
Contenido de humedad w(%)	8,40	8,11	11,86	11,77	15,58	15,72	20,84	21,25
Contenido humedad promedio w(%)	8,253		11,818		15,652		21,045	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco yd (gr/cm ³)	1,509		1,630		1,730		1,592	
Densidad máxima y _{máx} (gr/cm ³)	1,73							
Humedad óptima %	15,65							
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

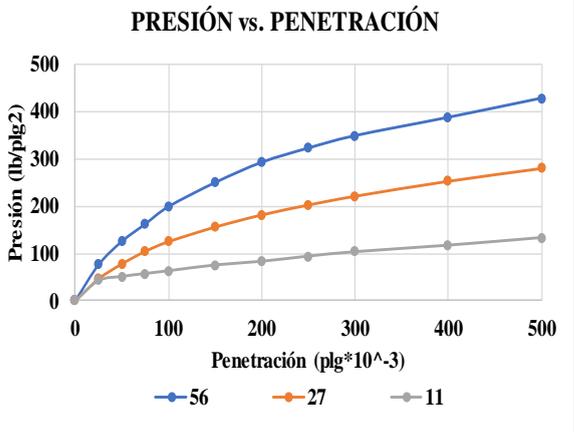
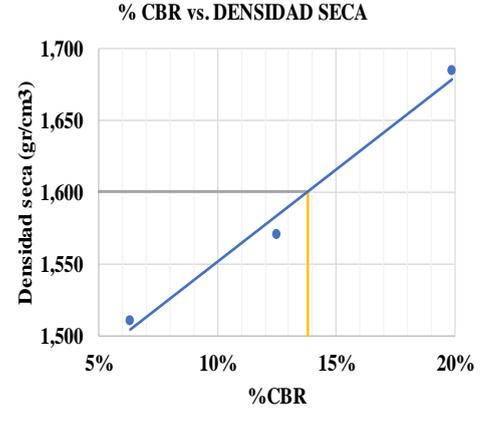
Anexo C-15. Compactación CBR calicata 2, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 4+860			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	15,65%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	11595	10904	11282			
Peso Molde (gr)	7081	6728	7290			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4514	4176	3992			
Volumen Muestra (cm3)	2286,38	2286,38	2286,38			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,974	1,826	1,746			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	T20	T21	T05	T06	T19	T25
P. Hum. + Recipiente	131,2	130,9	128,7	127,1	125,4	121,4
P. Seco + Recipiente	116,4	116,3	115,2	112,1	111,3	109,6
Peso Recipiente	30,5	30,9	26,8	24,7	24,3	30,2
Peso Agua	14,8	14,6	13,5	15	14,1	11,8
Peso de Sólidos	85,9	85,4	88,4	87,4	87	79,4
Contenido Humedad %	17,23	17,10	15,27	17,16	16,21	14,86
Cont. Hum. Promedio %	17,16		16,22		15,53	
Densidad Seca (gr/cm3)	1,685		1,572		1,511	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-16. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 2, muestra subrasante

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN													
Máquina de compresión simple (CONTROLS)			Área del pistón: 3plg ²				NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Subrasante		ABCISA: Km 4+860	
Molde N°		C-1					C-2				C-3		
N° de golpes		56					27				11		
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²		lb	lb/plg ²		lb	lb/plg ²		lb	%
		0	0,00	0,00		0,00	0,00			0,00	0,00		
0	0	25	228,60	76,20		138,80	46,27			127,80	42,60		
1	30	50	376,40	125,47		233,80	77,93			153,80	51,27		
1	0	75	486,20	162,07		313,10	104,37			172,30	57,43		
2	30	100	596,30	198,77	19,88	374,80	124,93	124,93	12,49	189,60	63,20	63,2	6,32
3	0	150	748,90	249,63		467,40	155,80			226,10	75,37		
4	0	200	877,30	292,43		544,30	181,43			249,30	83,10		
5	0	250	967,50	322,50		607,20	202,40			281,90	93,97		
6	0	300	1045,80	348,60		662,90	220,97			309,80	103,27		
8	0	400	1162,00	387,33		757,80	252,60			350,90	116,97		
10	0	500	1283,40	427,80		838,9	279,63			398,80	132,93		
C.B.R. corregido (%)					19,88				12,49				6,32

GRÁFICOS CBR			
			
CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)	yd _{max} (gr/cm ³)	1,685
19,88%	Densidad 56	1,685	95% *(yd _{max}) (gr/cm ³)
12,49%	Densidad 27	1,572	CBR =
6,32%	Densidad 11	1,511	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 2

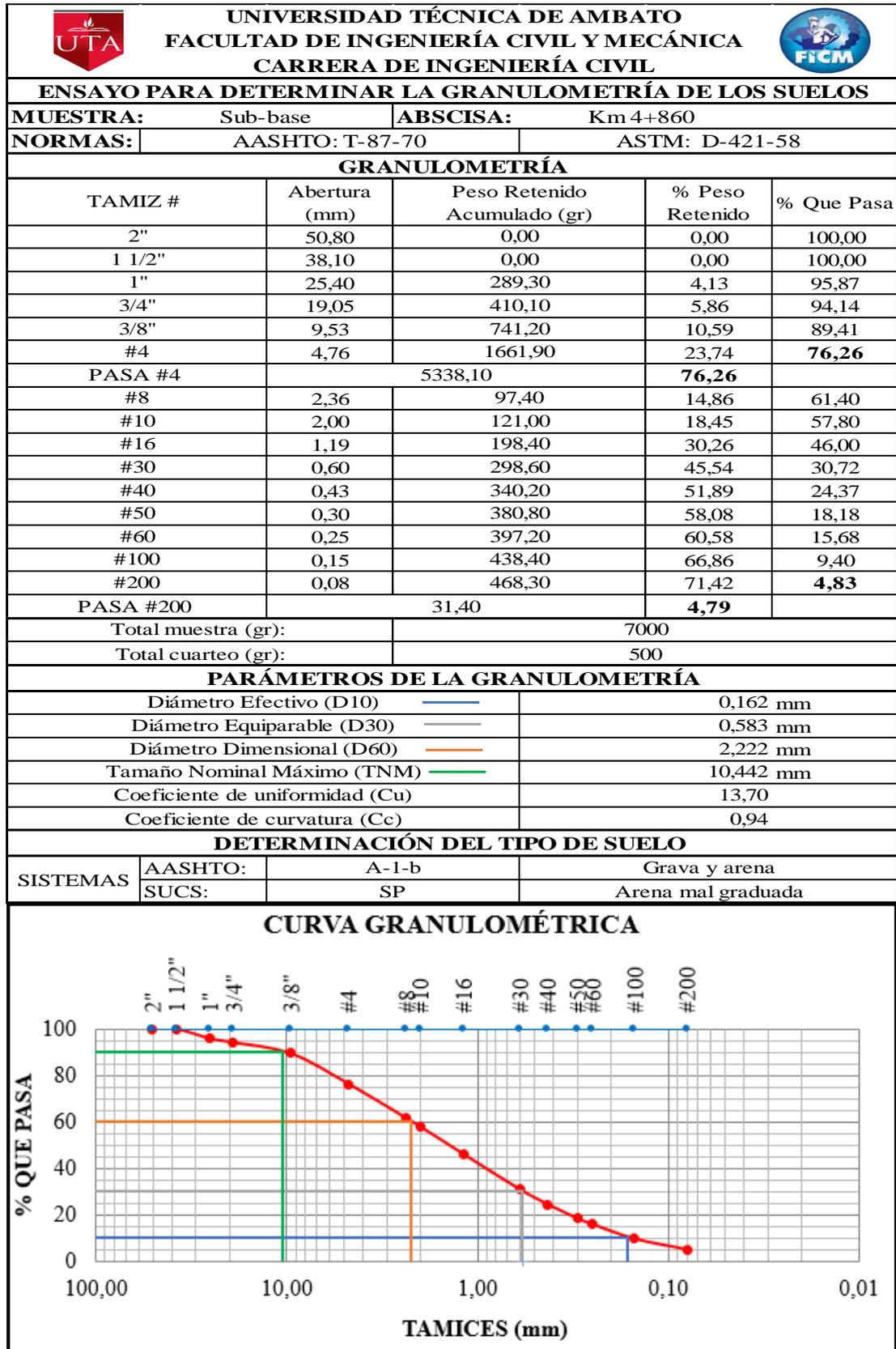
MUESTRA SUB-BASE

UBICACIÓN: Abscisa 4+860

ENSAYOS:

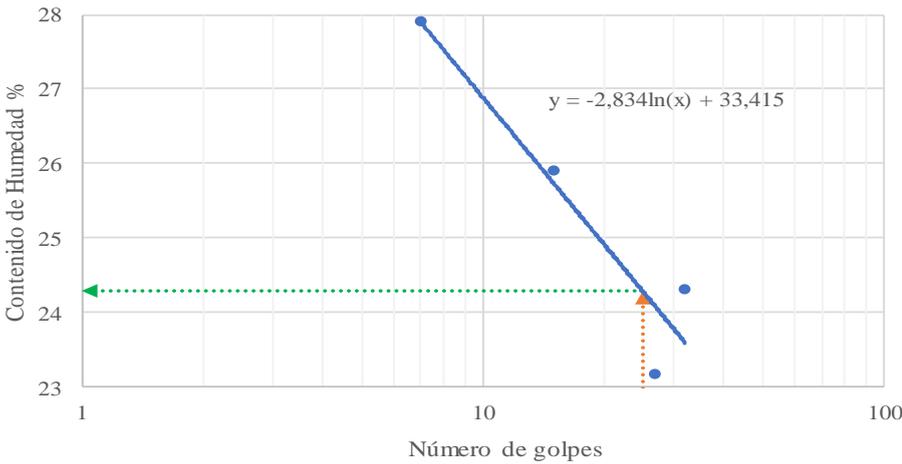
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR
- Desgaste por Abrasión

Anexo C-17. Análisis granulométrico calicata 2, muestra sub-base



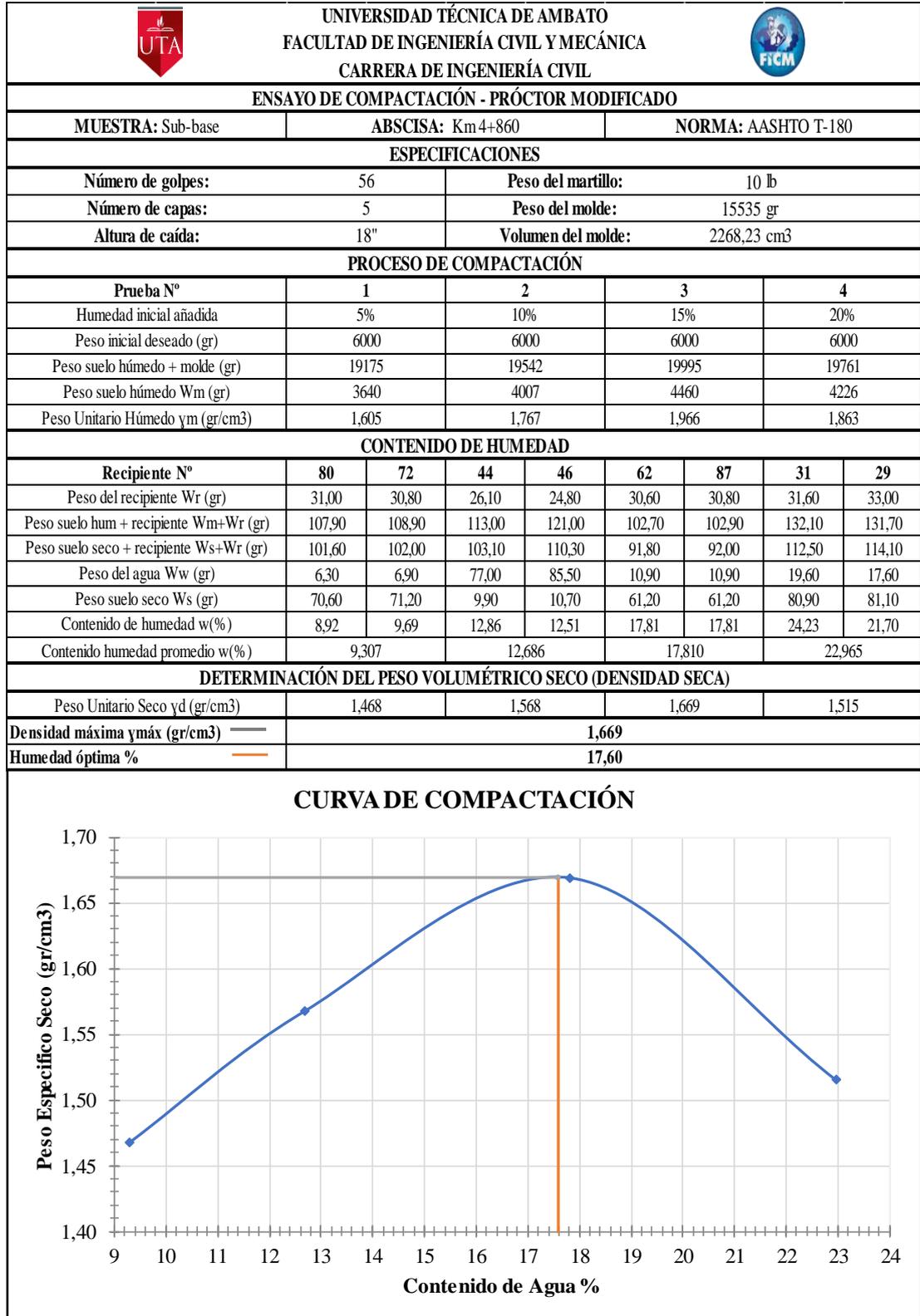
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-18. Límites de Atterberg calicata 2, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Sub-base	ABSCISA:	Km 4+860					
NORMAS:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	11	14	68	3	42	13	14	7
Peso muestra húmeda + rec (gr)	24,70	26,20	25,50	24,40	23,20	21,50	19,60	19,80
Peso muestra seca + rec (gr)	21,60	23,00	22,60	21,60	21,30	19,20	18,00	18,10
Peso recipiente (gr)	11,20	10,70	11,30	10,90	11,10	10,90	11,60	10,90
Peso agua (gr) Ww	3,10	3,20	2,90	2,80	1,90	2,30	1,60	1,70
Peso de los sólidos (gr) Ws	10,40	12,30	11,30	10,70	10,20	8,30	6,40	7,20
Contenido de humedad (w%)	29,81	26,02	25,66	26,17	18,63	27,71	25,00	23,61
Promedio de (w%)	27,91		25,92		23,17		24,31	
Número de golpes	7		15		27		32	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24,29							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	A3	5	77	7	24	11		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	9,70	8,40	8,90	8,40	7,00	7,10		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	9,20	8,20	8,60	8,20	6,90	6,90		
Peso recipiente Wrec (gr)	7,30	7,40	7,30	7,30	6,40	6,10		
Peso agua Ww (gr)	0,50	0,20	0,30	0,20	0,10	0,20		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,90	0,80	1,30	0,90	0,50	0,80		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	26,32	25,00	23,08	22,22	20,00	25,00		
Promedio de (w%)	23,60							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,60							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	0,69							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-19. Proctor modificado tipo B calicata 2, muestra sub-base



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

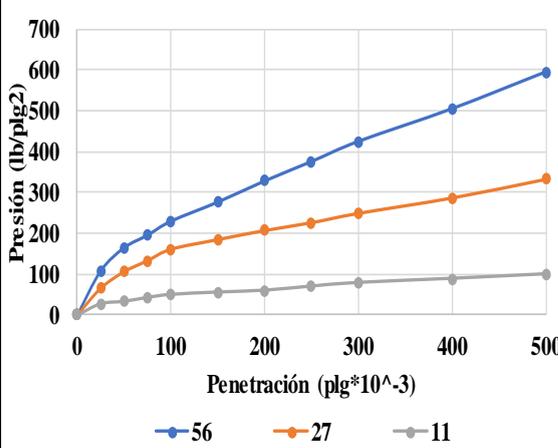
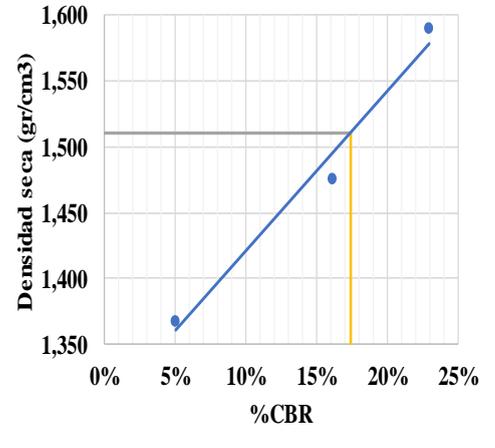
Anexo C-20. Compactación CBR calicata 2, muestra sub-base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Sub-base	Abscisa:	km 4+860			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	17,60%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	10910	11222	10953			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4479	4126	3946			
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38	2286,38	2286,38			
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,959	1,805	1,726			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	34	4	49	51	50	41
P. Hum. + Recipiente	166,6	122,4	138,4	145,1	134	141,8
P. Seco + Recipiente	146,9	109,7	123,4	128,2	118	125,8
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	19,7	12,7	15	16,9	16	16
Peso de Sólidos	114	77,7	90	96,3	85	93
Contenido Humedad %	17,28	16,34	16,67	17,55	18,82	17,20
Cont. Hum. Promedio %	16,81		17,11		18,01	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,677		1,541		1,462	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-21. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 2, muestra sub-base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de compresión simple (CONTROLS)			Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Sub-base		ABCISIA: Km 4+860				
Molde N°		C-1				C-2				C-3					
N° de golpes		56				27				11					
Tiempo		Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	
Leída	Corregida	Leída	Corregida	Leída	Corregida	Leída	Corregida	Leída	Corregida	Leída	Corregida	Leída	Corregida		
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			
0	0	25	733,00	244,33			364,20	121,40			145,80	48,60			
1	30	50	1082,60	360,87			470,90	156,97			193,80	64,60			
1	0	75	1353,90	451,30			564,40	188,13			233,60	77,87			
2	30	100	1636,60	545,53	545,53	54,55	644,40	214,80	214,80	21,48	273,30	91,10	91,1	9,11	
3	0	150	1999,50	666,50			750,30	250,10			309,70	103,23			
4	0	200	2318,80	772,93			869,90	289,97			345,10	115,03			
5	0	250	2590,60	863,53			977,10	325,70			370,40	123,47			
6	0	300	2766,20	922,07			1104,90	368,30			392,20	130,73			
8	0	400	3113,30	1037,77			1310,40	436,80			434,60	144,87			
10	0	500	3336,60	1112,20			1580,9	526,97			473,60	157,87			
C.B.R. corregido (%)						54,55						21,48		9,11	

GRÁFICOS CBR																			
<p style="text-align: center;">PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 	<p style="text-align: center;">DENSIDAD SECA vs. %CBR</p> 																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CBR (Resistencias)</th> <th colspan="2">DENSIDADES (gr/cm³)</th> <th>γ_{d,máx} (gr/cm³)</th> <th>1,677</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>54,55%</td> <td>Densidad 56</td> <td>1,677</td> <td>95% *(γ_{d,máx}) (gr/cm³)</td> <td>1,593</td> </tr> <tr> <td>21,48%</td> <td>Densidad 27</td> <td>1,541</td> <td rowspan="2"> CBR = </td> <td rowspan="2"> 35,56% </td> </tr> <tr> <td>9,11%</td> <td>Densidad 11</td> <td>1,462</td> </tr> </tbody> </table>	CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)		γ _{d,máx} (gr/cm ³)	1,677	54,55%	Densidad 56	1,677	95% *(γ _{d,máx}) (gr/cm ³)	1,593	21,48%	Densidad 27	1,541	CBR =	35,56%	9,11%	Densidad 11	1,462	
CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)		γ _{d,máx} (gr/cm ³)	1,677															
54,55%	Densidad 56	1,677	95% *(γ _{d,máx}) (gr/cm ³)	1,593															
21,48%	Densidad 27	1,541	CBR =	35,56%															
9,11%	Densidad 11	1,462																	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-22. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 2, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
MUESTRA: Sub-base		ABSCISA: Km 4+860					
ESPECIFICACIONES							
Método: B		Peso inicial de la muestra: 5000 gr					
Nº de esferas: 11		Temperatura de horno: 110 ± 5 °C					
Velocidad (rev/min): 30 - 35		Nº de revoluciones: 500					
Normas:	AASHTO T-96-77	INEN 860 861					
CARGA ABRASIVA							
Granulometría de ensayo	Número de esferas		Peso total (gr)				
A	12		5000 ± 25				
B	11		4584 ± 25				
C	8		3330 ± 20				
D	6		2500 ± 15				
GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
% Que pasa tamiz		% Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de muestra para ensayo (gr)			
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C	D
37,50	1 1/2"	25,00	1"	1250 ± 25			
25,00	1"	19,00	3/4"	1250 ± 25			
19,00	3/4"	12,50	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,50	1/2"	9,50	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,50	3/8"	6,30	1/4"			2500 ± 10	
6,30	1/4"	4,75	# 4			2500 ± 10	
4,75	# 4	2,36	# 8				5000 ± 10
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
Peso inicial de muestra lavado y secado al horno (gr)				5000			
Peso final retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno (gr)				2605,70			
Diferencia entre el peso inicial y peso final (gr)				2394,30			
Porcentaje perdido (%)				47,89			
Porcentaje de desgaste (%)				47,89			
GRÁFICA PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
<p>A pie chart illustrating the distribution of aggregate properties. The chart is divided into two equal halves. The left half, colored orange, represents 'Resistencia de agregados' at 52,11%. The right half, colored blue, represents 'Desgaste de agregados' at 47,89%.</p>							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 3

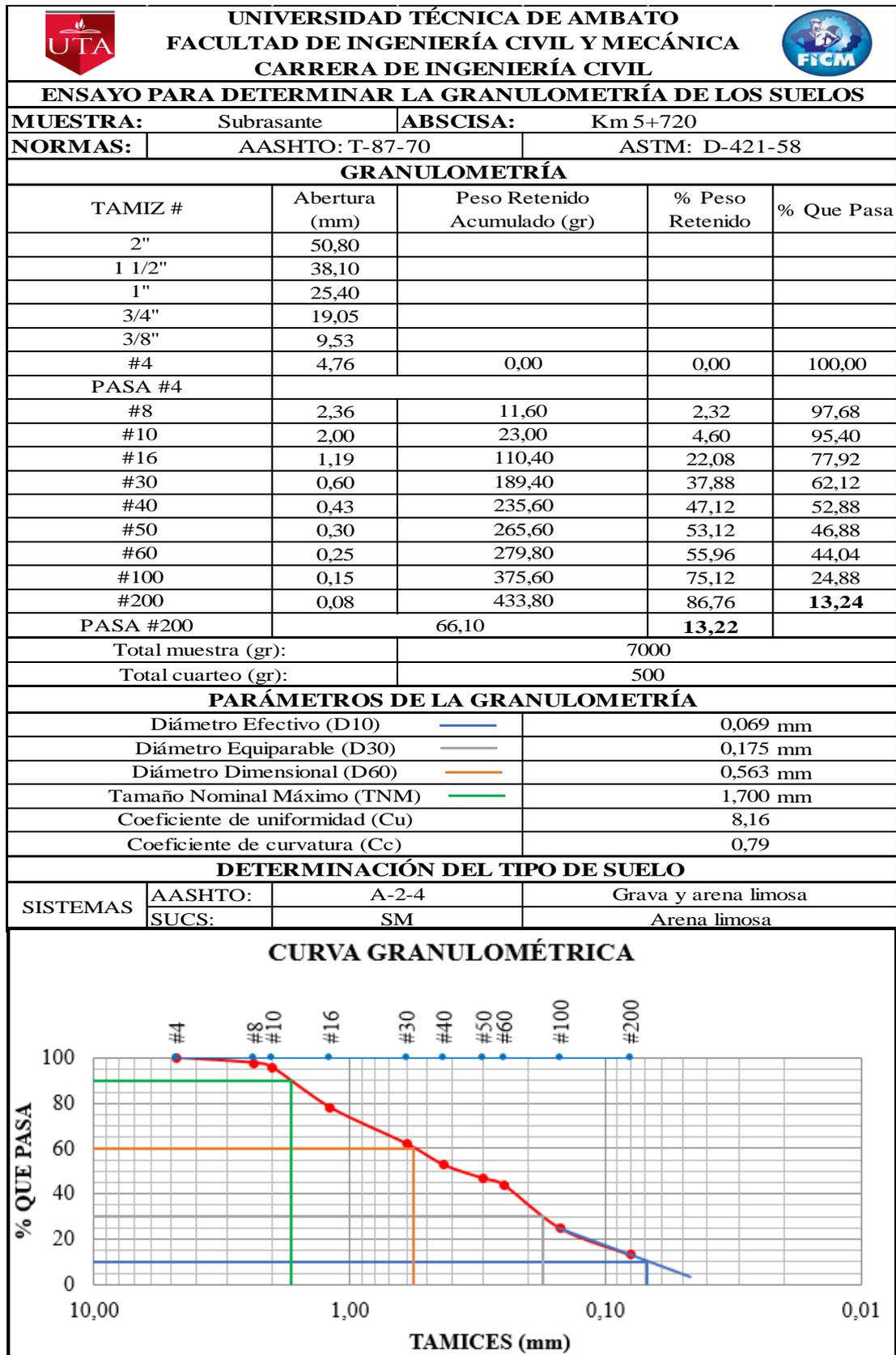
MUESTRA SUBRASANTE

UBICACIÓN: Abscisa 5+720

ENSAYOS:

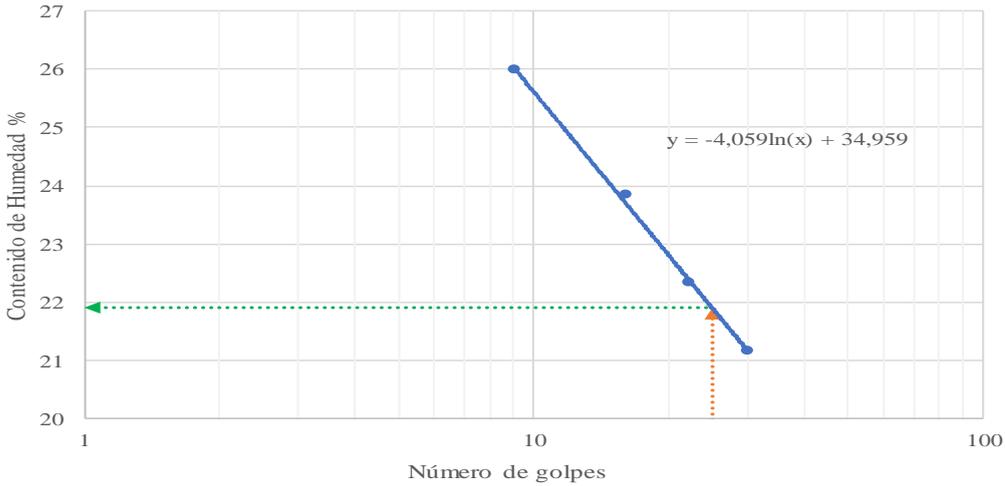
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR

Anexo C-23. Análisis granulométrico calicata 3, muestra subrasante



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

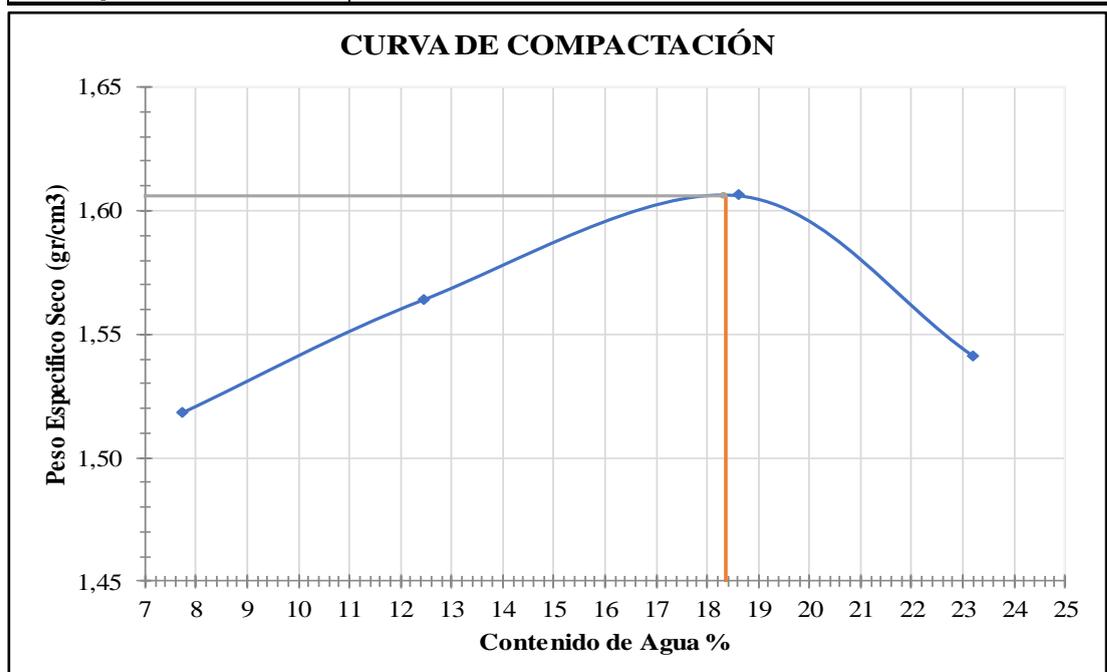
Anexo C-24. Límites de Atterberg calicata 3, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Subrasante			ABSCISA:	Km 5+720			
NORMAS:	AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691			
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	78	25	12	60	79	13	27	74
Peso muestra húmeda + rec (gr)	19,60	18,80	20,00	21,60	19,60	20,30	20,90	20,10
Peso muestra seca + rec (gr)	17,90	17,20	18,30	19,50	18,00	18,70	19,10	18,60
Peso recipiente (gr)	11,60	10,80	10,90	11,00	11,30	11,00	10,60	11,50
Peso agua (gr) Ww	1,70	1,60	1,70	2,10	1,60	1,60	1,80	1,50
Peso de los sólidos (gr) Ws	6,30	6,40	7,40	8,50	6,70	7,70	8,50	7,10
Contenido de humedad (w%)	26,98	25,00	22,97	24,71	23,88	20,78	21,18	21,13
Promedio de (w%)	25,99		23,84		22,33		21,15	
Número de golpes	9		16		22		30	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	21,89							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA CASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	31	4AL	6	10	15	2J		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	12,00	11,60	12,30	8,50	8,50	8,60		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	11,70	11,40	12,00	8,30	8,10	8,40		
Peso recipiente Wrec (gr)	10,40	10,50	10,40	7,30	6,00	7,40		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,20	0,30	0,20	0,40	0,20		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,30	0,90	1,60	1,00	2,10	1,00		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	23,08	22,22	18,75	20,00	19,05	20,00		
Promedio de (w%)	20,52							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	20,52							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,37							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-25. Proctor modificado tipo B calicata 3, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Subrasante	ABSCISA: Km 5+720	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15595 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2268,23 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	19306	19584	19916	19902				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3711	3989	4321	4307				
Peso Unitario Húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,636	1,759	1,905	1,899				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	T33	T34	31	32	29	30	16	23
Peso del recipiente W _r (gr)	7,20	7,70	7,30	6,80	7,30	7,30	7,60	7,50
Peso suelo hum + recipiente W _m +W _r (gr)	56,50	57,10	51,00	50,70	62,70	67,30	79,20	78,40
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r (gr)	53,30	53,20	46,00	46,00	53,90	58,00	64,50	66,30
Peso del agua W _w (gr)	3,20	3,90	38,70	39,20	8,80	9,30	14,70	12,10
Peso suelo seco W _s (gr)	46,10	45,50	5,00	4,70	46,60	50,70	56,90	58,80
Contenido de humedad w(%)	6,94	8,57	12,92	11,99	18,88	18,34	25,83	20,58
Contenido humedad promedio w(%)	7,756		12,455		18,614		23,207	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γ_d (gr/cm ³)	1,518	1,564	1,606	1,541				
Densidad máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³)	1,606							
Humedad óptima %	18,35							



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-26. Compactación CBR calicata 3, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R. ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 5+720			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	18,35%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	11975	10803	10514			
Peso Molde (gr)	7635	6727	6683			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4340	4076	3831			
Volumen Muestra (cm3)	2264,61	2268,33	2253,34			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,916	1,797	1,700			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	26	29	80	55	15	16
P. Hum. + Recipiente	139,1	118,2	113,7	131,7	140,9	137,7
P. Seco + Recipiente	122,3	104,8	100,8	116,2	123,2	120,7
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	16,8	13,4	12,9	15,5	17,7	17
Peso de Sólidos	89,4	72,8	67,4	84,3	90,2	87,9
Contenido Humedad %	18,79	18,41	19,14	18,39	19,62	19,34
Cont. Hum. Promedio %	18,60		18,76		19,48	
Densidad Seca (gr/cm3)	1,616		1,513		1,423	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-27. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 3, muestra subrasante

Máquina de compresión simple (CONTROLS)		Área del pistón: 3plg ²		NORMA: ASTM D 193-13		MUESTRA: Subrasante		ABSCISA: Km 5+720					
Molde N°		C-1		C-2		C-3							
N° de golpes		56		27		11							
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%		
		0	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00			
0	0	25	483,80	161,27		166,80	55,60		91,20	30,40			
1	30	50	669,60	223,20		278,60	92,87		101,60	33,87			
1	0	75	766,60	255,53		358,30	119,43		109,30	36,43			
2	30	100	853,80	284,60	28,46	429,90	143,30	14,33	116,90	38,97	3,90		
3	0	150	966,40	322,13		534,60	178,20		128,40	42,80			
4	0	200	1068,20	356,07		617,80	205,93		143,60	47,87			
5	0	250	1171,60	390,53		689,50	229,83		155,30	51,77			
6	0	300	1296,80	432,27		778,80	259,60		164,60	54,87			
8	0	400	1526,60	508,87		919,30	306,43		185,10	61,70			
10	0	500	1768,40	589,47		1046,7	348,90		202,60	67,53			
C.B.R. corregido (%)					28,46			14,33				3,90	

GRÁFICOS CBR																	
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p>	<p>DENSIDAD SECA vs. % CBR</p>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CBR (Resistencias)</th> <th>DENSIDADES (gr/cm³)</th> <th>γ_{d,max} (gr/cm³)</th> <th>1,616</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>28,46%</td> <td>Densidad 56</td> <td>1,616</td> <td>95% *(γ_{d,max}) (gr/cm³)</td> </tr> <tr> <td>14,33%</td> <td>Densidad 27</td> <td>1,513</td> <td rowspan="2">CBR =</td> </tr> <tr> <td>3,90%</td> <td>Densidad 11</td> <td>1,423</td> <td>17,85%</td> </tr> </tbody> </table>	CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)	γ _{d,max} (gr/cm ³)	1,616	28,46%	Densidad 56	1,616	95% *(γ _{d,max}) (gr/cm ³)	14,33%	Densidad 27	1,513	CBR =	3,90%	Densidad 11	1,423	17,85%	
CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)	γ _{d,max} (gr/cm ³)	1,616														
28,46%	Densidad 56	1,616	95% *(γ _{d,max}) (gr/cm ³)														
14,33%	Densidad 27	1,513	CBR =														
3,90%	Densidad 11	1,423		17,85%													

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 3

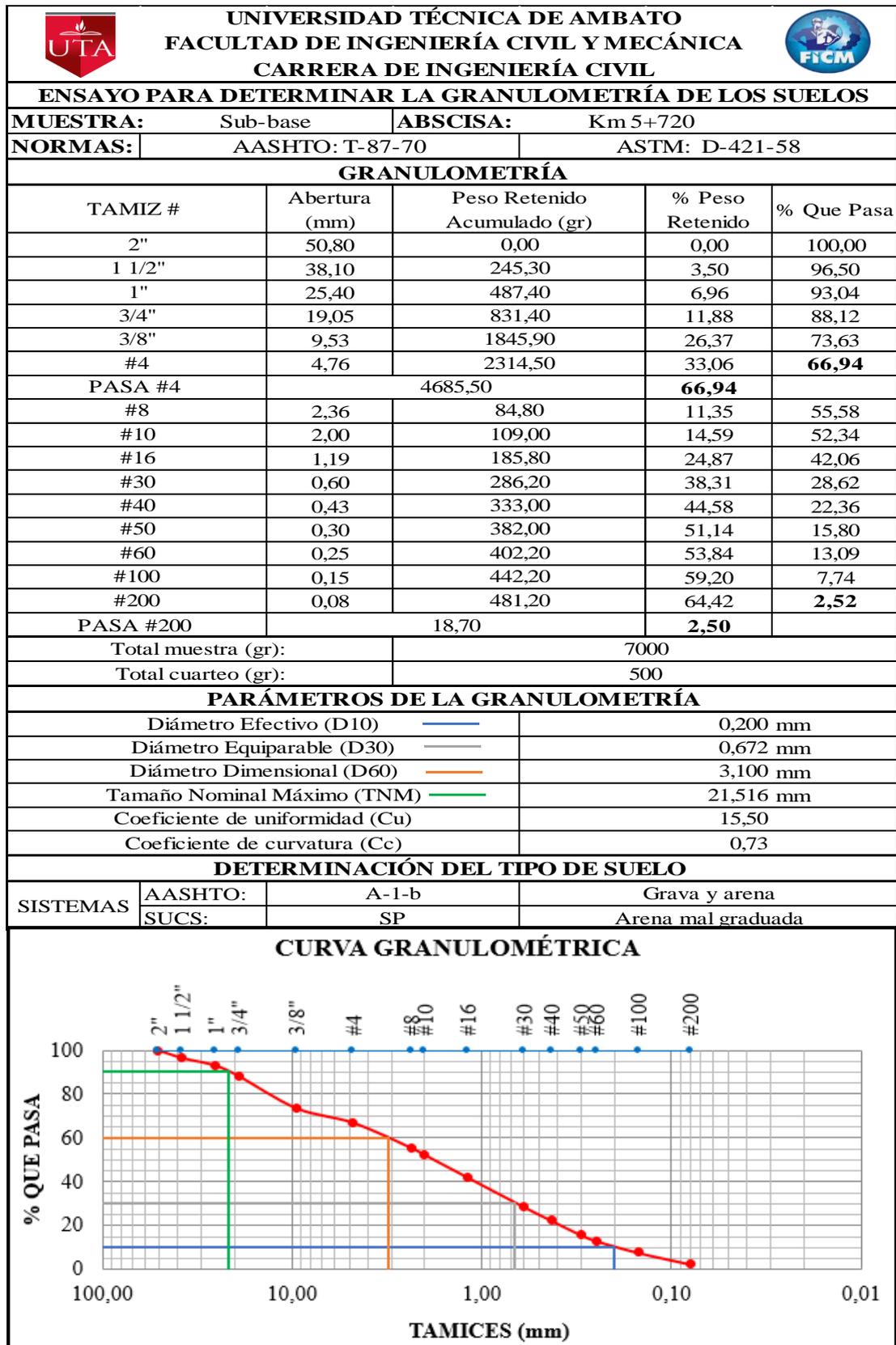
MUESTRA SUB-BASE

UBICACIÓN: Abscisa 5+720

ENSAYOS:

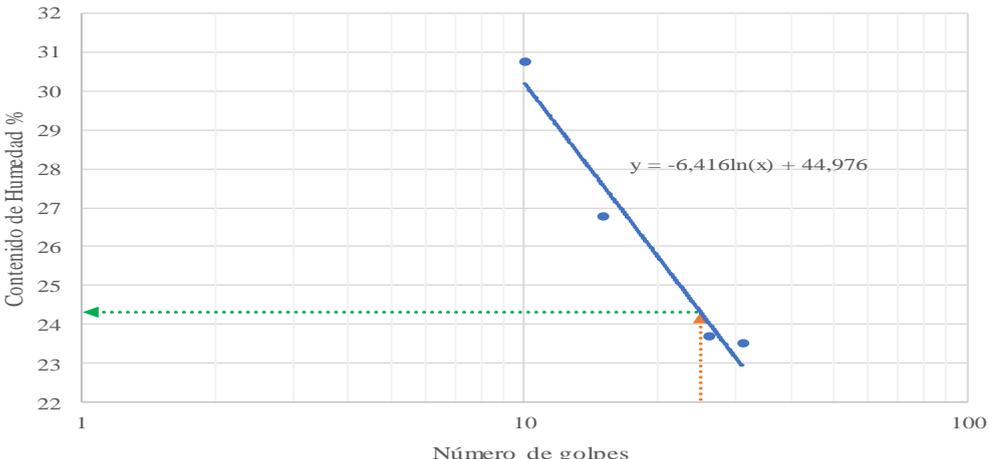
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR
- Desgaste por Abrasión

Anexo C-28. Análisis granulométrico calicata 3, muestra sub-base



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

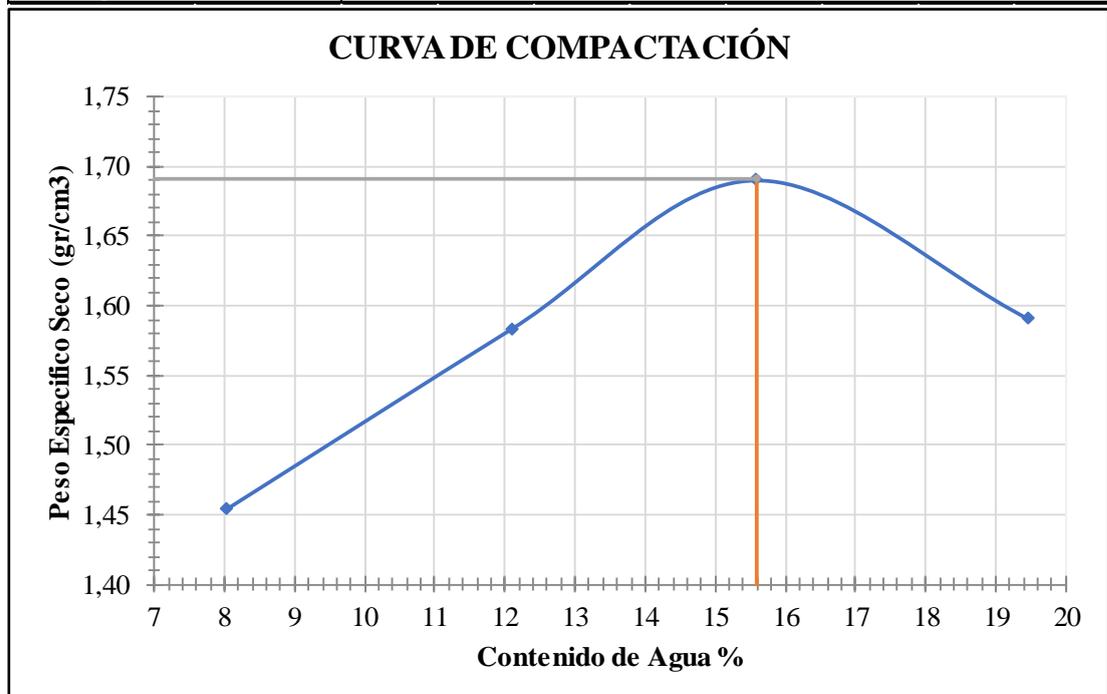
Anexo C-29. Límites de Atterberg calicata 3, muestra sub-base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA:	Sub-base		ABSCISA: Km 5+720					
NORMAS:	AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691			
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	7	12	79	72	13	8	60	41
Peso muestra húmeda + rec (gr)	18,80	18,40	18,40	17,70	18,30	20,80	18,30	20,80
Peso muestra seca + rec (gr)	17,00	16,90	16,90	16,50	16,90	19,00	16,90	18,90
Peso recipiente (gr)	11,40	11,80	11,20	12,10	11,00	11,40	10,90	10,90
Peso agua (gr) Ww	1,80	1,50	1,50	1,20	1,40	1,80	1,40	1,90
Peso de los sólidos (gr) Ws	5,60	5,10	5,70	4,40	5,90	7,60	6,00	8,00
Contenido de humedad (w%)	32,14	29,41	26,32	27,27	23,73	23,68	23,33	23,75
Promedio de (w%)	30,78		26,79		23,71		23,54	
Número de golpes	10		15		26		31	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24,32							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	60	61	2	4	66	41		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	6,50	6,40	5,80	4,90	6,00	7,20		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	6,20	6,20	5,60	4,80	5,90	7,10		
Peso recipiente Wrec (gr)	5,10	5,30	4,80	4,20	5,50	6,60		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,10	0,90	0,80	0,60	0,40	0,50		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	27,27	22,22	25,00	16,67	25,00	20,00		
Promedio de (w%)	22,69							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	22,69							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,63							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-30. Proctor modificado tipo B calicata 3, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Sub-base	ABSCISA: Km 5+720	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15129 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2322,67 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	4%	8%	12%	16%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	18777	19252	19666	19543				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3648	4123	4537	4414				
Peso Unitario Húmedo ym (gr/cm ³)	1,571	1,775	1,953	1,900				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	56	5	27	23	33	76	20	71
Peso del recipiente Wr (gr)	30,50	24,20	25,20	31,10	25,10	30,70	24,60	30,60
Peso suelo hum + recipiente Wm+Wr (gr)	115,30	117,10	114,80	114,70	116,80	115,70	126,70	124,10
Peso suelo seco + recipiente Ws+Wr (gr)	109,00	110,20	105,00	105,80	104,50	104,20	109,80	109,10
Peso del agua Ww (gr)	6,30	6,90	79,80	74,70	12,30	11,50	16,90	15,00
Peso suelo seco Ws (gr)	78,50	86,00	9,80	8,90	79,40	73,50	85,20	78,50
Contenido de humedad w(%)	8,03	8,02	12,28	11,91	15,49	15,65	19,84	19,11
Contenido humedad promedio w(%)	8,024		12,098		15,569		19,472	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco yd (gr/cm ³)	1,454		1,584		1,690		1,591	
Densidad máxima ymáx (gr/cm ³)	—		1,691					
Humedad óptima %	—		15,60					



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

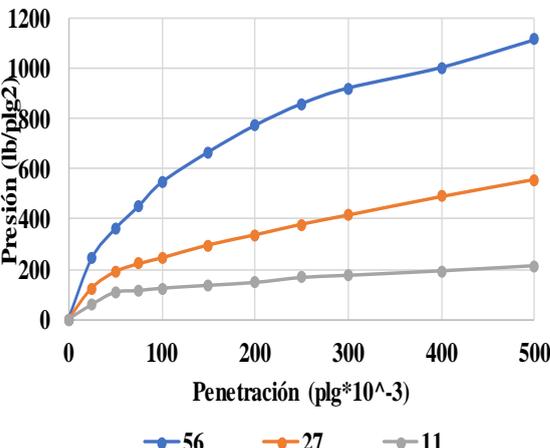
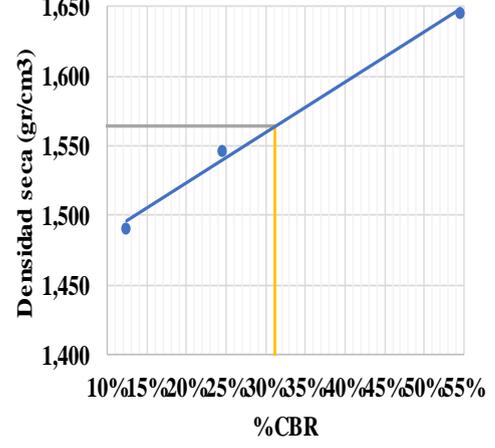
Anexo C-31. Compactación CBR calicata 3, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Sub-base	Abscisa:	km 5+720			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	15,60%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	11878	10882	11298			
Peso Molde (gr)	7575	6730	7414			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4303	4152	3884			
Volumen Muestra (cm ³)	2256,40	2304,53	2238,49			
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,907	1,802	1,735			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	80	44	87	31	19	18
P. Hum. + Recipiente	106,6	109,9	128,6	123,7	108,4	114,5
P. Seco + Recipiente	95,4	99,4	115,9	109,3	96,5	101,8
Peso Recipiente	30,9	26,1	30,8	29,5	24,1	24,3
Peso Agua	11,2	10,5	12,7	14,4	11,9	12,7
Peso de Sólidos	64,5	73,3	85,1	79,8	72,4	77,5
Contenido Humedad %	17,36	14,32	14,92	18,05	16,44	16,39
Cont. Hum. Promedio %	15,84		16,48		16,41	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,646		1,547		1,490	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-32. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 3, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN 													
Máquina de compresión simple (CONTROLS)			Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Sub-base			ABSCISA: Km 5+720	
Molde N°		C-1			C-2			C-3					
N° de golpes		56			27			11					
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%
		0	0,00	0,00		0,00	0,00			0,00	0,00		
0	0	25	727,00	242,33		372,70	124,23			174,80	58,27		
1	30	50	1078,60	359,53		565,90	188,63			322,60	107,53		
1	0	75	1348,90	449,63		663,30	221,10			342,20	114,07		
2	30	100	1636,70	545,57	54,56	733,30	244,43	24,44	24,44	371,30	123,77	123,8	12,38
3	0	150	2000,50	666,83		888,60	296,20			405,80	135,27		
4	0	200	2318,80	772,93		1008,80	336,27			440,30	146,77		
5	0	250	2578,10	859,37		1136,90	378,97			500,10	166,70		
6	0	300	2766,20	922,07		1246,90	415,63			526,20	175,40		
8	0	400	3013,30	1004,43		1468,80	489,60			580,10	193,37		
10	0	500	3344,30	1114,77		1673,3	557,77			641,80	213,93		
C.B.R. corregido (%)						54,56				24,44			12,38

GRÁFICOS CBR			
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 		<p>% CBR vs. DENSIDAD SECA</p> 	
<p>CBR (Resistencias)</p> <p>54,56%</p> <p>24,44%</p> <p>12,38%</p>		<p>DENSIDADES (gr/cm³)</p> <p>Densidad 56: 1,646</p> <p>Densidad 27: 1,547</p> <p>Densidad 11: 1,490</p>	
		<p>yd_{máx} (gr/cm³): 1,646</p> <p>95% *(yd_{máx}) (gr/cm³): 1,564</p> <p>CBR = 31,21%</p>	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-33. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 3, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
MUESTRA: Sub-base		ABSCISA: Km 5+720					
ESPECIFICACIONES							
Método: B		Peso inicial de la muestra: 5000 gr					
N° de esferas: 11		Temperatura de horno: 110 ± 5 °C					
Velocidad (rev/min): 30 - 35		N° de revoluciones: 500					
Normas:	AASHTO T-96-77	INEN 860 861					
CARGA ABRASIVA							
Granulometría de ensayo	Número de esferas		Peso total (gr)				
A	12		5000 ± 25				
B	11		4584 ± 25				
C	8		3330 ± 20				
D	6		2500 ± 15				
GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
% Que pasa tamiz		% Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de muestra para ensayo (gr)			
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C	D
37,50	1 1/2"	25,00	1"	1250 ± 25			
25,00	1"	19,00	3/4"	1250 ± 25			
19,00	3/4"	12,50	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,50	1/2"	9,50	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,50	3/8"	6,30	1/4"			2500 ± 10	
6,30	1/4"	4,75	# 4			2500 ± 10	
4,75	# 4	2,36	# 8				5000 ± 10
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
Peso inicial de muestra lavado y secado al horno (gr)				5000			
Peso final retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno (gr)				2552,60			
Diferencia entre el peso inicial y peso final (gr)				2447,40			
Porcentaje perdido (%)				48,95			
Porcentaje de desgaste (%)				48,95			
GRÁFICA PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
<p>A pie chart illustrating the percentage of abrasion. The chart is divided into two equal halves. The left half is orange and labeled 'Resistencia de agregados 51,05%'. The right half is blue and labeled 'Desgaste de agregados 48,95%'.</p>							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 4

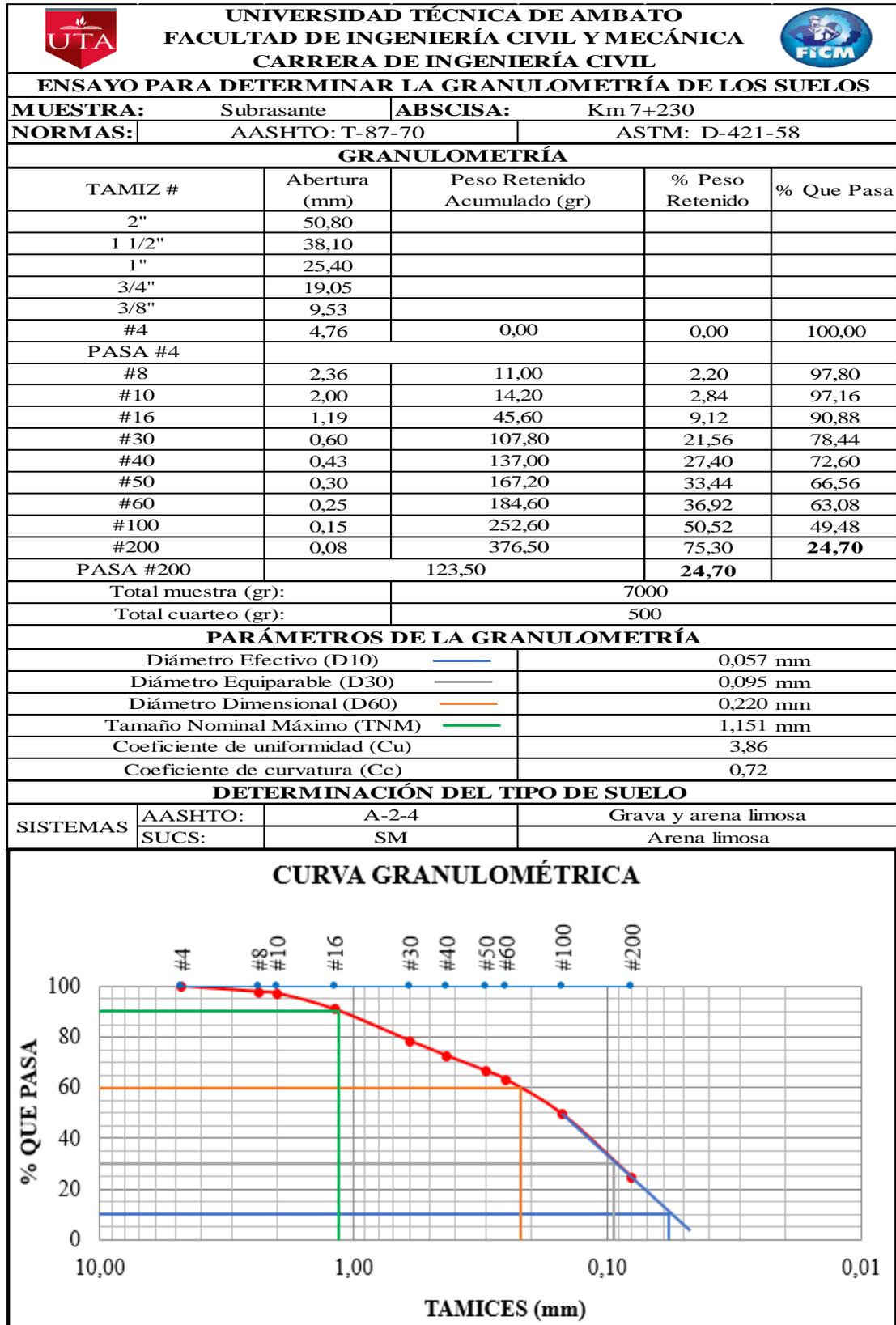
MUESTRA SUBRASANTE

UBICACIÓN: Abscisa 7+230

ENSAYOS:

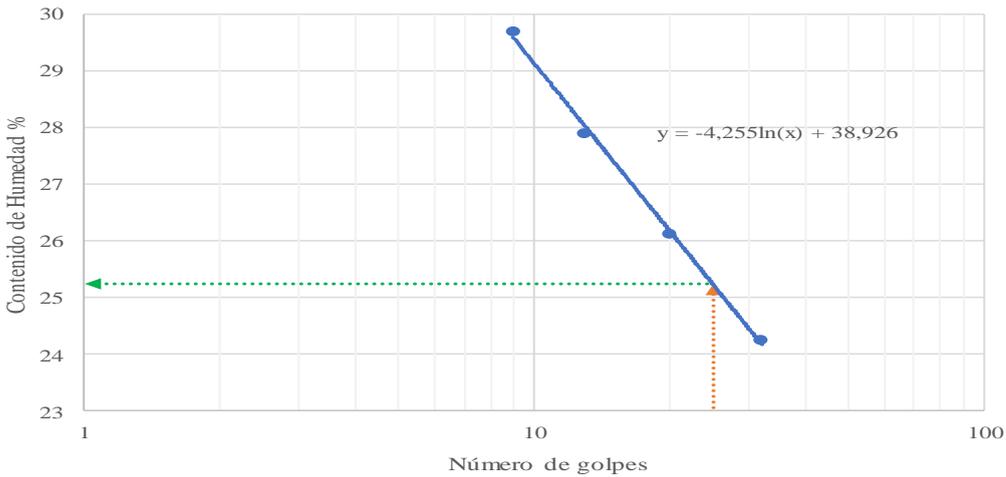
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR

Anexo C-34. Análisis granulométrico calicata 4, muestra subrasante



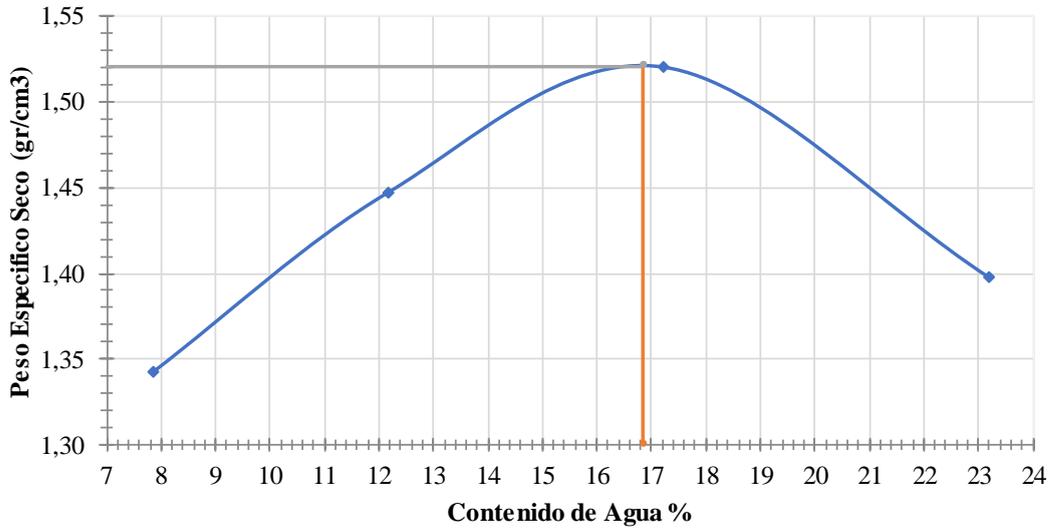
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-35. Límites de Atterberg calicata 4, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA: Subrasante		ABSCISA: Km 7+230						
NORMAS:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	64	9	32	79	75	20	25	62
Peso muestra húmeda + rec (gr)	20,20	20,80	19,10	19,70	19,40	19,60	25,10	20,60
Peso muestra seca + rec (gr)	18,10	18,60	17,40	17,80	17,60	17,90	22,20	18,80
Peso recipiente (gr)	11,20	11,00	11,10	11,20	10,80	11,30	10,80	11,00
Peso agua (gr) Ww	2,10	2,20	1,70	1,90	1,80	1,70	2,90	1,80
Peso de los sólidos (gr) Ws	6,90	7,60	6,30	6,60	6,80	6,60	11,40	7,80
Contenido de humedad (w%)	30,43	28,95	26,98	28,79	26,47	25,76	25,44	23,08
Promedio de (w%)	29,69		27,89		26,11		24,26	
Número de golpes	9		13		20		32	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	25,23							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	17	6	5	49	12	14		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	6,20	6,80	7,00	6,70	7,00	6,70		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	5,90	6,60	6,90	6,60	6,80	6,50		
Peso recipiente Wrec (gr)	4,60	5,60	6,40	6,20	6,10	5,60		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,30	1,00	0,50	0,40	0,70	0,90		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	23,08	20,00	20,00	25,00	28,57	22,22		
Promedio de (w%)	23,15							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,15							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	2,08							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-36. Proctor modificado tipo B calicata 4, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Subrasante	ABSCISA: Km 7+230	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15253 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2304,52 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	18590	18993	19359	19220				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3337	3740	4106	3967				
Peso Unitario Húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,448	1,623	1,782	1,721				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	1ET	2ET	3ET	4ET	5ET	6ET	7ET	8ET
Peso del recipiente W _r (gr)	33,00	32,80	33,40	31,90	32,90	32,00	32,20	33,40
Peso suelo hum + recipiente W _m +W _r (gr)	143,00	147,00	117,10	98,60	134,30	142,40	178,00	170,30
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r (gr)	134,50	139,20	107,50	91,80	119,60	126,00	150,70	144,40
Peso del agua W _w (gr)	8,50	7,80	74,10	59,90	14,70	16,40	27,30	25,90
Peso suelo seco W _s (gr)	101,50	106,40	9,60	6,80	86,70	94,00	118,50	111,00
Contenido de humedad w(%)	8,37	7,33	12,96	11,35	16,96	17,45	23,04	23,33
Contenido humedad promedio w(%)	7,853		12,154		17,201		23,186	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γ_d (gr/cm ³)	1,343	1,447	1,520	1,397				
Densidad máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³)				1,521				
Humedad óptima %				16,85				
CURVA DE COMPACTACIÓN								
 <p>The graph plots Dry Specific Weight (gr/cm³) on the y-axis (ranging from 1.30 to 1.55) against Water Content (%) on the x-axis (ranging from 7 to 24). A blue curve shows the relationship, peaking at approximately 16.85% water content and 1.521 gr/cm³ dry specific weight. A vertical orange line marks the peak of the curve.</p>								

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

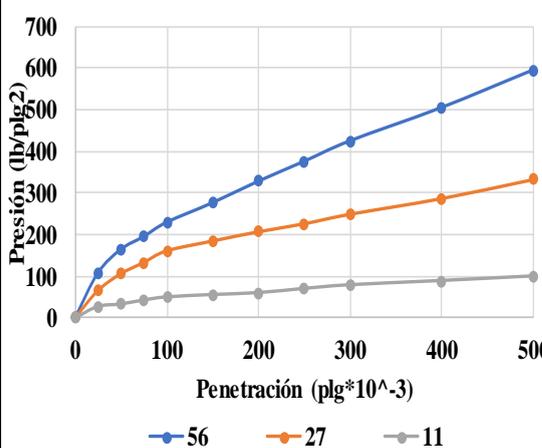
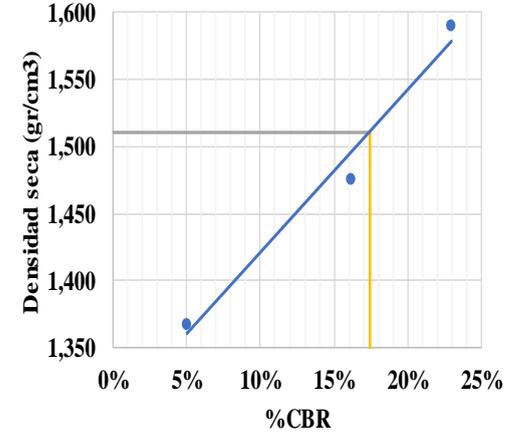
Anexo C-37. Compactación CBR calicata 4, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 7+230			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	16,85%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	10650	11009	10651			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4219	3913	3644			
Volumen Muestra (cm3)	2286,38	2286,38	2286,38			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,845	1,711	1,594			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	5	6	3	4	1	2
P. Hum. + Recipiente	148,3	141,8	170,2	191,3	187,5	199,4
P. Seco + Recipiente	132,4	126,6	151,7	168,9	165,5	176
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	15,9	15,2	18,5	22,4	22	23,4
Peso de Sólidos	99,5	94,6	118,3	137	132,5	143,2
Contenido Humedad %	15,98	16,07	15,64	16,35	16,60	16,34
Cont. Hum. Promedio %	16,02		15,99		16,47	
Densidad Seca (gr/cm3)	1,590		1,475		1,368	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-38. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 4, muestra subrasante

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN 															
Máquina de compresión simple (CONTROLS)			Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Subrasante			ABSCISA: Km 7+230			
Molde N°		C-1					C-2					C-3			
N° de golpes		56					27					11			
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones			C.B.R.	Q carga	Presiones			C.B.R.	Q carga	Presiones		
			Leída	Corregida				Leída	Corregida				Leída	Corregida	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			
0	0	25	323,60	107,87			196,80	65,60			82,70	27,57			
1	30	50	493,80	164,60			318,60	106,20			99,80	33,27			
1	0	75	586,30	195,43			399,80	133,27			128,50	42,83			
2	30	100	688,60	229,53	229,53	22,95	483,60	161,20	161,20	16,12	150,30	50,10	50,1	5,01	
3	0	150	828,90	276,30			554,20	184,73			167,20	55,73			
4	0	200	983,70	327,90			620,80	206,93			180,60	60,20			
5	0	250	1126,40	375,47			678,30	226,10			210,50	70,17			
6	0	300	1273,90	424,63			746,80	248,93			236,80	78,93			
8	0	400	1513,80	504,60			859,60	286,53			266,50	88,83			
10	0	500	1783,60	594,53			996,4	332,13			299,10	99,70			
C.B.R. corregido (%)						22,95				16,12				5,01	

GRÁFICOS CBR			
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 		<p>DENSIDAD SECA vs. % CBR</p> 	
<p>CBR (Resistencias)</p>		<p>DENSIDADES (gr/cm³)</p>	
<p>22,95%</p>		<p>Densidad 56</p>	
<p>16,12%</p>		<p>Densidad 27</p>	
<p>5,01%</p>		<p>Densidad 11</p>	
		<p>γ_{d,máx} (gr/cm³)</p>	
		<p>1,590</p>	
		<p>95% *(γ_{d,máx}) (gr/cm³)</p>	
		<p>1,511</p>	
		<p>CBR =</p>	
		<p>17,41%</p>	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

CALICATA 4

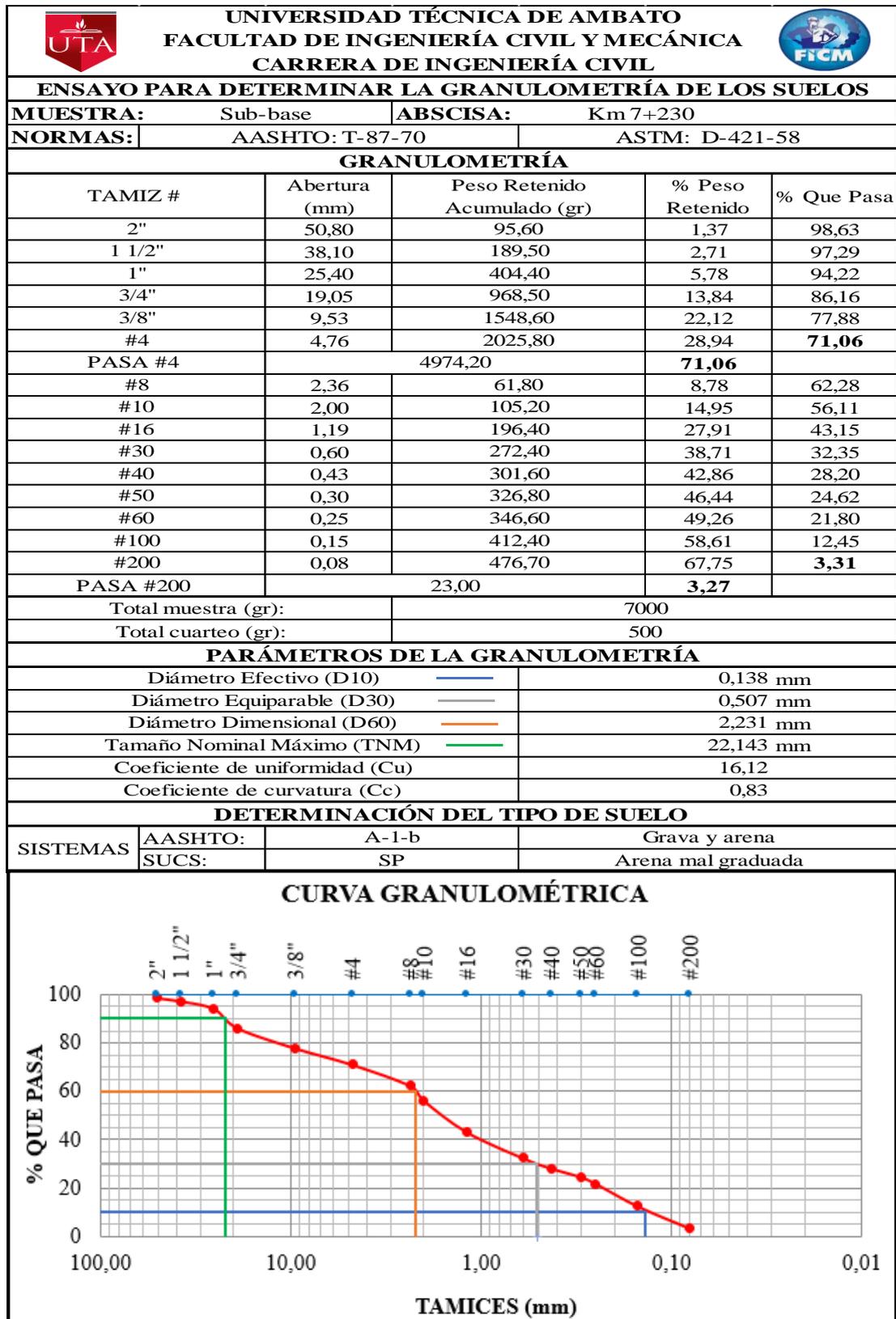
MUESTRA SUB-BASE

UBICACIÓN: Abscisa 7+230

ENSAYOS:

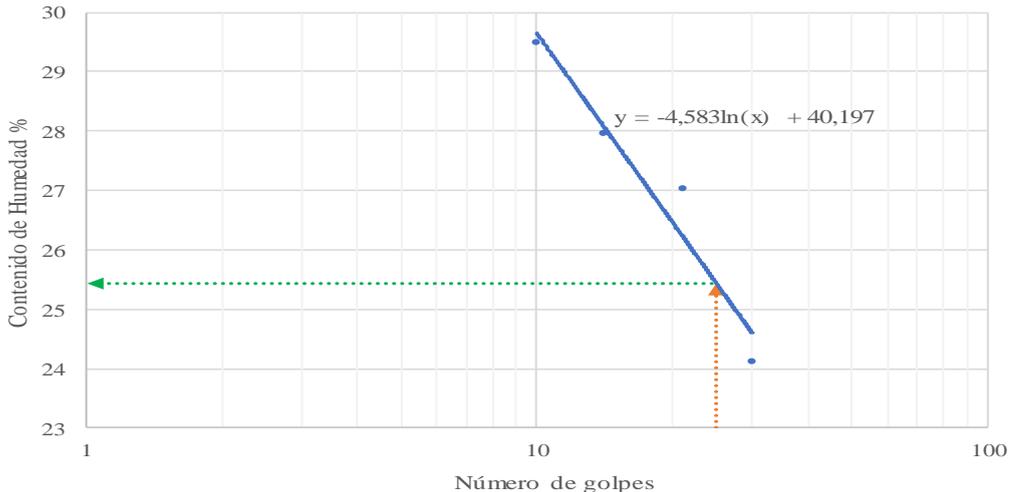
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- Carga - Penetración para CBR
- Desgaste por Abrasión

Anexo C-39. Análisis granulométrico calicata 4, muestra sub-base



Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-40. Límites de Atterberg calicata 4, muestra sub-base

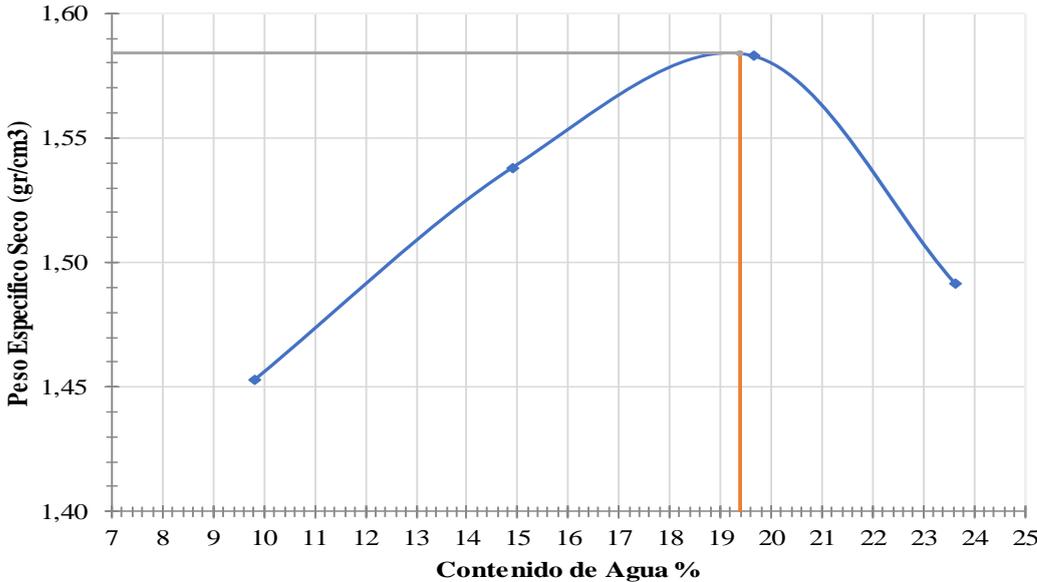
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
MUESTRA: Sub-base		ABSCISA: Km 7+230						
NORMAS:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	73	6	78	17	38	27	16	2
Peso muestra húmeda + rec (gr)	21,10	19,60	19,80	21,90	18,10	19,80	16,70	18,80
Peso muestra seca + rec (gr)	18,80	17,80	17,90	19,60	16,60	18,00	15,60	17,30
Peso recipiente (gr)	11,00	11,70	10,90	11,60	11,00	11,40	11,10	11,00
Peso agua (gr) Ww	2,30	1,80	1,90	2,30	1,50	1,80	1,10	1,50
Peso de los sólidos (gr) Ws	7,80	6,10	7,00	8,00	5,60	6,60	4,50	6,30
Contenido de humedad (w%)	29,49	29,51	27,14	28,75	26,79	27,27	24,44	23,81
Promedio de (w%)	29,50		27,95		27,03		24,13	
Número de golpes	10		14		21		30	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	25,44							
<p style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)</p> 								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	1	5	14	8	7	1		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	5,90	7,30	7,40	5,50	8,00	5,40		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	5,60	7,00	7,10	5,30	7,80	5,20		
Peso recipiente Wrec (gr)	4,20	5,80	6,00	4,20	7,00	4,30		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,40	1,20	1,10	1,10	0,80	0,90		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	21,43	25,00	27,27	18,18	25,00	22,22		
Promedio de (w%)	23,18							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,18							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	2,26							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-41. Proctor modificado tipo B calicata 4, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
MUESTRA: Sub-base	ABSCISA: Km 7+230	NORMA: AASHTO T-180						
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15129 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2322,67 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	18835	19234	19529	19413				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3706	4105	4400	4284				
Peso Unitario Húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,596	1,767	1,894	1,844				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	9ET	10ET	11ET	12ET	13ET	14ET	15ET	16ET
Peso del recipiente W _r (gr)	30,00	33,60	33,10	31,20	26,10	24,80	26,10	24,80
Peso suelo hum + recipiente W _m +W _r (gr)	119,90	131,60	111,20	115,80	77,30	79,50	75,10	69,40
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r (gr)	111,80	122,90	101,00	104,90	68,90	70,50	65,70	60,90
Peso del agua W _w (gr)	8,10	8,70	67,90	73,70	8,40	9,00	9,40	8,50
Peso suelo seco W _s (gr)	81,80	89,30	10,20	10,90	42,80	45,70	39,60	36,10
Contenido de humedad w(%)	9,90	9,74	15,02	14,79	19,63	19,69	23,74	23,55
Contenido humedad promedio w(%)	9,822		14,906		19,660		23,642	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γ_d (gr/cm ³)	1,453	1,538	1,583	1,492				
Densidad máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³)				1,584				
Humedad óptima %				19,40				

CURVA DE COMPACTACIÓN



The graph plots Dry Density (Peso Especifico Seco) in gr/cm³ on the y-axis (ranging from 1.40 to 1.60) against Water Content (Contenido de Agua) in % on the x-axis (ranging from 7 to 25). A blue curve shows the relationship, peaking at approximately 19.40% water content and 1.584 gr/cm³ dry density. A vertical orange line marks the peak at 19.40% water content.

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

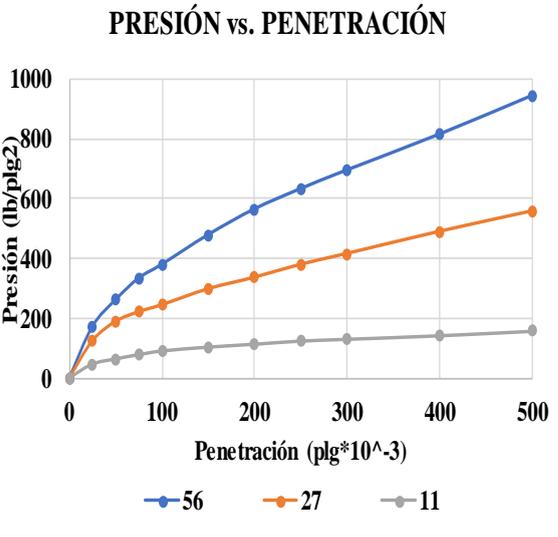
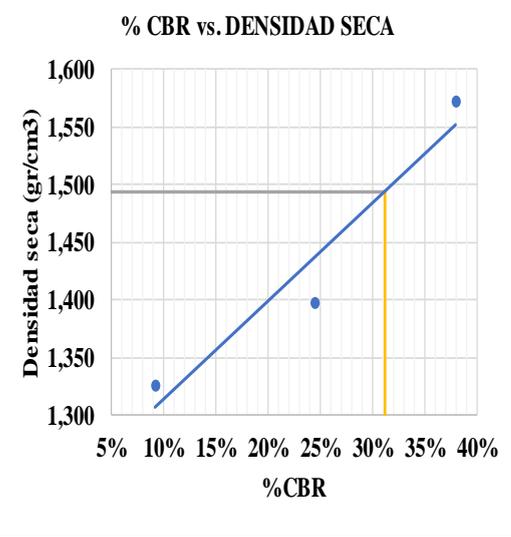
Anexo C-42. Compactación CBR calicata 4, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO C.B.R.						
ESPECIFICACIONES						
Muestra:	Sub-base	Abscisa:	km 7+230			
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	19,40%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	10733	10943	10651			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4302	3847	3644			
Volumen Muestra (cm ³)	2264,61	2268,33	2253,34			
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,900	1,696	1,617			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	11	12	9	10	7	8
P. Hum. + Recipiente	117,1	169	146,2	156	160,3	144,1
P. Seco + Recipiente	102,4	145,7	126,1	134	137,1	124,3
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	14,7	23,3	20,1	22	23,2	19,8
Peso de Sólidos	69,3	114,5	96,1	100,4	104,9	90,9
Contenido Humedad %	21,21	20,35	20,92	21,91	22,12	21,78
Cont. Hum. Promedio %	20,78		21,41		21,95	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,573		1,397		1,326	

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-43. Ensayo Carga - Penetración para CBR calicata 4, muestra sub-base

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																									
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)												Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: Sub-base			ABCISA: Km 7+230						
Molde N°			C-1					C-2					C-3														
N° de golpes			56					27					11														
Tiempo		Penetración		Q carga		Presiones		C.B.R.		Q carga		Presiones		C.B.R.		Q carga		Presiones		C.B.R.							
						Leída Corregida						Leída Corregida						Leída Corregida									
min.	seg.	plg*10 ⁻³		lb		lb/plg ²		%		lb		lb/plg ²		%		lb		lb/plg ²		%							
		0	0,00	0,00						0,00	0,00					0,00	0,00										
0	0	25	516,00	172,00						372,70	124,23					142,30	47,43										
1	30	50	783,60	261,20						565,90	188,63					194,80	64,93										
1	0	75	1000,80	333,60						663,30	221,10					238,70	79,57										
2	30	100	1138,80	379,60	379,60	37,96				733,30	244,43	244,43	24,44			276,60	92,20	92,2	9,22								
3	0	150	1435,70	478,57						893,20	297,73					316,20	105,40										
4	0	200	1693,60	564,53						1008,80	336,27					345,80	115,27										
5	0	250	1897,40	632,47						1138,50	379,50					378,10	126,03										
6	0	300	2084,60	694,87						1246,90	415,63					396,30	132,10										
8	0	400	2443,90	814,63						1468,80	489,60					432,80	144,27										
10	0	500	2830,60	943,53						1673,3	557,77					478,30	159,43										
C.B.R. corregido (%)								37,96								24,44								9,22			

GRÁFICOS CBR							
 <p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p>		 <p>% CBR vs. DENSIDAD SECA</p>					
CBR (Resistencias)		DENSIDADES (gr/cm ³)		y _d _{máx} (gr/cm ³)		1,573	
37,96%		Densidad 56		1,573		95% *(y _d _{máx}) (gr/cm ³)	
24,44%		Densidad 27		1,397		CBR =	
9,22%		Densidad 11		1,326			

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo C-44. Ensayo de desgaste por Abrasión calicata 4, muestra sub-base

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
MUESTRA: Sub-base		ABSCISA: Km 7+230					
ESPECIFICACIONES							
Método: B		Peso inicial de la muestra: 5000 gr					
Nº de esferas: 11		Temperatura de horno: 110 ± 5 °C					
Velocidad (rev/min): 30 - 35		Nº de revoluciones: 500					
Normas:	AASHTO T-96-77		INEN 860 861				
CARGA ABRASIVA							
Granulometría de ensayo	Número de esferas		Peso total (gr)				
A	12		5000 ± 25				
B	11		4584 ± 25				
C	8		3330 ± 20				
D	6		2500 ± 15				
GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO							
% Que pasa tamiz		% Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de muestra para ensayo (gr)			
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C	D
37,50	1 1/2"	25,00	1"	1250 ± 25			
25,00	1"	19,00	3/4"	1250 ± 25			
19,00	3/4"	12,50	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,50	1/2"	9,50	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,50	3/8"	6,30	1/4"			2500 ± 10	
6,30	1/4"	4,75	# 4			2500 ± 10	
4,75	# 4	2,36	# 8				5000 ± 10
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
Peso inicial de muestra lavado y secado al horno (gr)					5000		
Peso final retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno (gr)					2490,80		
Diferencia entre el peso inicial y peso final (gr)					2509,20		
Porcentaje perdido (%)					50,18		
Porcentaje de desgaste (%)					50,18		
GRÁFICA PORCENTAJE DE ABRASIÓN							
 <p>Resistencia de agregados 49,82%</p> <p>Desgaste de agregados 50,18%</p>							

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

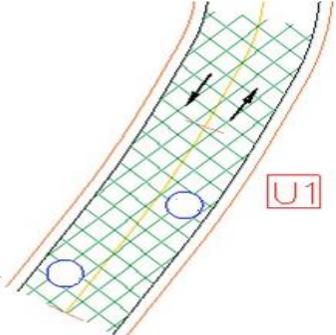
ANEXO D

ÍNDICE DE

CONDICIÓN DEL

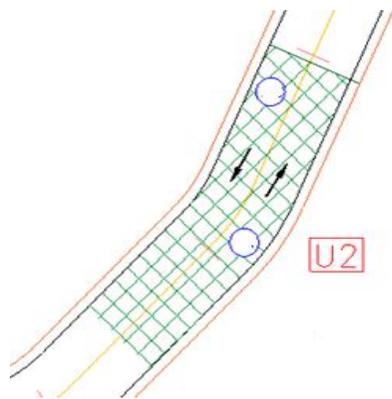
PAVIMENTO (PCI)

Anexo D-1. Índice de condición del pavimento - muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="3+500"/>			N°							
ABSCISA FINAL <input type="text" value="3+530"/>			Fallas							
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="1"/>			Unidad							
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			1 Piel de cocodrilo m ²							
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			2 Exudación m ²							
TRAMO <input type="text" value="1"/>			3 Agrietamiento en bloque m ²							
			4 Desnivel localizado m							
			5 Corrugación m ²							
			6 Depresión m ²							
			7 Grieta de borde m							
			8 Grieta de reflexión de junta m							
			9 Desnivel carril / espaldón m							
			10 Grietas longitudinales y transversales m							
			11 Parche m ²							
			12 Agregado pulido m ²							
			13 Huecos U							
			14 Cruce de ferrocarril m ²							
			15 Ahuellamiento m ²							
			16 Desplazamiento m ²							
			17 Grieta parabólica m ²							
			18 Hinchamiento m ²							
			19 Desprendimiento de agregados m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10			X	4,15				4,15	1,869	0
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									0,00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									100,00	

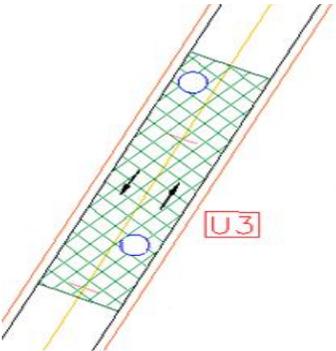
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-2. Índice de condición del pavimento - muestra 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="3+800"/>			N°	Fallas		Unidad				
ABSCISA FINAL <input type="text" value="3+830"/>			1	Piel de cocodrilo		m ²				
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="2"/>			2	Exudación		m ²				
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque		m ²				
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado		m				
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación		m ²				
			6	Depresión		m ²				
			7	Grieta de borde		m				
			8	Grieta de reflexión de junta		m				
			9	Desnivel carril / espaldón		m				
			10	Grietas longitudinales y transversales		m				
			11	Parche		m ²				
			12	Agregado pulido		m ²				
			13	Huecos		U				
			14	Cruce de ferrocarril		m ²				
			15	Ahuellamiento		m ²				
			16	Desplazamiento		m ²				
			17	Grieta parabólica		m ²				
			18	Hinchamiento		m ²				
			19	Desprendimiento de agregados		m ²				
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10			X	2,4				2,4	1,081	0
11			X	0,6				0,6	0,270	0
12			X	6,1				6,1	2,748	0
17		X		8,71				8,71	3,923	27
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		27,00
								CÁLCULO DE PCI		
								PCI = 100 - VDT		73,00

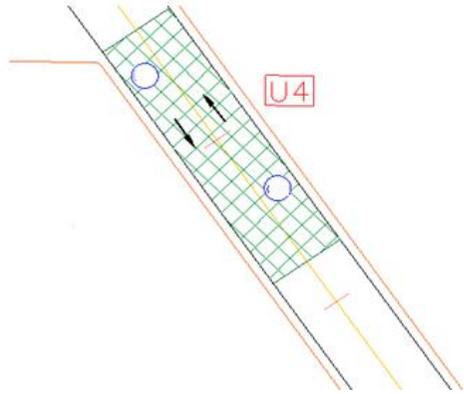
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-3. Índice de condición del pavimento - muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)						
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulahillo		FECHA: 06 de Enero del 2020				
EVALUADO POR: Edwin Tibán						
DATOS		TIPOS DE FALLAS				
ABSCISA INICIAL 4+100	Nº	Fallas	Unidad			
ABSCISA FINAL 4+130	1	Piel de cocodrilo	m ²			
UNIDAD DE MUESTREO 3	2	Exudación	m ²			
ÁREA DE MUESTREO 222 m ²	3	Agrietamiento en bloque	m ²			
ANCHO DE CARRIL 7,40 m	4	Desnivel localizado	m			
TRAMO 1	5	Corrugación	m ²			
	6	Depresión	m ²			
	7	Grieta de borde	m			
	8	Grieta de reflexión de junta	m			
	9	Desnivel carril / espaldón	m			
	10	Grietas longitudinales y transversales	m			
	11	Parche	m ²			
	12	Agregado pulido	m ²			
	13	Huecos	U			
	14	Cruce de ferrocarril	m ²			
	15	Ahuellamiento	m ²			
	16	Desplazamiento	m ²			
	17	Grieta parabólica	m ²			
	18	Hinchamiento	m ²			
	19	Desprendimiento de agregados	m ²			
						
FALLA Nº	SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)				
6		X	8,57		8,57	16
10		X	2,15	2,6	6,25	9
				VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		25,00
				CÁLCULO DE PCI		
				PCI = 100 - VDT		No aplica
Número de deducidos > 2 (q):				2		
Mayor valor deducido individual (HDVi):				16		
Número admisible de valores deducidos (mi):				8,71		
Nº	Valores deducidos			Total	mi	VDC
1	16	9		25	2	17
2	16	2		18	1	17
				Máx. (VDC):		17
PCI = 100 - Máx.(VDC)				83,00		

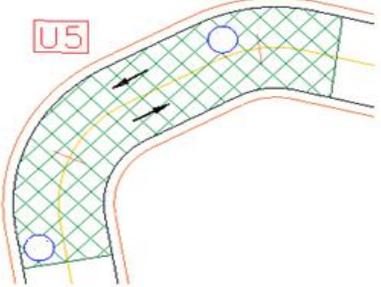
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-4. Índice de condición del pavimento – muestra 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)												
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán						
DATOS			TIPOS DE FALLAS						ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="4+400"/>			Nº	Fallas			Unidad					
ABSCISA FINAL <input type="text" value="4+430"/>			1	Piel de cocodrilo			m ²					
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="4"/>			2	Exudación			m ²					
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque			m ²					
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado			m					
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación			m ²					
			6	Depresión			m ²					
			7	Grieta de borde			m					
			8	Grieta de reflexión de junta			m					
			9	Desnivel carril / espaldón			m					
			10	Grietas longitudinales y transversales			m					
			11	Parche			m ²					
			12	Agregado pulido			m ²					
			13	Huecos			U					
			14	Cruce de ferrocarril			m ²					
			15	Ahuellamiento			m ²					
			16	Desplazamiento			m ²					
			17	Grieta parabólica			m ²					
			18	Hinchariento			m ²					
			19	Desprendimiento de agregados			m ²					
FALLA Nº	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)									
10			X	1,4	1,8	1,4		4,6	2,072	0		
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									0,00			
CÁLCULO DE PCI												
PCI = 100 - VDT									100,00			

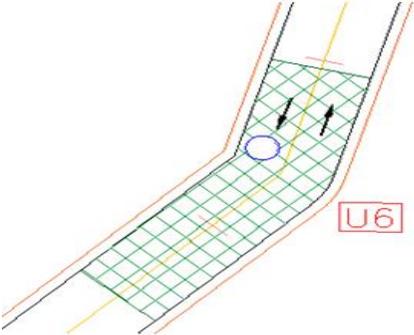
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-5. Índice de condición del pavimento – muestra 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán					
DATOS		TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="4+700"/>		Nº	Fallas		Unidad						
ABSCISA FINAL <input type="text" value="4+730"/>		1	Piel de cocodrilo		m ²						
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="5"/>		2	Exudación		m ²						
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>		3	Agrietamiento en bloque		m ²						
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>		4	Desnivel localizado		m						
TRAMO <input type="text" value="1"/>		5	Corrugación		m ²						
		6	Depresión		m ²						
		7	Grieta de borde		m						
		8	Grieta de reflexión de junta		m						
		9	Desnivel carril / espaldón		m						
		10	Grietas longitudinales y transversales		m						
		11	Parche		m ²						
		12	Agregado pulido		m ²						
		13	Huecos		U						
		14	Cruce de ferrocarril		m ²						
		15	Ahuellamiento		m ²						
		16	Desplazamiento		m ²						
		17	Grieta parabólica		m ²						
		18	Hincharamiento		m ²						
		19	Desprendimiento de agregados		m ²						
FALLA Nº	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
12			X	20,25				20,25	9,122	3	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		3,00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		97,00	

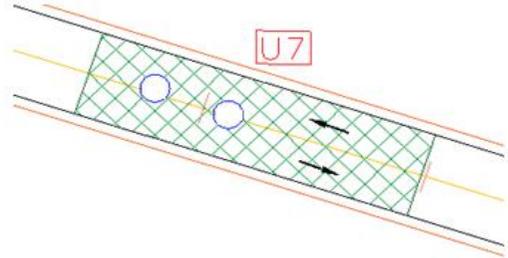
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-6. Índice de condición del pavimento – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																																															
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)																																																															
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo		FECHA: 06 de Enero del 2020																																																													
EVALUADO POR: Edwin Tibán																																																															
DATOS		TIPOS DE FALLAS																																																													
ABSCISA INICIAL 5+000 ABSCISA FINAL 5+030 UNIDAD DE MUESTREO 6 ÁREA DE MUESTREO 222 m ² ANCHO DE CARRIL 7,40 m TRAMO 1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Fallas</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo</td><td>m²</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m²</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque</td><td>m²</td></tr> <tr><td>4</td><td>Desnivel localizado</td><td>m</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m²</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m²</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel carril / espaldón</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas longitudinales y transversales</td><td>m</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parche</td><td>m²</td></tr> <tr><td>12</td><td>Agregado pulido</td><td>m²</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>U</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de ferrocarril</td><td>m²</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta parabólica</td><td>m²</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados</td><td>m²</td></tr> </tbody> </table>		Nº	Fallas	Unidad	1	Piel de cocodrilo	m ²	2	Exudación	m ²	3	Agrietamiento en bloque	m ²	4	Desnivel localizado	m	5	Corrugación	m ²	6	Depresión	m ²	7	Grieta de borde	m	8	Grieta de reflexión de junta	m	9	Desnivel carril / espaldón	m	10	Grietas longitudinales y transversales	m	11	Parche	m ²	12	Agregado pulido	m ²	13	Huecos	U	14	Cruce de ferrocarril	m ²	15	Ahuellamiento	m ²	16	Desplazamiento	m ²	17	Grieta parabólica	m ²	18	Hinchamiento	m ²	19	Desprendimiento de agregados	m ²
Nº	Fallas	Unidad																																																													
1	Piel de cocodrilo	m ²																																																													
2	Exudación	m ²																																																													
3	Agrietamiento en bloque	m ²																																																													
4	Desnivel localizado	m																																																													
5	Corrugación	m ²																																																													
6	Depresión	m ²																																																													
7	Grieta de borde	m																																																													
8	Grieta de reflexión de junta	m																																																													
9	Desnivel carril / espaldón	m																																																													
10	Grietas longitudinales y transversales	m																																																													
11	Parche	m ²																																																													
12	Agregado pulido	m ²																																																													
13	Huecos	U																																																													
14	Cruce de ferrocarril	m ²																																																													
15	Ahuellamiento	m ²																																																													
16	Desplazamiento	m ²																																																													
17	Grieta parabólica	m ²																																																													
18	Hinchamiento	m ²																																																													
19	Desprendimiento de agregados	m ²																																																													
																																																															
FALLA Nº	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																																					
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)																																																												
5			X	19,15				19,15	8,626	12																																																					
12			X	6,08	18,2			24,28	10,937	7																																																					
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		19,00																																																					
								CÁLCULO DE PCI																																																							
								PCI = 100 - VDT		81,00																																																					
Número de deducidos > 2 (q):				2																																																											
Mayor valor deducido individual (HDVi):				12																																																											
Número admisible de valores deducidos (mi):				9,08																																																											
Nº	Valores deducidos			Total				mi	VDC																																																						
1	12	7		19				2	16																																																						
2	12	2		14				1	9																																																						
								Máx. (VDC):		16																																																					
								PCI = 100 - Máx.(VDC)		84,00																																																					

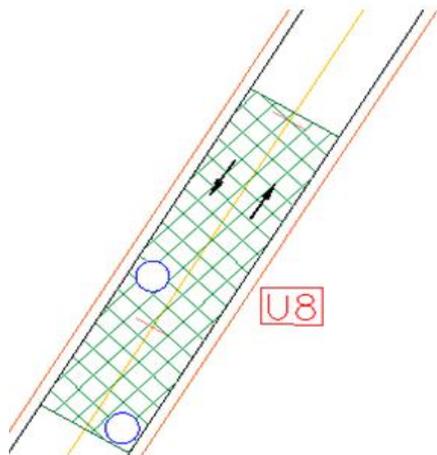
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-7. Índice de condición del pavimento – muestra 7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 5+300			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL 5+330			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO 7			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO 222 m ²			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL 7,40 m			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO 1			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
12			X	7,79	3,64			11,43	5,149	1
17		X		4,56				4,56	2,054	18
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)										19,00
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT										81,00

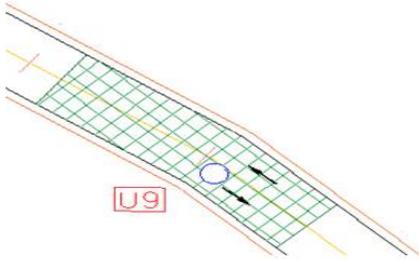
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-8. Índice de condición del pavimento – muestra 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="5+600"/>			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL <input type="text" value="5+630"/>			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="8"/>			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10		X		2,23	1,2			3,43	1,545	4
12			X	0,6				0,6	0,270	0
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		4,00
								CÁLCULO DE PCI		
								PCI = 100 - VDT		96,00

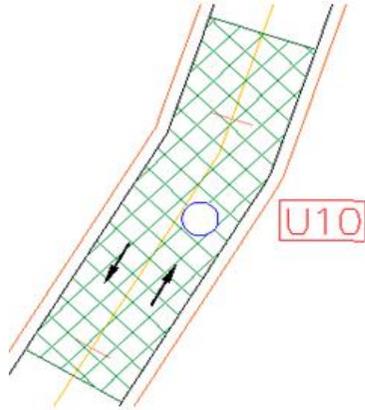
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-9. Índice de condición del pavimento – muestra 9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán					
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="5+900"/>			N°	Fallas		Unidad					
ABSCISA FINAL <input type="text" value="5+930"/>			1	Piel de cocodrilo		m ²					
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="9"/>			2	Exudación		m ²					
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque		m ²					
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado		m					
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación		m ²					
			6	Depresión		m ²					
			7	Grieta de borde		m					
			8	Grieta de reflexión de junta		m					
			9	Desnivel carril / espaldón		m					
			10	Grietas longitudinales y transversales		m					
			11	Parche		m ²					
			12	Agregado pulido		m ²					
			13	Huecos		U					
			14	Cruce de ferrocarril		m ²					
			15	Ahuellamiento		m ²					
			16	Desplazamiento		m ²					
			17	Grieta parabólica		m ²					
			18	Hincharamiento		m ²					
			19	Desprendimiento de agregados		m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
10		X		0,80	2,40			3,20	1,441	5	
12			X	59,85	2,00			61,85	27,860	8	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		8,00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								2			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								8			
Número admisible de valores deducidos (mi):								9,45			
N°	Valores deducidos						Total	mi	VDC		
1	8	5					13	2	9		
2	8	2					10	1	10		
								Máx. (VDC):		10	
				PCI = 100 - Máx.(VDC)				90,00			

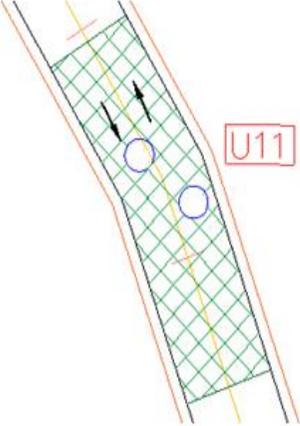
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-10. Índice de condición del pavimento – muestra 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="6+200"/>			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL <input type="text" value="6+230"/>			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="10"/>			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
12			X	9,00	10,8	2,4		22,20	10,000	3
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									3,00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									97,00	

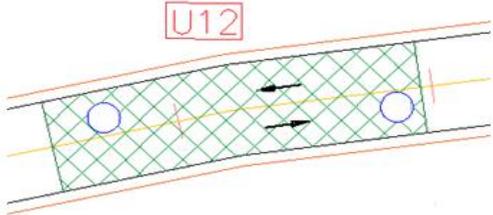
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-11. Índice de condición del pavimento – muestra 11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="6+500"/>			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL <input type="text" value="6+530"/>			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="11"/>			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="222 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7,40 m"/>			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
12			X	11,7	11,62			23,32	10,505	5
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									5,00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									95,00	

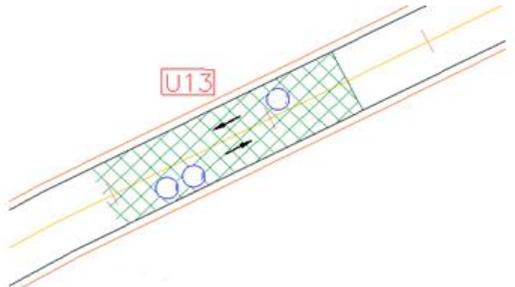
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-12. Índice de condición del pavimento – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo		FECHA: 06 de Enero del 2020								
EVALUADO POR: Edwin Tibán										
DATOS		TIPOS DE FALLAS		ESQUEMA						
ABCISA INICIAL 6+800	N° 1	Fallas Piel de cocodrilo	Unidad m ²							
ABCISA FINAL 6+830	2	Exudación	m ²							
UNIDAD DE MUESTREO 12	3	Agrietamiento en bloque	m ²							
ÁREA DE MUESTREO 222 m ²	4	Desnivel localizado	m							
ANCHO DE CARRIL 7,40 m	5	Corrugación	m ²							
TRAMO 1	6	Depresión	m ²							
	7	Grieta de borde	m							
	8	Grieta de reflexión de junta	m							
	9	Desnivel carril / espaldón	m							
	10	Grietas longitudinales y transversales	m							
	11	Parche	m ²							
	12	Agregado pulido	m ²							
	13	Huecos	U							
	14	Cruce de ferrocarril	m ²							
	15	Ahuellamiento	m ²							
	16	Desplazamiento	m ²							
	17	Grieta parabólica	m ²							
	18	Hinchamiento	m ²							
	19	Desprendimiento de agregados	m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10			X	0,8	1,2			2,00	0,901	0
12		X		19,67	5,35			25,02	11,270	8
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									8,00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									92,00	

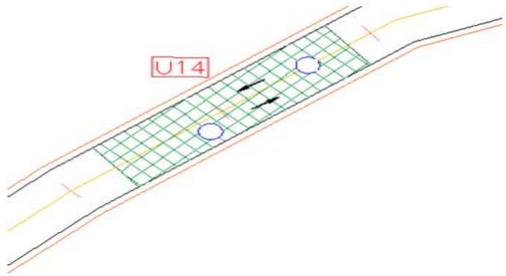
Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-13. Índice de condición del pavimento – muestra 13

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo			FECHA: 06 de Enero del 2020			EVALUADO POR: Edwin Tibán				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 7+100			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL 7+130			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO 13			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO 222 m ²			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL 7,40 m			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO 1			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
7		X		3,4				3,4	1,532	8
12			X	6,45	3,9			10,35	4,662	1
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		9,00
								CÁLCULO DE PCI		
								PCI = 100 - VDT		91,00

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-14. Índice de condición del pavimento – muestra 14

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Panzaleo - Mulalillo		FECHA: 06 de Enero del 2020									
EVALUADO POR: Edwin Tibán											
DATOS		TIPOS DE FALLAS									
ABSCISA INICIAL 7+400		Fallas 1 Piel de cocodrilo m ² 2 Exudación m ² 3 Agrietamiento en bloque m ² 4 Desnivel localizado m 5 Corrugación m ² 6 Depresión m ² 7 Grieta de borde m 8 Grieta de reflexión de junta m 9 Desnivel carril / espaldón m 10 Grietas longitudinales y transversales m 11 Parche m ² 12 Agregado pulido m ² 13 Huecos U 14 Cruce de ferrocarril m ² 15 Ahuellamiento m ² 16 Desplazamiento m ² 17 Grieta parabólica m ² 18 Hinchamiento m ² 19 Desprendimiento de agregados m ²									
ABSCISA FINAL 7+430											
UNIDAD DE MUESTREO 14											
ÁREA DE MUESTREO 222 m ²											
ANCHO DE CARRIL 7,40 m											
TRAMO 1											
FALLA Nº	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
10			X	1,2	0,9	1,5		3,60	1,622	4	
12			X	7,27	49,85			57,12	25,730	7	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		11,00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		89,00	
Número de deducidos > 2 (q):								2			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								8			
Número admisible de valores deducidos (mi):								9,45			
Nº	Valores deducidos						Total	mi	VDC		
1	7	4					11	2	8		
2	7	2					9	1	9		
								Máx. (VDC):		9	
PCI = 100 - Máx.(VDC)								91,00			

Autor: Edwin Patricio Tibán Mashapuncho

Anexo D-15. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 1

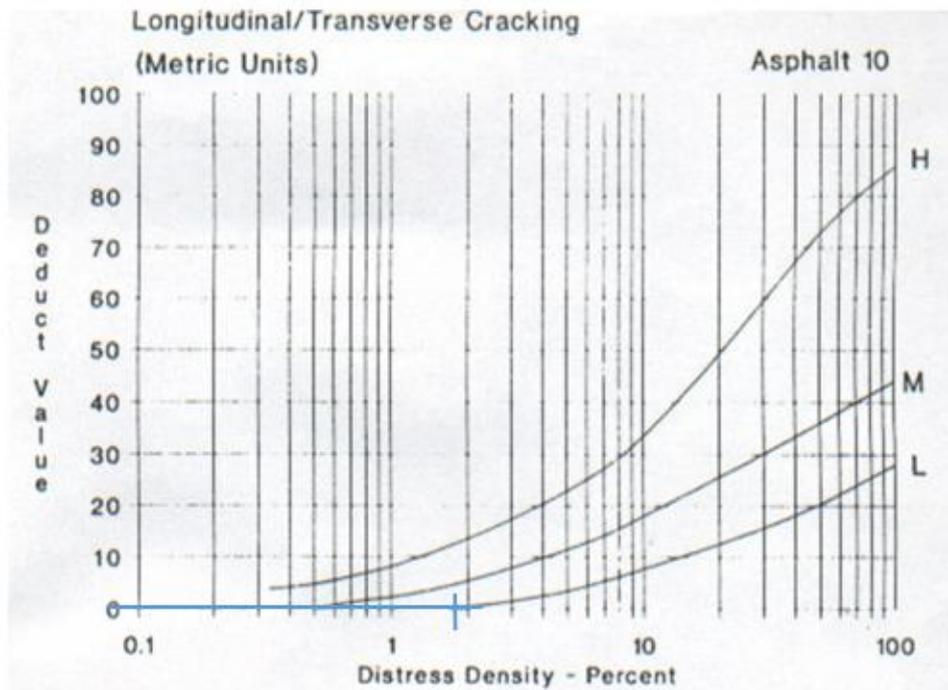


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-16. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 2

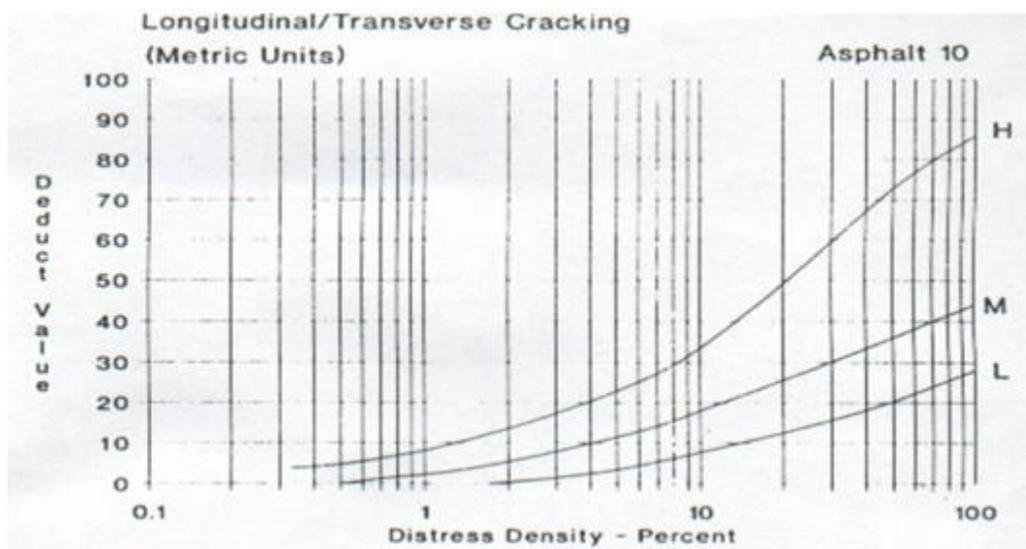


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

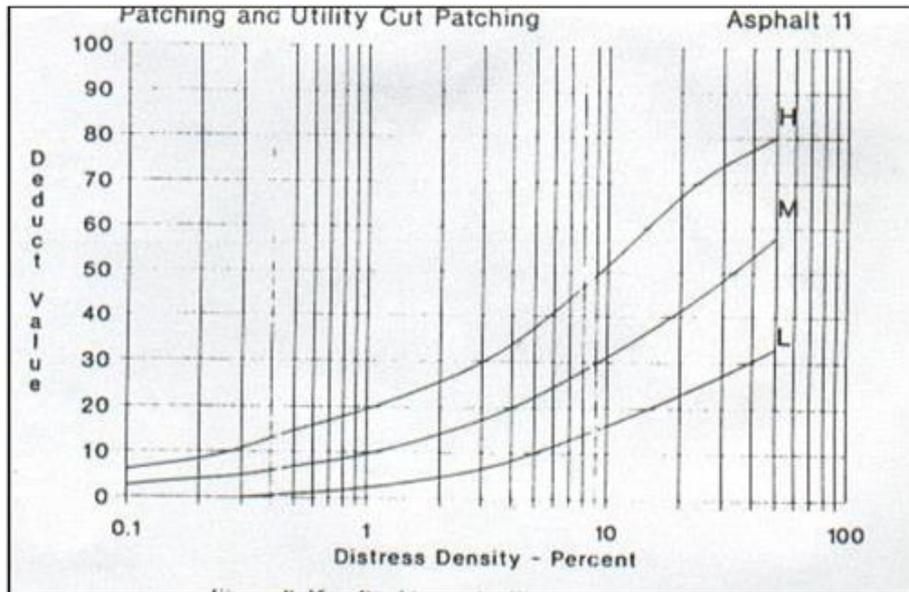


Figura 15. Ábaco de valores deducidos para falla 11 parche

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

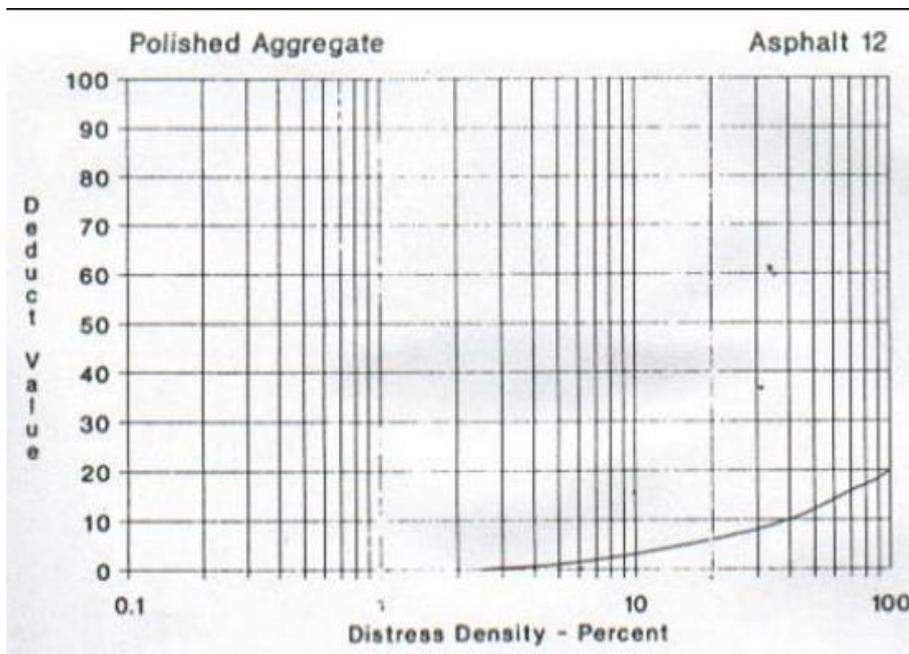


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

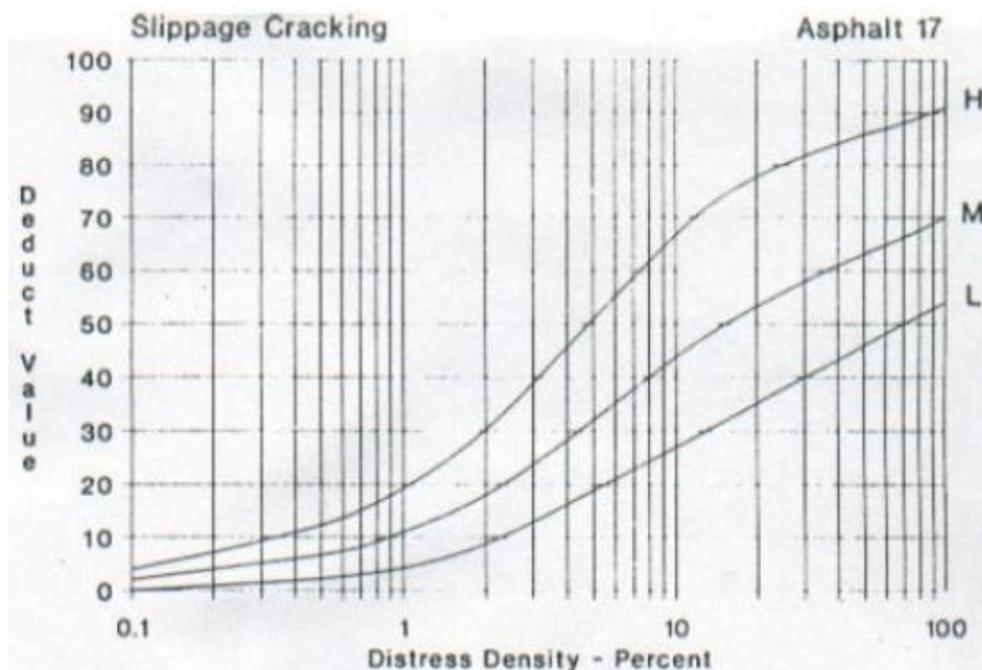


Figura 17. Ábaco de valores deducidos para falla 17 grieta parabólica

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-17. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 3

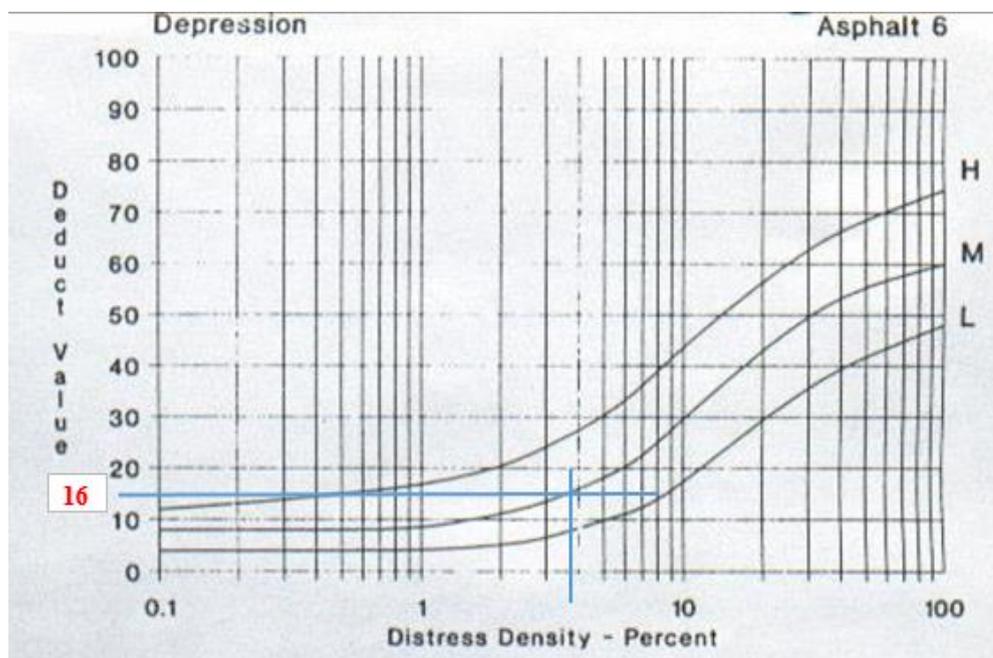


Figura 8. Ábaco de valores deducidos para falla 6 depresión

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

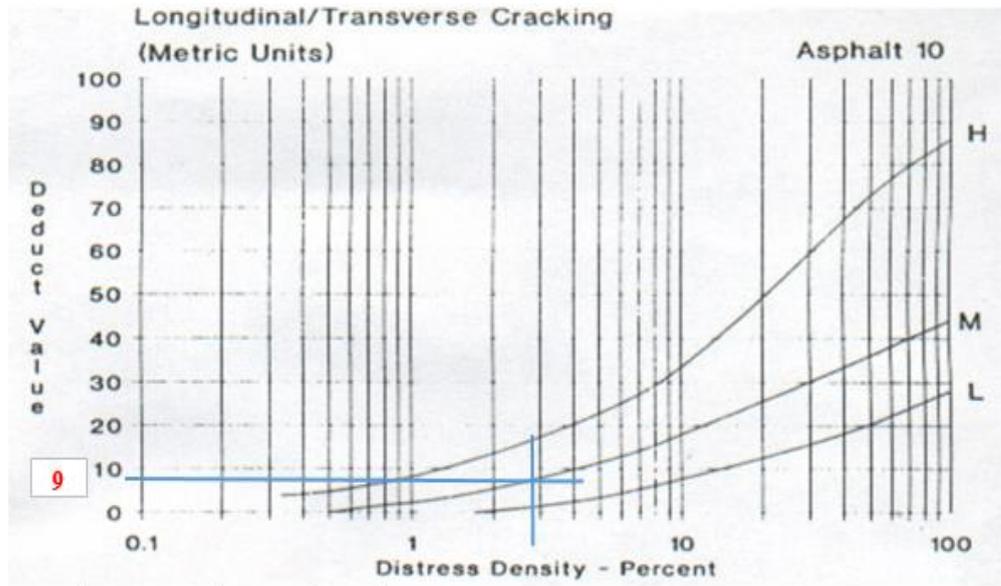


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-18. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 4

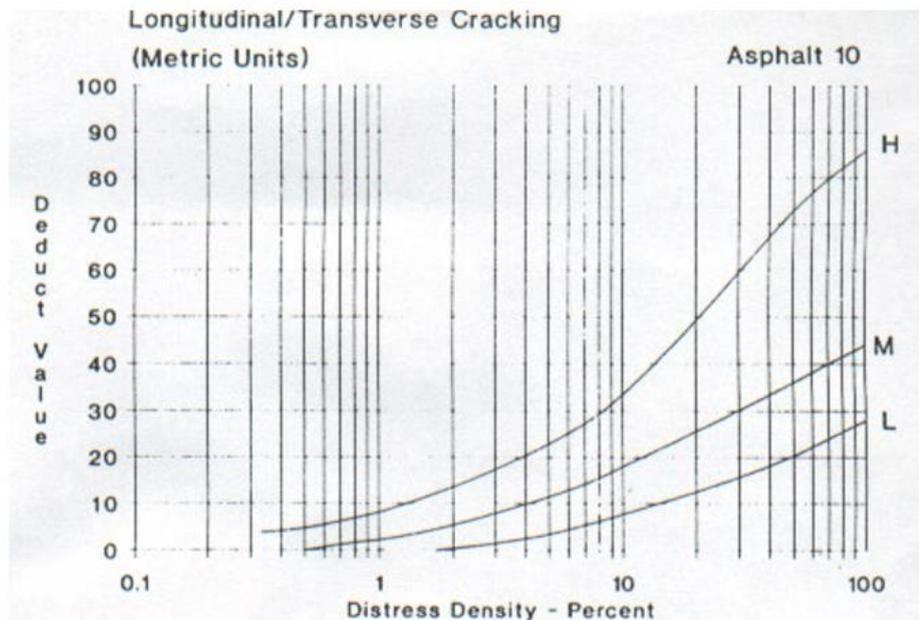


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-19. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 5

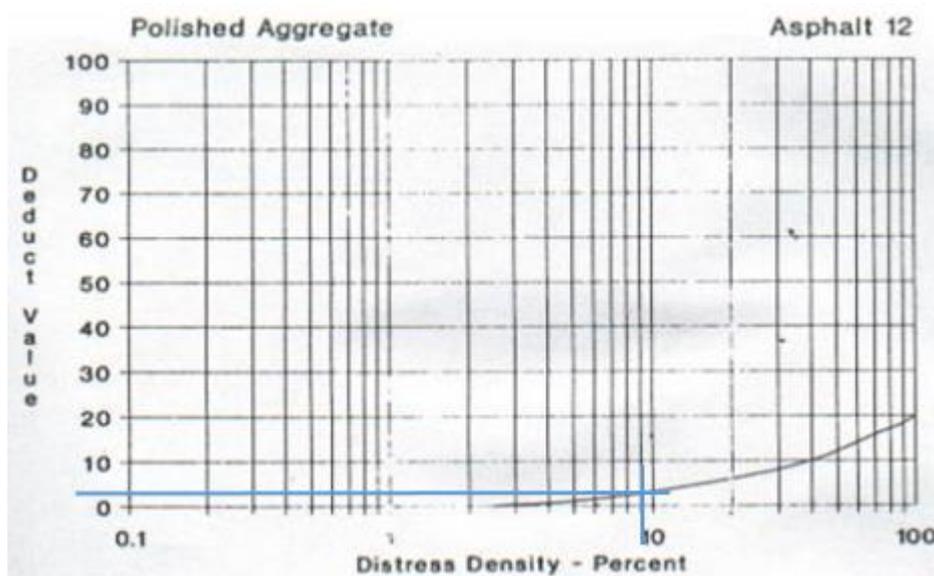


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-20. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 6

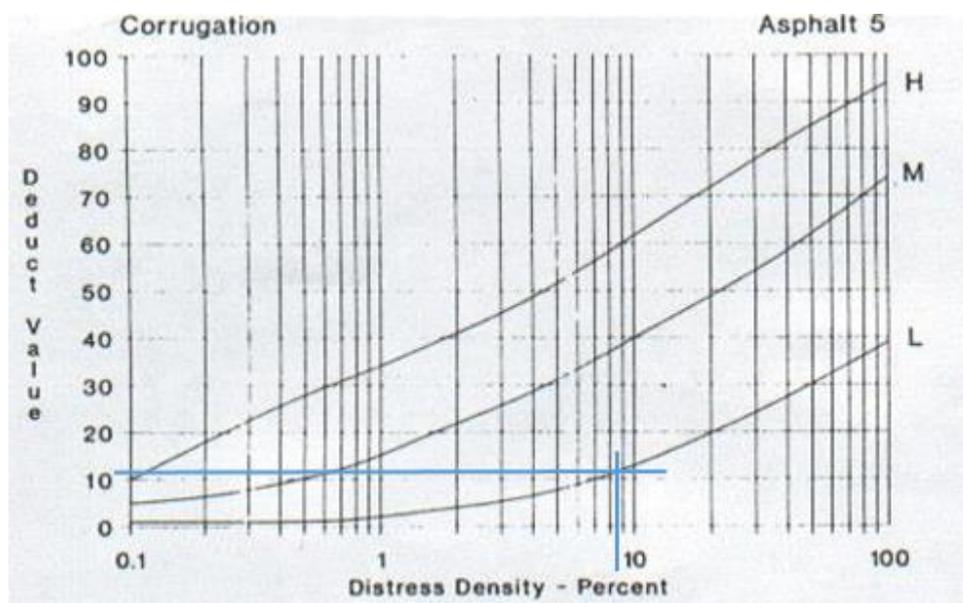


Figura 18. Ábaco de valores deducidos para falla 5 corrugación

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

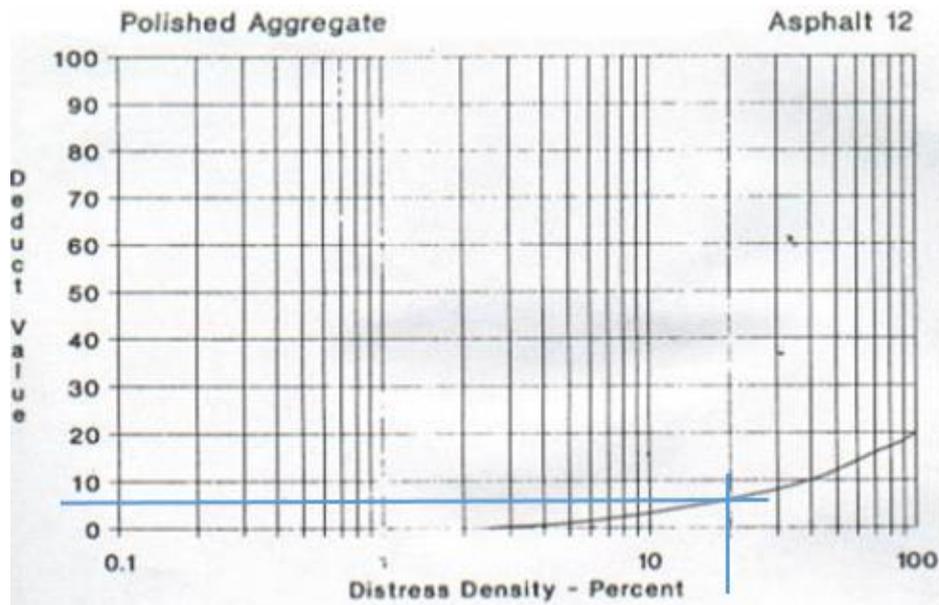


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-21. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 7

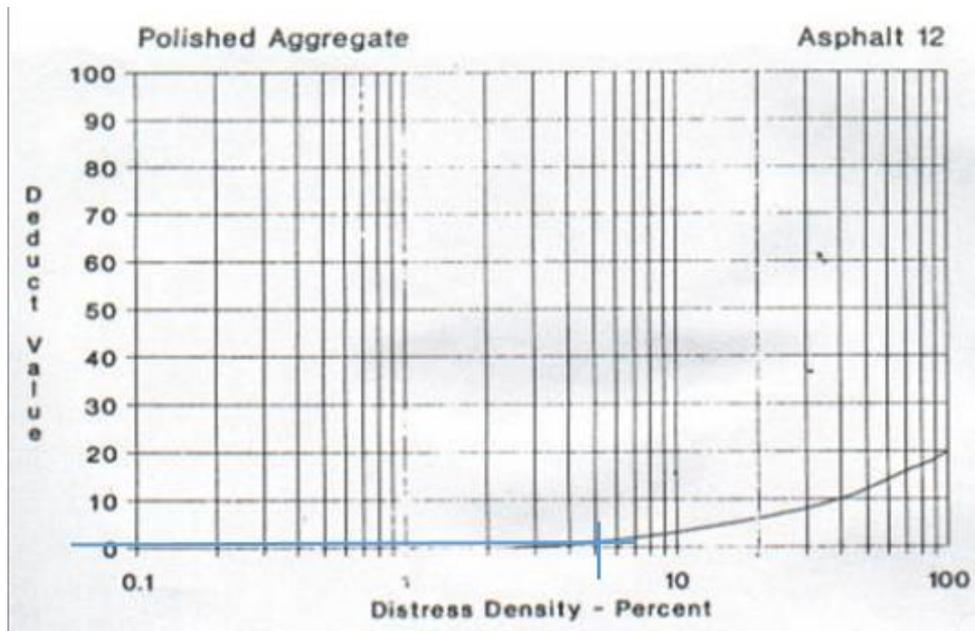


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

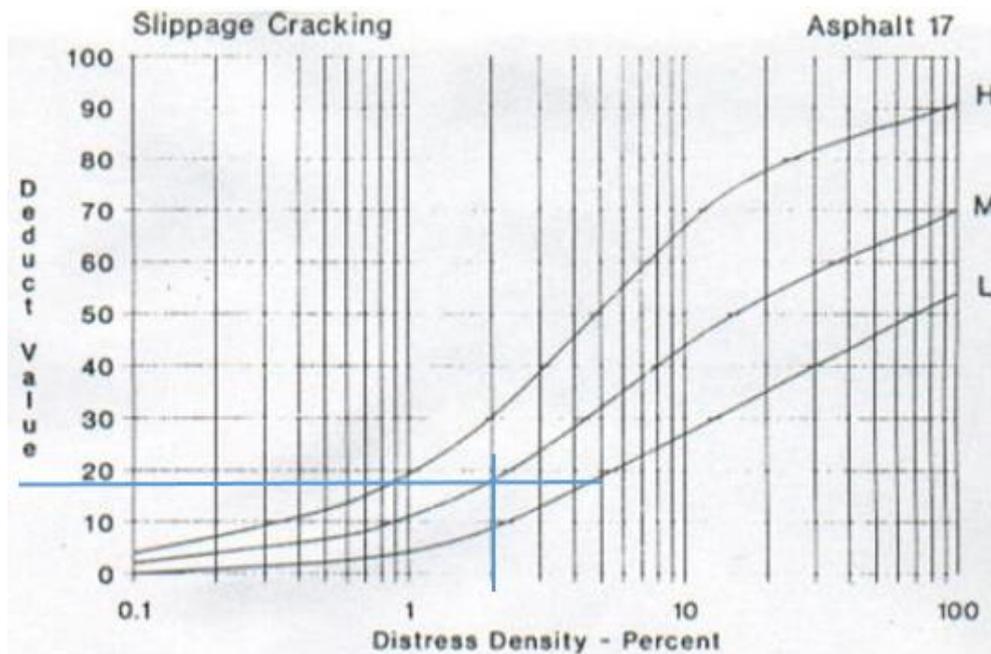


Figura 17. Ábaco de valores deducidos para falla 17 grieta parabólica

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-22. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 8

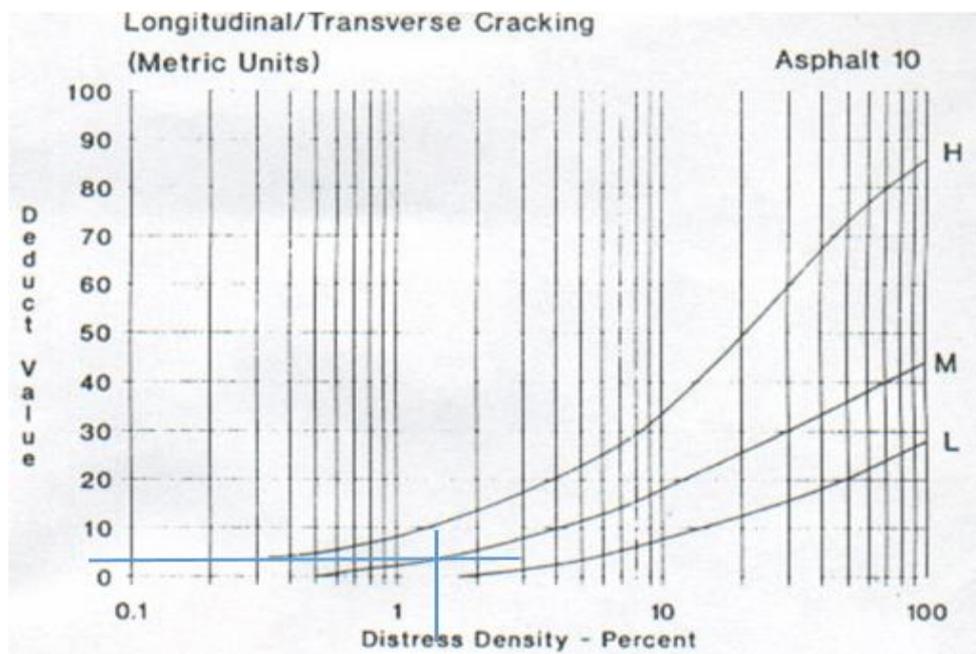


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

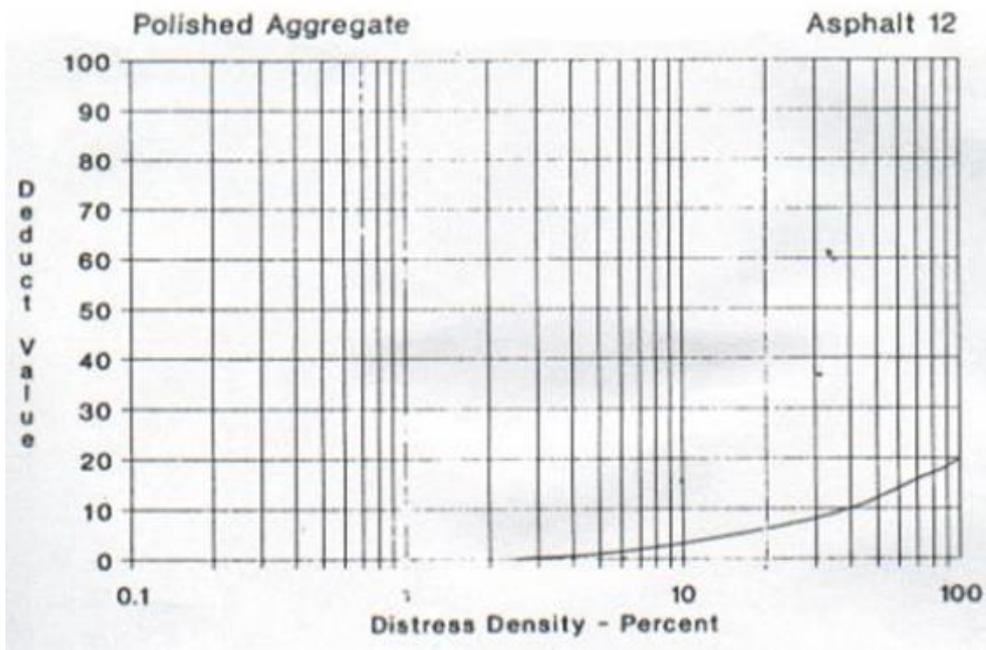


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido
Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-23. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 9

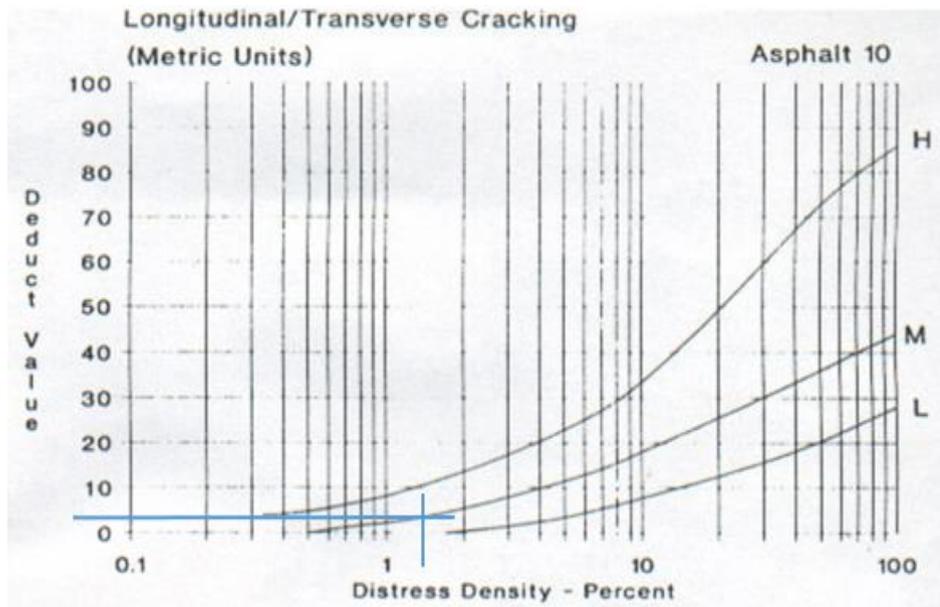


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

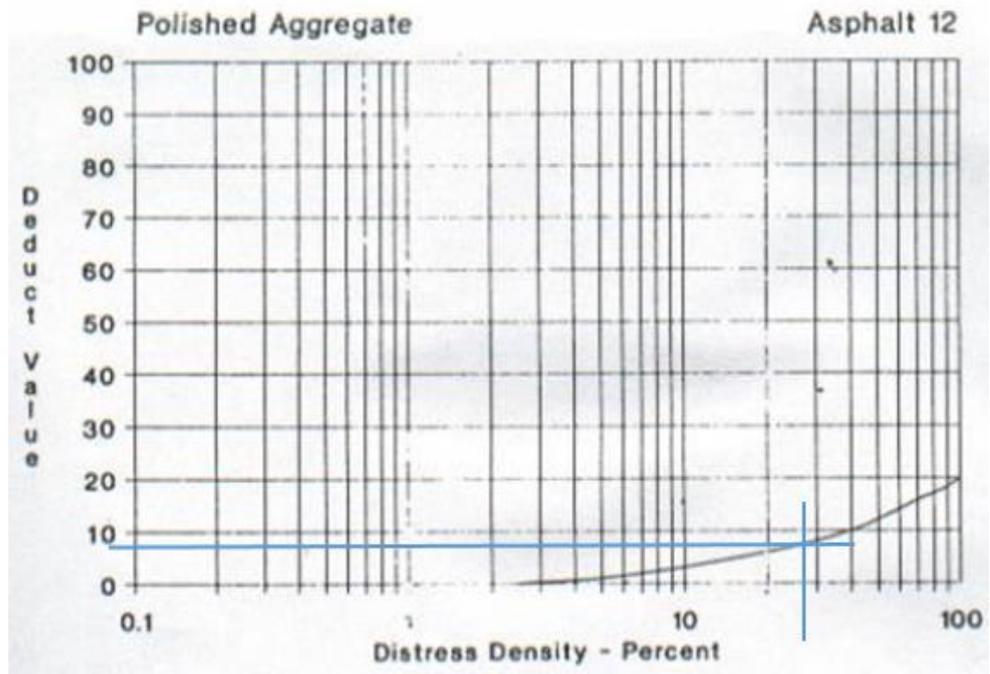


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido
Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-24. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 10

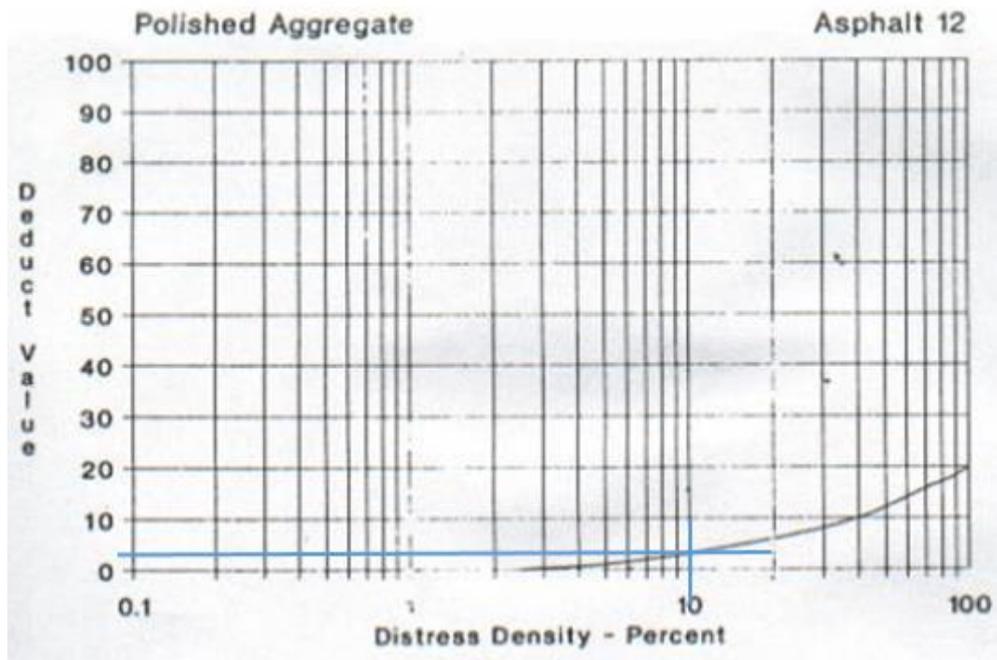


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido
Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-25. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 11

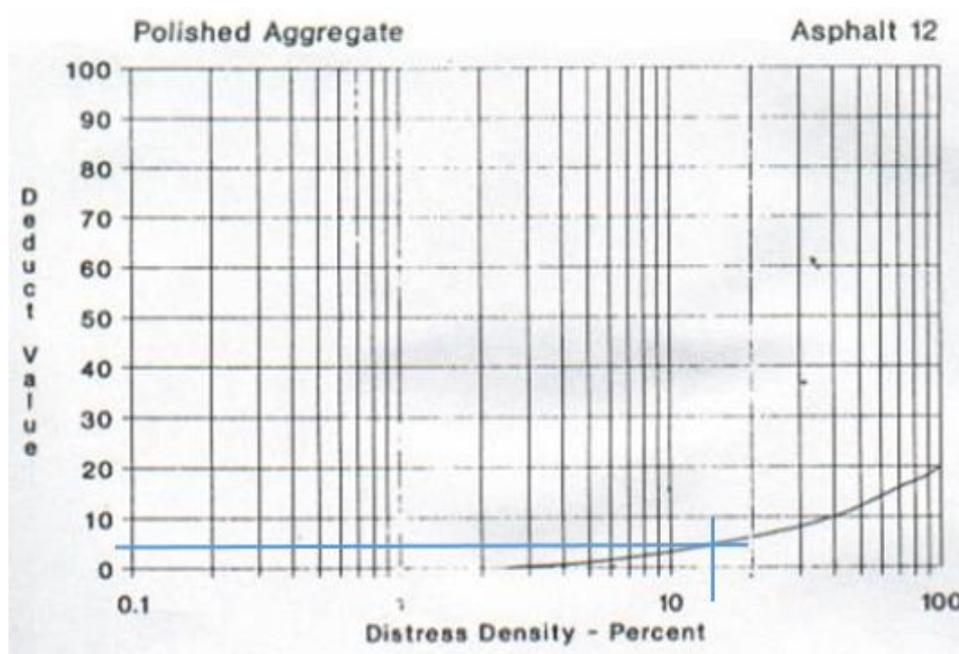


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-26. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 12

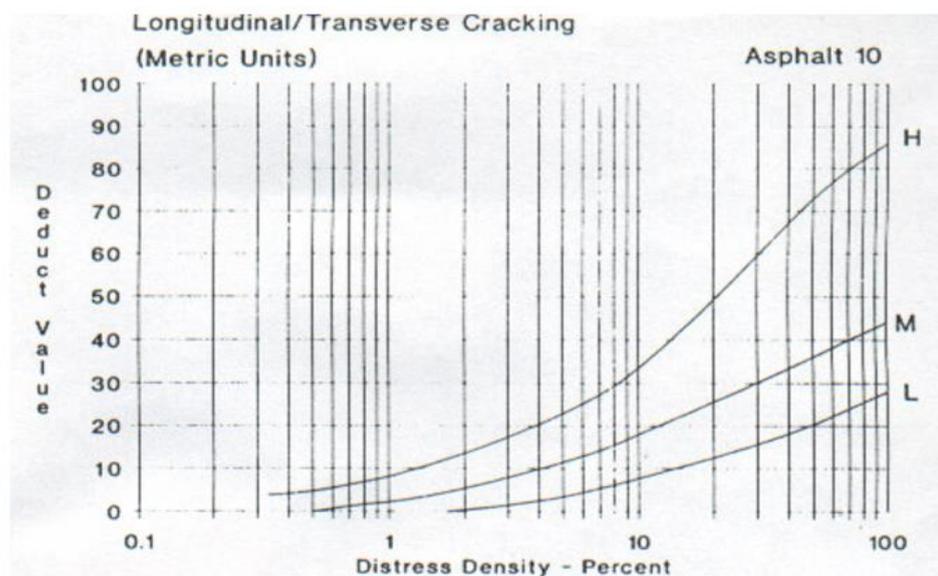


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

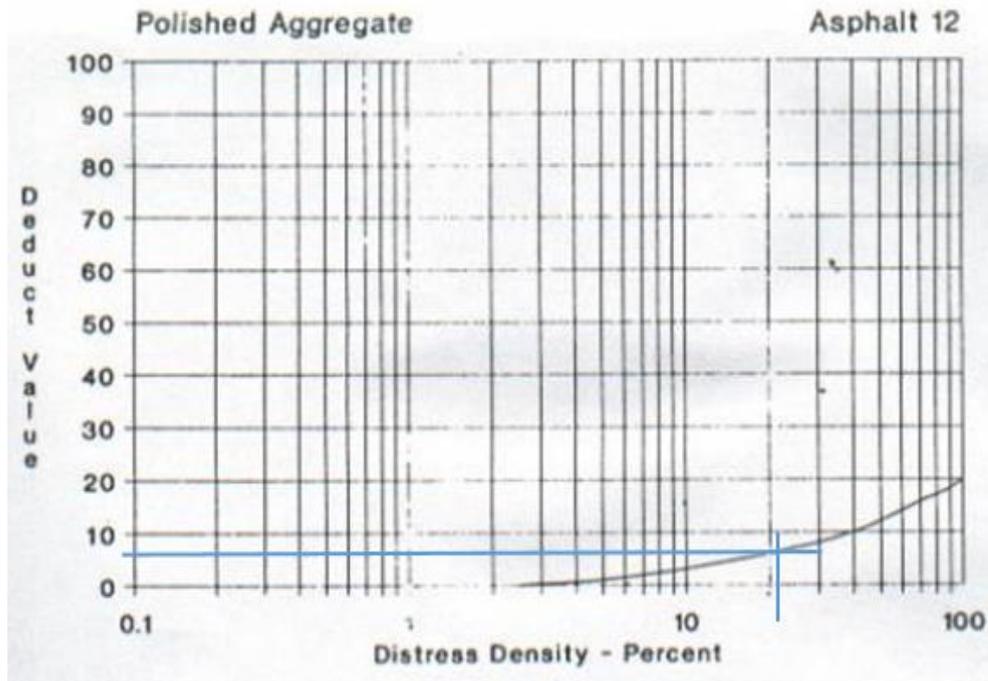


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-27. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 13

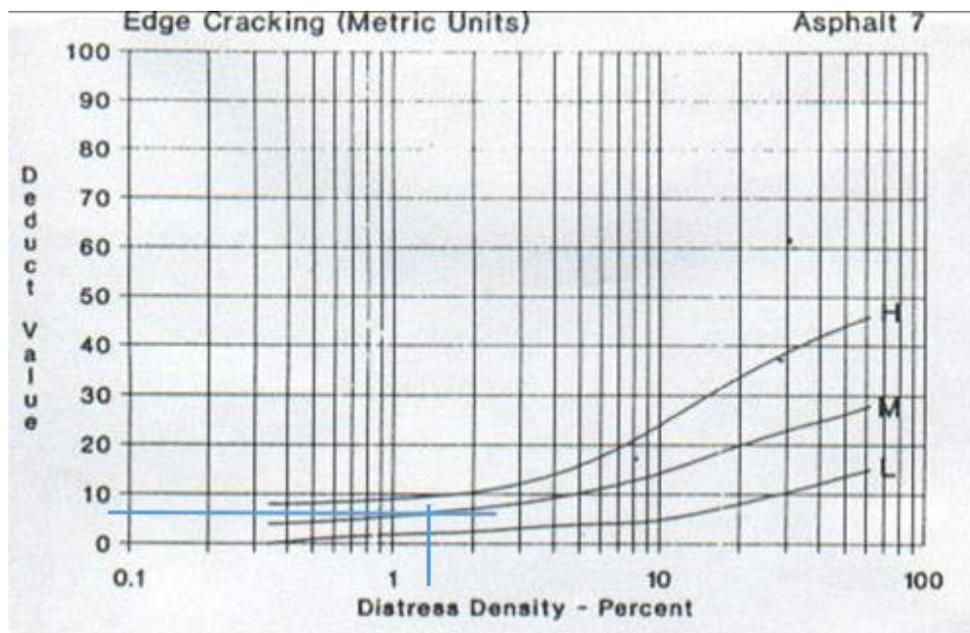


Figura 19. Ábaco de valores deducidos para falla 7 grieta de borde

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

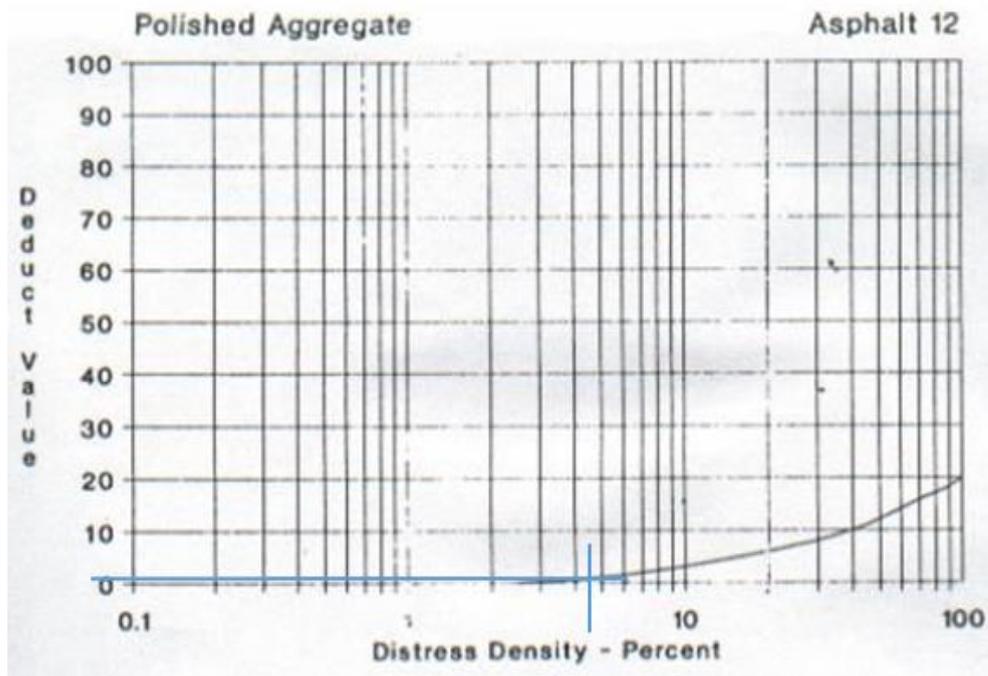


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-28. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 14

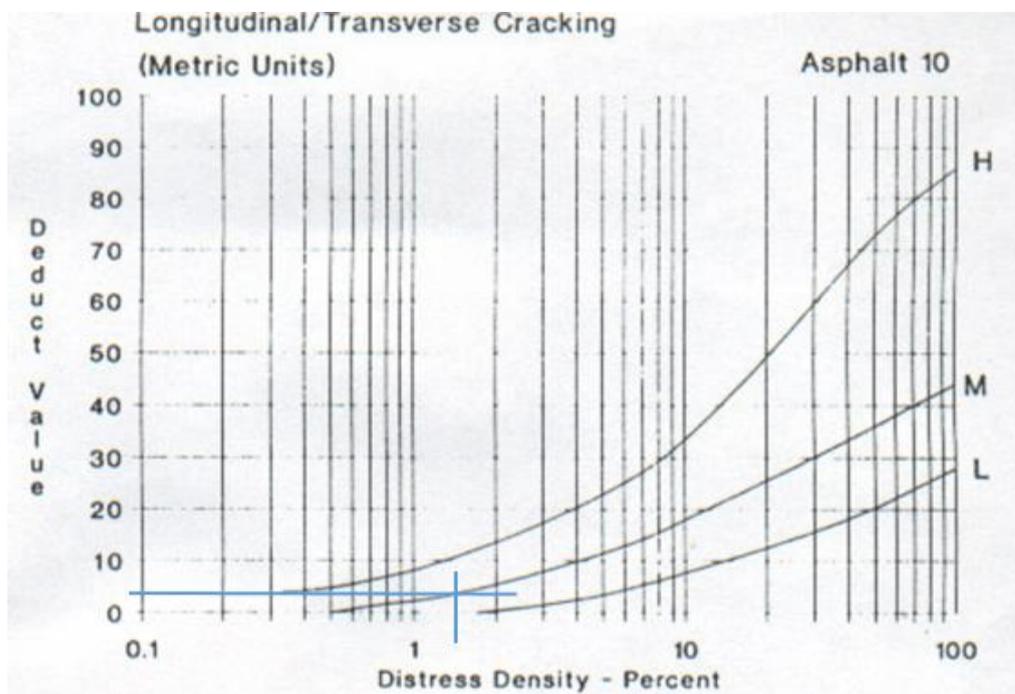


Figura 14. Ábaco de valores deducidos para falla 10 grietas longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

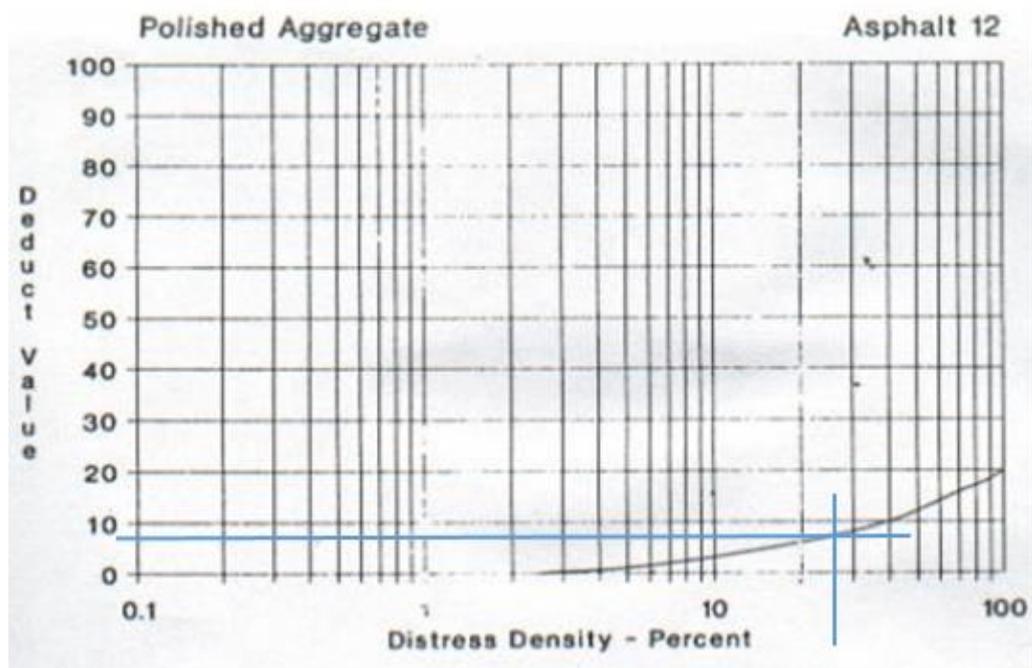


Figura 16. Ábaco de valores deducidos para falla 12 agregado pulido

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo D-29. Curvas para hallar el Valor Deducido Corregido (VDC), aplicadas en las muestras: 3, 6, 9 y 14

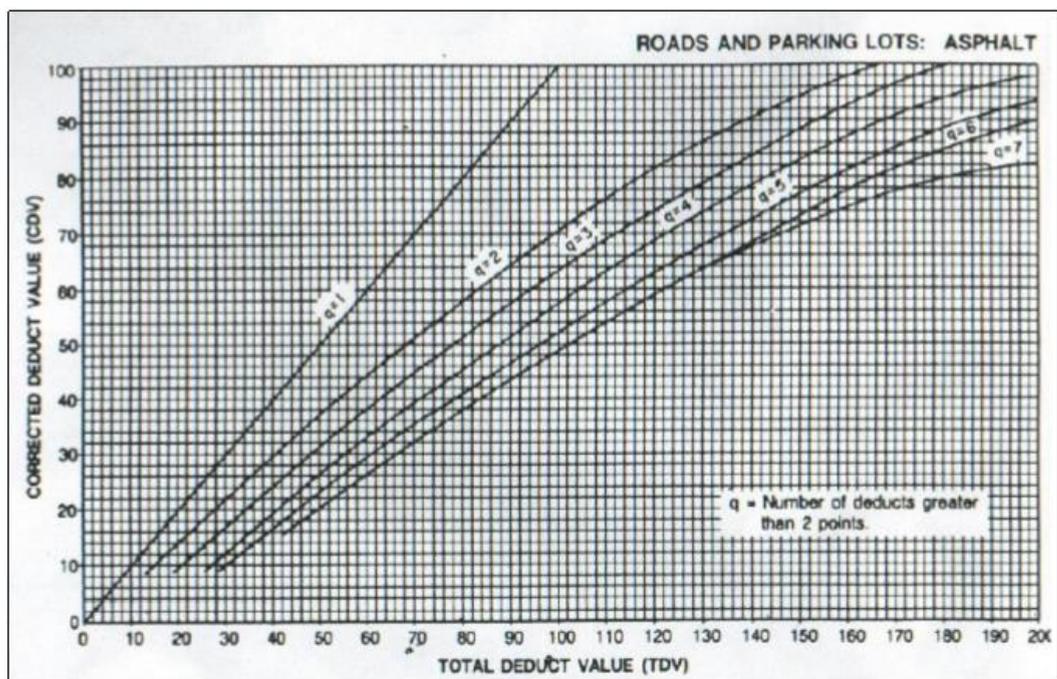


Figura 9. Curvas para el cálculo del valor deducido corregido (CDV)

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

ANEXO E
ARCHIVO
FOTOGRAFICO

Anexo E-1. Fotografías



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Tema: Plan de conservación para la estructura del pavimento de la vía Panzaleo - Mulalillo (Chirinche Bajo) en el tramo de la abscisa 3+500 hasta 7+500 de la Provincia de Cotopaxi

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Elaboración de las calicatas



Extracción de las muestras de suelo en la vía



Inventario vial



Realización del levantamiento topográfico



Toma de puntos en la vía con un ancho de faja de 20m



Medición de las fallas presentes en la vía (PCI)



Medición desde el borde de la vía para iniciar el ensayo con la viga Benkelman



Colocación y armado de la viga Benkelman



Determinación del límite líquido



Muestras de suelo ensayadas (Copa de Casagrande)



Ejecución del ensayo de compactación (Proctor Modificado)

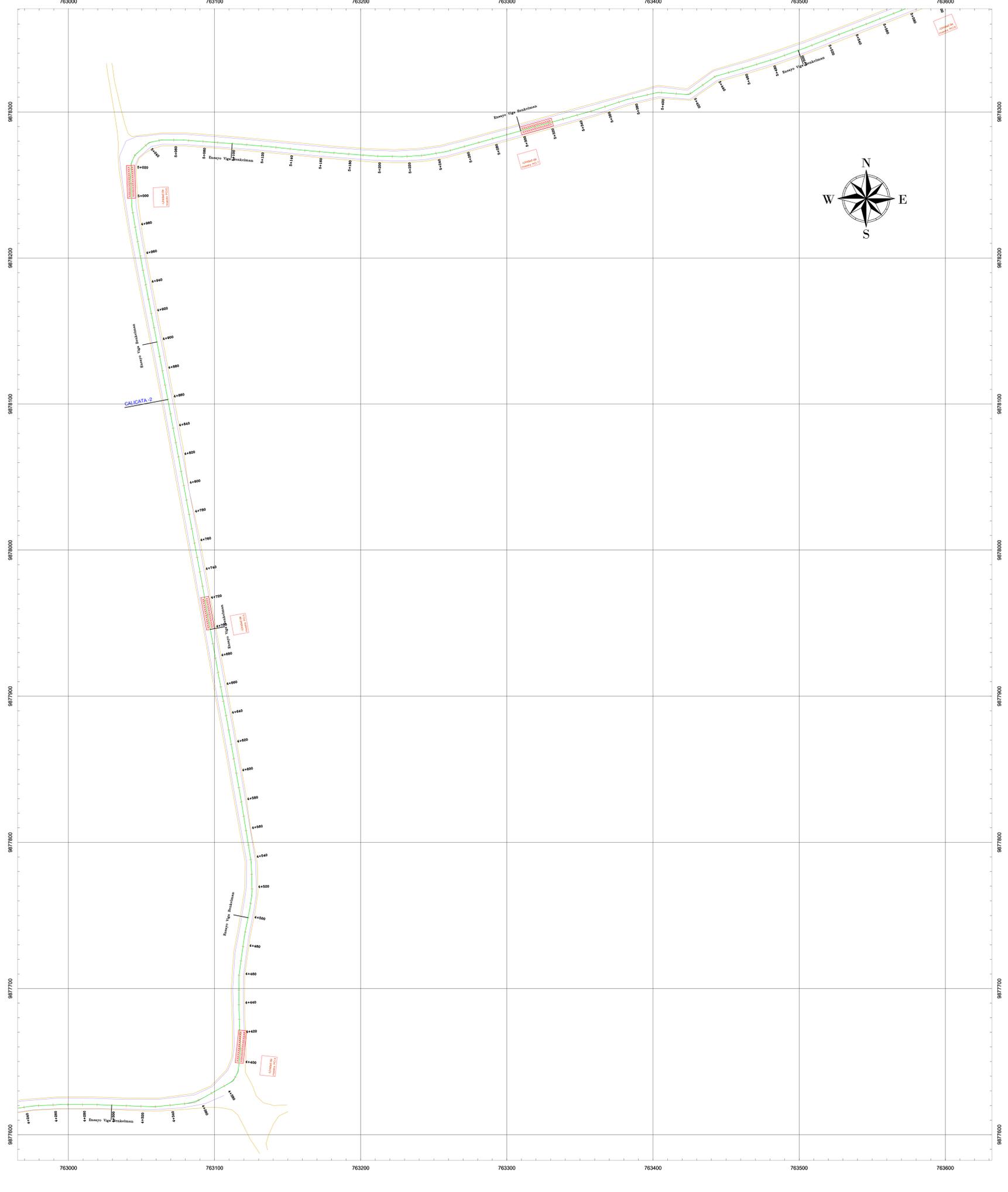
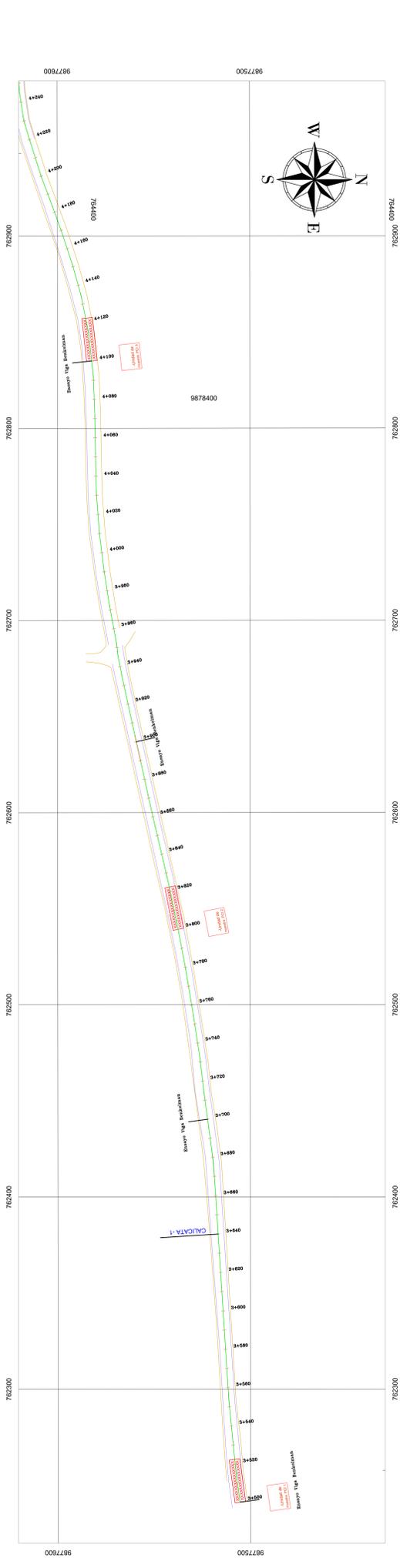


Secado en el horno de muestras de suelo previamente ensayadas

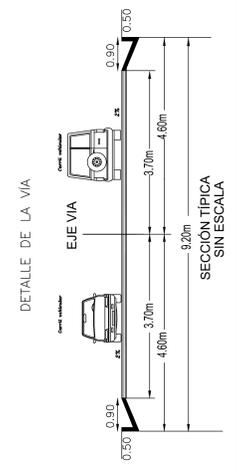
Anexo F-1. Planos

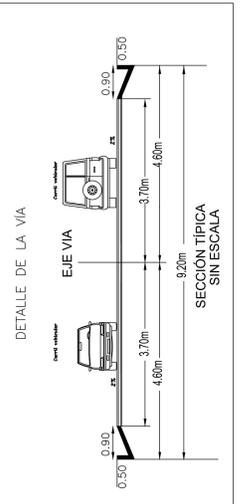
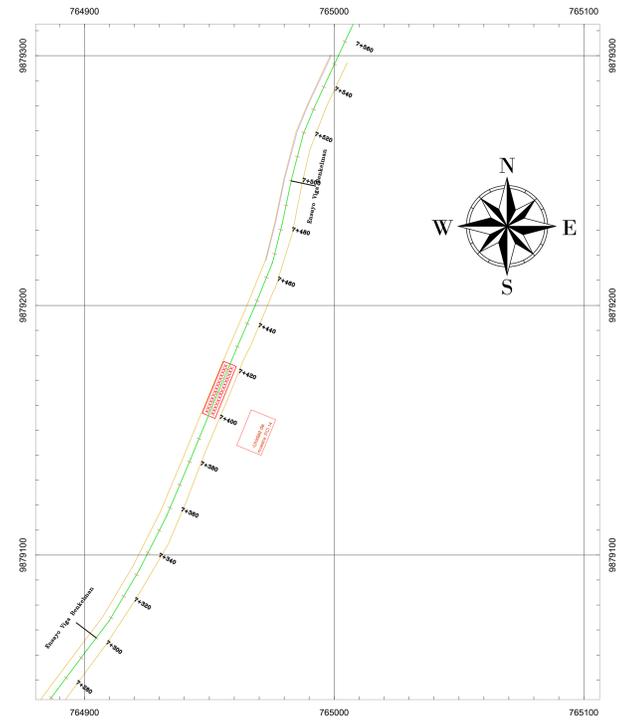
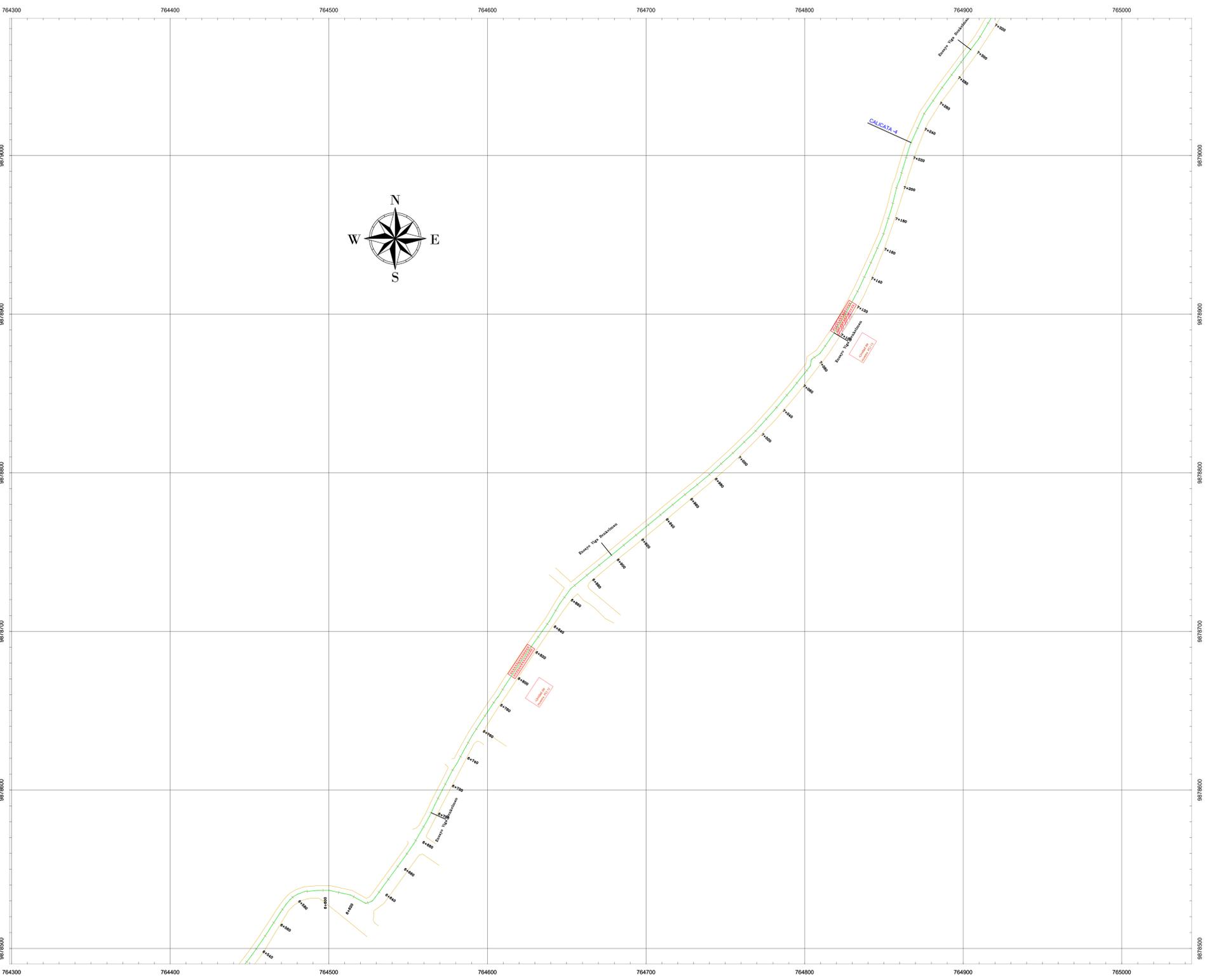
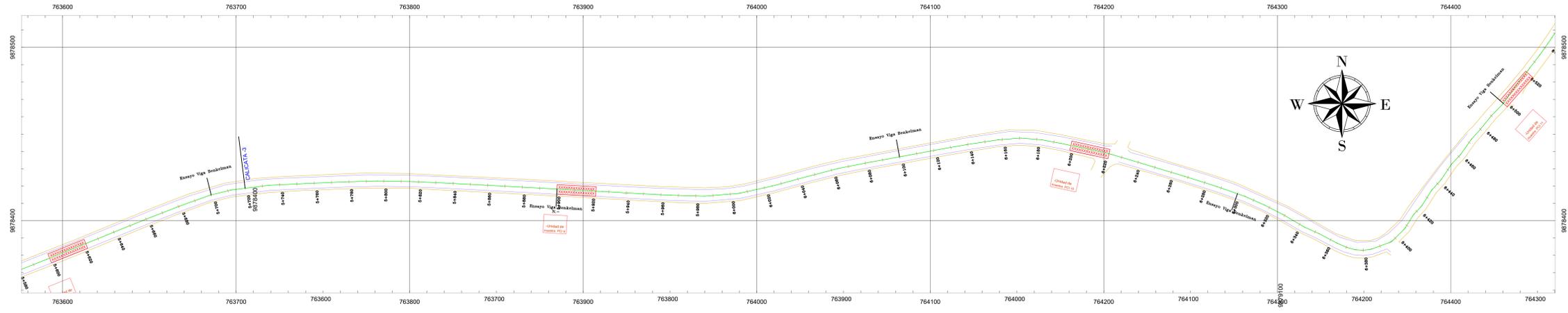
ANEXO F

PLANOS



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
	PROYECTO: "PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PANZALEO - MULLALLO (CHIRINCHI BAJO) EN EL TRAMO DE LA ABSICSA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"	ESCALA: SEPTIEMBRE 2020 FECH: SEPTIEMBRE 2020	
LONGITUD: 4000 metros	ABSICSA INICIAL: Km 3+500	ABSICSA FINAL: Km 5+500	PROVINCIA: COTOPAXI JAWA 1 de 2 Ing. Mg. Ficozon Moreira Eglio Edwin Patricio Tibán





	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
	PROYECTO: "PLAN DE CONSERVACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PANZALEO - MULLALILLO (CHIRINGHE BAJO) EN EL TRAMO DE LA ABSISCA 3+500 HASTA 7+500 DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"	ESCALA: SEPTIEMBRE 2020	
LONGITUD: 400 metros	ABSISCA INICIAL: Km 3+500	ABSISCA FINAL: Km 7+500	DISEÑO: EDWIN PATRICIO TIBÁN
Ing. Mg. Frisson Moreira		Egos. Edwin Patricio Tibán	
		LÁMINA: 2 de 2	