



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

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

TEMA:

**“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN
EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Autora: Erika Katherine Jaramillo Vélez

Tutor: Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Enero – 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Erika Katherine Jaramillo Vélez, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850036052, 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 autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2023



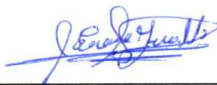
Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Erika Katherine Jaramillo Vélez**, con C.I. 1850036052 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2023



Erika Katherine Jaramillo Vélez

C.I. 1850036052

AUTORA

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, enero 2023



Erika Katherine Jaramillo Vélez

C.I. 1850036052

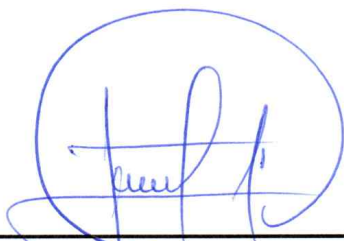
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los Miembros de Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Erika Katherine Jaramillo Vélez de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, enero 2023

Para constancia firman:



Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez, Ph.D
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Alex Xavier Frías Torres, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad y fuerza para alcanzar mis metas en el trascurso de mi vida.

A mi abuelita, Rosa y a mi madre, Margarita, quienes han estado siempre para mí en cada momento, con sus consejos y apoyo incondicional.

A mis hermanos Kevin y Daniela, quienes han sido la motivación para llegar a este punto de mi vida.

A mis amigos y familiares que han confiado en mi capacidad y me han alentado a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento, por bendecir a mi familia y darme la oportunidad de vivir esta experiencia.

A mi abuelita, por confiar en mí y motivarme cada día a ser mejor persona, por sus palabras de aliento y su infinito cariño.

A mi madre, por su apoyo y cariño incondicional, gracias a su sacrificio y por haberme forjado como la persona que soy.

A mis hermanos, por su compañía y confianza, quienes me han motivado a seguir adelante.

A mis amigos y demás familiares quienes me apoyaron y compartieron experiencias a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, lugar donde adquirí los conocimientos necesarios para el ámbito profesional.

A mi tutor, Ing. Favio Portilla por su guía y consejos durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

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	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes del proyecto técnico	1
1.2. Fundamentación teórica	3
1.2.1. Topografía.....	3
1.2.2. Levantamiento topográfico	3
1.2.3. Vía.....	4
1.2.4. Pavimento.....	5
1.2.5. Tránsito	6
1.2.6. Volumen de Tránsito.....	6
1.2.7. Aforo de volumen	7
1.2.8. Índice de Condición del Pavimento	8
1.2.9. Viga Benkelman.....	9
1.2.10. Extracción de asfalto mediante centrífuga	9
1.2.11. Estudios de suelos	10
1.2.12. Clasificación de suelos	13

1.2.13.	Ciclo de vida de un pavimento	16
1.2.14.	Fallas en pavimentos flexibles	17
1.2.15.	Conservación vial	28
1.2.16.	Niveles de la conservación vial	28
1.2.17.	Técnicas de Reparación para Pavimentos asfálticos	29
1.3.	Objetivos	34
1.3.1.	Objetivo general	34
1.3.2.	Objetivos específicos	34
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		35
2.1.	Materiales	35
2.2.	Métodos	38
2.2.1.	Datos documentales o bibliográficos	38
2.2.2.	Datos exploratorios o de campo	39
2.2.3.	Datos de laboratorio	39
2.2.4.	Fases del Proyecto	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
3.1.	Análisis y discusión de los resultados	45
3.1.1.	Ubicación del proyecto	45
3.1.2.	Levantamiento topográfico	46
3.1.3.	Análisis de tráfico	46
3.1.4.	Análisis de Evaluación del Índice de Condición del pavimento PCI... ..	56
3.1.5.	Análisis de la medición de deflexiones del pavimento	65
3.1.6.	Análisis y resultados del estudio de suelos	78
3.1.7.	Análisis de Asfalto	80
3.1.8.	Plan de conservación vial	84
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		90
4.1.	Conclusiones	90

4.2.	Recomendaciones	92
	Materiales de referencia	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del PCI	9
Tabla 2. Clasificación de suelos según CBR	13
Tabla 3. Sistema de clasificación AASHTO.....	14
Tabla 4. Niveles de Severidad – Piel de cocodrilo.....	18
Tabla 5. Niveles de Severidad – Exudación.....	19
Tabla 6. Niveles de severidad – Agrietamiento en bloque.....	19
Tabla 7. Niveles de severidad – Bombeo y Hundimiento.....	20
Tabla 8. Niveles de severidad – Corrugación	20
Tabla 9. Niveles de severidad – Depresiones	21
Tabla 10. Niveles de severidad – Agrietamiento de borde	21
Tabla 11. Niveles de severidad – Agrietamiento reflejo de juntas.	22
Tabla 12. Niveles de Severidad – Caída externa de la vía.....	22
Tabla 13. Niveles de severidad – Agrietamiento Longitudinal y transversal	23
Tabla 14. Niveles de severidad – Parchados	24
Tabla 15. Niveles de severidad – Baches.....	25
Tabla 16. Niveles de severidad – Cruce de Ferrocarril.....	25
Tabla 17. Niveles de severidad – Ruteo.....	26
Tabla 18. Niveles de severidad – Empellones	26
Tabla 19. Niveles de severidad – Agrietamiento media luna	27
Tabla 20. Niveles de severidad – Protuberancia	27
Tabla 21. Niveles de severidad – Intemperismo	28
Tabla 22. Levantamiento topográfico	35
Tabla 23. Equipo y Materiales – Estudio de suelos	36
Tabla 24. Materiales – Viga Benkelman.....	38
Tabla 25. Formato de Conteo Vehicular	40
Tabla 26. Información de calicatas	42
Tabla 27. Ensayos y normas.....	42
Tabla 28. Ubicación de las muestras extraídas de asfalto	44
Tabla 29. Información del levantamiento georreferenciado	46
Tabla 30. Conteo vehicular por día y tipo de vehículo	47
Tabla 31. Conteo vehicular nocturno	48
Tabla 32. Porcentaje de tránsito que circula durante 24 horas.....	48

Tabla 33. Proyección de tránsito correspondiente a una semana.....	49
Tabla 34. TPDA para cada tipo de vehículo	51
Tabla 35. Tasa de crecimiento por quinquenio	52
Tabla 36. Tráfico futuro de la vía Camino Real tramo km 7+600 al 11+400.....	53
Tabla 37. Clasificación de la vía en función del TPDA _f	53
Tabla 38. Factor de daño según el tipo de vehículo.....	55
Tabla 39. Factor de distribución direccional.....	55
Tabla 40. Factor de distribución por carril.....	55
Tabla 41. Número de ejes equivalentes.....	56
Tabla 42. Datos de la vía en estudio	57
Tabla 43. Unidades de Muestreo para el Índice de Condición del Pavimento (PCI). 59	
Tabla 44. Índice de condición del Pavimento – Unidad de muestreo 1	60
Tabla 45. Cálculo del máximo CDV	63
Tabla 46. Resumen del PCI de la vía Camino Real (Norte) - km 7+600 al 11+400 . 64	
Tabla 47. Localización del punto de ensayo	65
Tabla 48. Lecturas de Deflexiones del pavimento	66
Tabla 49. Deflexiones corregidas por relación de brazos	67
Tabla 50. Deflexiones corregidas por temperatura	68
Tabla 51. Factores de corrección por estacionalidad	69
Tabla 52. Deflexiones corregidas por estacionalidad	70
Tabla 53. Radio de Curvatura	71
Tabla 54. Valores para la desviación estándar	72
Tabla 55. Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia	73
Tabla 56. Resultados de deflexiones - Viga Benkelman.....	75
Tabla 57. Tipos de deflexiones	75
Tabla 58. Resultados de deflexiones y Tipo de deflexión	76
Tabla 59. Deflexiones proyectadas a 20 años	77
Tabla 60. Clasificación de suelo	78
Tabla 61. Resultados Límites de Atterberg.....	79
Tabla 62. Resultados de Proctor Modificado Tipo B.....	79
Tabla 63. Resultados CBR, clasificación y uso	80
Tabla 64. Comparación entre Densidad de campo y Densidad de laboratorio	80
Tabla 65. Contenido de asfalto.....	81

Tabla 66. Falla – Piel de cocodrilo	84
Tabla 67. Falla – Bombeo y Hundimiento	84
Tabla 68. Falla - Depresiones.....	84
Tabla 69. Falla – Agrietamiento de borde.....	85
Tabla 70. Falla – Agrietamiento Longitudinal y transversal.....	85
Tabla 71. Falla – Parchados	85
Tabla 72. Falla – Baches	86
Tabla 73. Falla – Intemperismo	86
Tabla 74. Actividades para el mantenimiento vial.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de terrenos en carreteras	3
Figura 2. Clasificación Funcional de las vías.....	4
Figura 3. Estructura de Pavimento Flexible.....	5
Figura 4. Estructura de Pavimento Rígido	6
Figura 5. Conteo manual utilizando hoja de conteo.....	8
Figura 6. Esquema típico de una viga Benkelman.....	9
Figura 7. Extractor centrífugo	10
Figura 8.- Dispositivo de Límite líquido y herramienta de ranurado.....	11
Figura 9.- Prueba de límite plástico	12
Figura 10. Sistema unificado de Clasificación de suelo	16
Figura 11. Ciclo de vida de un pavimento	17
Figura 12. Agregados pulidos	24
Figura 13. Bache	25
Figura 14. Texturizado superficial de la capa de rodamiento	30
Figura 15. Bacheo de un pavimento asfáltico	31
Figura 16. Riego tipo niebla.....	32
Figura 17. Restauración de un pavimento con lechada asfáltica	33
Figura 18. Restauración de un pavimento asfáltico con Tratamiento superficial	33
Figura 19. Materiales - PCI.....	36
Figura 20. Formato hojas de datos para PCI.....	41
Figura 21. Esquema del ensayo de medición de deflexiones.....	43
Figura 22. Ubicación del Tramo de la Vía en Estudio.....	45
Figura 23. Comportamiento horario.....	47
Figura 24. Comportamiento vehicular diario de la Vía Camino Real (Norte).....	48
Figura 25. Porcentajes de tránsito por tipo de vehículo	50
Figura 26. Carretera de Mediana Capacidad.....	54
Figura 27. Ábaco de valores deducidos para Falla 10 – Agrietamiento longitudinal y transversal	61
Figura 28. Ábaco de valores deducidos para Falla 1 – Piel de cocodrilo	61
Figura 29. Ábaco de valor deducido corregido (CDV).....	63
Figura 30. Deflectograma de la vía en estudio.....	76
Figura 31. Deflexiones proyectadas cada 5 años	77

Figura 32. Granulometría 1	82
Figura 33. Granulometría 2	82
Figura 34. Granulometría 3	83
Figura 35. Granulometría 4	83
Figura 36. Depresiones en la abscisa km 8+080 - 8+100 – Unidad de prueba A1	89

RESUMEN

La vía Camino Real (Norte), al ser considerada alterna a la Panamericana Norte, permite trasladarse desde el cantón Ambato hacia el cantón Salcedo en Cotopaxi, ayudando a la movilidad y crecimiento económico del sector; por consiguiente, se ha evidenciado un aumento de tráfico pesado haciendo que la capa de rodadura de ésta se deteriore. Dando inicio al proyecto técnico, se realizó el levantamiento georreferenciado para la localización de la vía, seguido de un aforo vehicular manual para la determinación del TPDA y tráfico futuro, clasificándola como una vía “Colectora - Clase I”. También, se llevó a cabo una inspección visual y evaluación de la condición actual del pavimento mediante el método del PCI, identificando fallas recurrentes como: piel de cocodrilo, baches, parchados e intemperismo; obteniendo un valor de PCI promedio de 68.15 correspondiente a un estado “Bueno”. De igual forma, se efectuó el ensayo de medición de deflexiones con la viga Benkelman, dando como resultado una deflexión “Tipo I”. Finalmente, para complementar el trabajo se realizó ensayos de laboratorio y de campo de muestras de suelo representativas de la zona como granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado, CBR, densidad de campo y humedad natural, que en su mayoría se clasifica como un suelo de tipo “Arena limosa”. En base a los resultados obtenidos se plantearon opciones de reparo según el tipo de falla existente.

Palabras clave: Levantamiento georreferenciado, TPDA, PCI, Viga Benkelman, CBR, Extracción de asfalto, Rehabilitación vial.

ABSTRACT

The Camino Real (North) road, which is considered an alternative to the Panamericana Norte, allows moving from the canton Ambato to the canton Salcedo in Cotopaxi, helping the mobility and economic growth of the sector; Consequently, there has been evidence of an increase in heavy traffic causing the rolling layer of the latter to deteriorate. At the beginning of the investigation, the georeferenced survey was carried out for the location of the road, followed by a manual vehicle capacity for the determination of the TPDA and future traffic, classifying it as a "Collector - Class I" road. Also, a visual inspection and evaluation of the current condition of the pavement were carried out using the PCI method, identifying recurrent faults such as alligator cracking, potholes, patches, and weathering, obtaining an average PCI value of 68.15 corresponding to a "Good" state. Similarly, the deflection measurement test was performed with the Benkelman beam, resulting in a "Type I" deflection. Finally, to complement the work, laboratory and field tests were carried out on soil samples representative of the area such as granulometric analysis, Atterberg limits, modified Proctor, CBR, field density, and natural moisture, which is mostly classified as a "silty sand" type soil. Based on the results obtained, repair options were proposed according to the type of fault.

Keywords: Georeferenced survey, TPDA, PCI, Benkelman beam, CBR, Asphalt extraction, Road rehabilitation.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del proyecto técnico

La red de caminos de un país representa un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Paulatinamente, se está abriendo paso en América Latina y también en el resto del mundo la convicción de que la conservación vial merece una atención apropiada para, evitar las serias consecuencias que acarrea su déficit, que se traducen en deterioro de las vías y la consecuente necesidad de rehabilitarlas, aumentos de costos de operación vehicular y de accidentes. [1][2]

La planificación e implementación de los planes de mantenimiento vial se traducen en beneficios significativos, tanto desde el punto de vista técnico (p.ej. Conservación preventiva de las carreteras) como económico (p.ej. disminución de los costos globales de mantenimiento y de los costos de operación de los vehículos). Por lo tanto, resulta imprescindible que los organismos viales posean capacidades adecuadas para la planificación a largo plazo, y permitan prever las necesidades en materia de inversión en obras de rehabilitación (p.ej., recapeos). [3]

Históricamente, se puede decir quizás que hasta fines de la década de los 70, el mantenimiento vial se realizaba de manera generalizada en su mayor parte por administración directa. Durante la década de los 80 comienza la tendencia a la contratación de ciertas actividades, especialmente las de rehabilitación o mantenimiento periódico. La agudización de crisis económicas, las restricciones presupuestarias imperantes y la tendencia mundial en materia de tercerización y privatización incurrieron en los años 90 también en el ámbito vial, propiciando en líneas generales reducciones significativas en los recursos humanos y de equipamiento en los organismos viales. [3]

Una adecuada conservación vial, como lo ha establecido la CEPAL, no solamente mantiene el nivel de servicio de la vía, sino que además alarga la vida útil de la misma. Ecuador Nicaragua Paraguay y Perú a través de proyectos de inversión desarrollados en los últimos años, se ha propiciado organizaciones encargadas del mantenimiento vial, quienes realizan tareas como arreglo de baches, despejo de cunetas, limpieza de vegetación, retiro de pequeños obstáculos y tareas genéricas de emergencia. [4]

La infraestructura vial en el Ecuador ha mantenido una historia de afectaciones constantes, como paralizaciones y colapso de puentes y caminos, generadas tanto por el riesgo sísmico cuanto por los factores climáticos a los que por décadas los Gobiernos han tenido que afrontar con soluciones inmediatistas y onerosas para el erario nacional, sin ningún soporte tecnológico que garantice una seguridad adecuada para el desarrollo. [5]

Cabe mencionar que, la Provincia de Tungurahua tiene una ubicación privilegiada al situarse estratégicamente en el centro del país y equidistante a los principales polos de desarrollo del nivel nacional como Quito y Guayaquil, Se organiza a través del eje vertical de la vía panamericana que conecta la sierra norte con la sierra sur y que articula los ejes arteriales en conexión horizontal y de acceso a la región amazónica a través de la vía Ambato – Baños y a la región costa a través de la vía Ambato – Guaranda. [6]

En el año 2013, fue inaugurada la vía “Camino Real”, esta carretera asfaltada y señalizada, de doble carril, es considerada alterna a la Panamericana Norte, pues permite trasladarse desde la parroquia Atahualpa en Ambato, hacia el Cantón Salcedo, en Cotopaxi. Además, ayuda al sector agropecuario permitiendo la movilidad y transporte de productos agrícolas y, su posterior comercio en lugar aledaños. Sin embargo, el incremento de la demanda vehicular por esta vía ha deteriorado la capa de rodadura de esta, siendo requerida la intervención de organismos viales. [7]

Un pavimento se deteriorará inevitablemente debido a la fatiga producida por la repetición de las cargas que el tráfico genera. Sin embargo, y dado un cierto nivel de sollicitación o tráfico, la condición del pavimento en servicio en cada momento dependerá también de las actividades de mantenimiento que se realicen, de allí que sobre importancia la aplicación oportuna de tareas preventivas.[3]

Por tal razón, el presente proyecto técnico tiene como finalidad proponer un proceso de conservación de la capa de rodadura de la vía Camino Real, para promover el desarrollo local y mejorar la vialidad en las parroquias del sector.

1.2. Fundamentación teórica

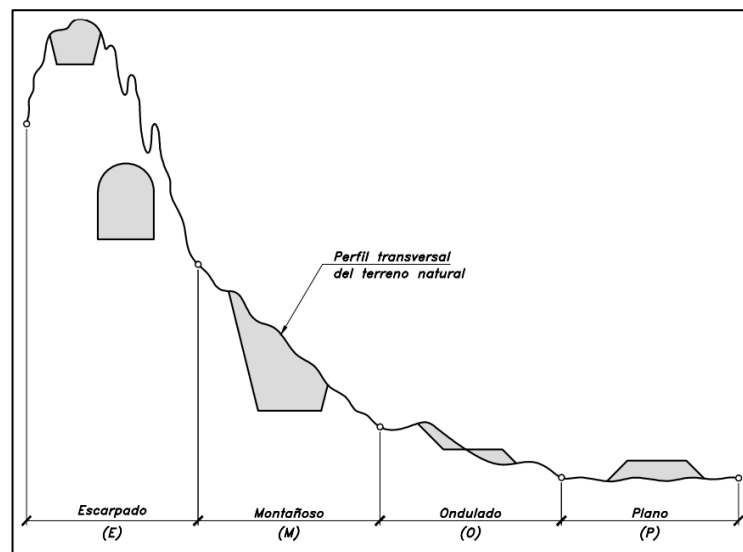
1.2.1. Topografía

Es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos. [8]

La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales. Desde el punto de vista de la topografía, se pueden clasificar los terrenos en cuatro categorías que son:

- a) Terreno plano
- b) Terreno ondulado
- c) Terreno montañoso
- d) Terreno escarpado [9]

Figura 1. Tipos de terrenos en carreteras



Fuente: J. Cárdenas (2013).

1.2.2. Levantamiento topográfico

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. [10]

1.2.3. Vía

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. [11]

1.2.3.1. Clasificación de las vías

Las carreteras en nuestro país se las clasificará principalmente por:

- **Clasificación por capacidad (Función del TPDA):** Para normalizar, la estructura de la red vial del país de este siglo se ha clasificado a las carreteras de acuerdo con el volumen de tráfico que procesa o que se estima procesará en el año horizonte o de diseño. La presente tabla muestra la clasificación funcional propuesta de las carreteras y caminos en función del TPDA. [9]

Figura 2. Clasificación Funcional de las vías

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA _d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Limite Inferior	Limite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovia o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: NEVI-12. Volumen N°2.

- **Clasificación Funcional por importancia en la red vial**

Corredores arteriales: Son los caminos de alta jerarquía funcional, los que se constituyen por aquellos que conectan en el Continente, a las Capitales de Provincia, a los principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera que sirven para viajes de larga distancia y que deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada en su recorrido, giros y maniobras controlados; y, estándares geométricos adecuados para proporcionar un operación de tráfico eficiente y segura. [9]

Vías colectoras: Son los caminos de mediana jerarquía funcional, los constituyen aquellos cuya función es recolectar el tráfico de la zona rural o una región, que llegan a través de los caminos locales para conducirlos a la malla estratégica o esencial de corredores arteriales. [9]

Caminos vecinales: Estas vías son las carreteras convencionales básicas que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores, destinados a recibir el tráfico doméstico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola, accesos a sitios turísticos. [9]

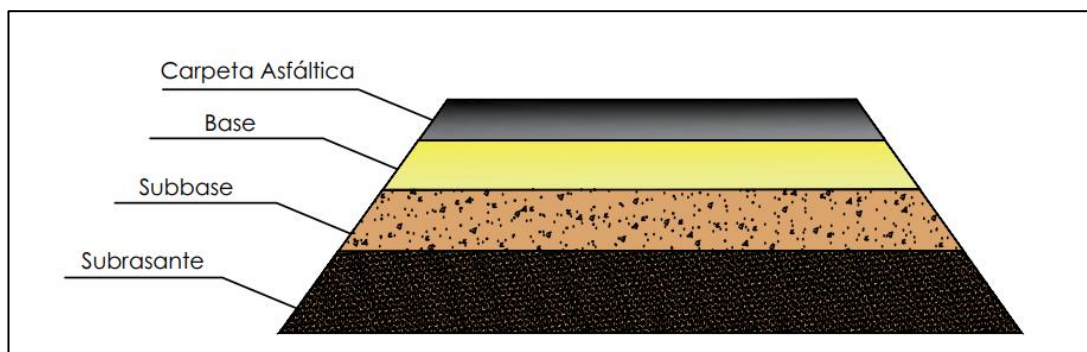
1.2.4. Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales (función estructural). Asimismo, deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se imponga sobre su superficie en determinado período de tiempo (objetivo funcional). [12] [13]

1.2.4.1. Pavimento flexible

Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o subrasante. [13]

Figura 3. Estructura de Pavimento Flexible

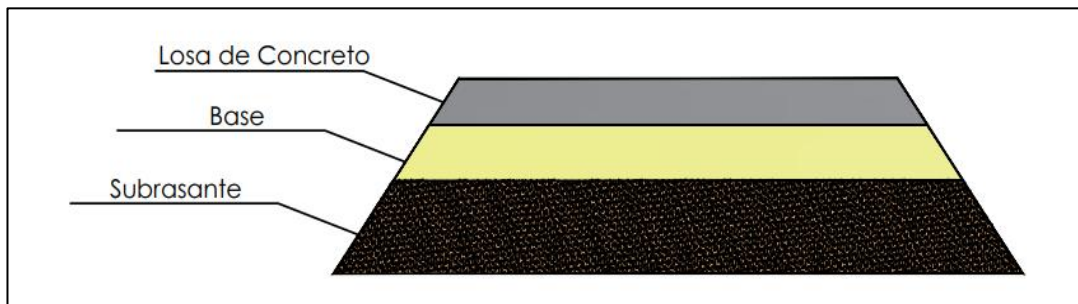


Elaborado por: Erika Jaramillo

1.2.4.2. Pavimento rígido

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. [12]

Figura 4. Estructura de Pavimento Rígido



Elaborado por: Erika Jaramillo

1.2.5. Tránsito

Ésta es quizás la variable de mayor importancia para calcular los espesores del pavimento. Y se puede definir como el desplazamiento de vehículos y/o personas a lo largo de una vía de comunicación, en condiciones relativas de orden, eficacia, seguridad y comodidad. [14] [15]

El estudio de tránsito debe ser uno de los primeros estudios, principalmente cuando se trata de vías que serán construidas o mejoradas por el sistema de concesión. Este se encarga de estimar los volúmenes de tránsito esperados en el momento de dar el servicio a la vía y su comportamiento a lo largo de la vida útil de esta. Tiene 2 finalidades: la rentabilidad de la vía y el diseño de pavimentos. [16]

1.2.6. Volumen de Tránsito

En el estudio del volumen de tránsito se deben tener en cuenta varios conceptos:

1.2.6.1. Volumen de Tránsito Promedio Diario (TPD)

El TPD es una medida de tránsito fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un período establecido. El

período debe estar dado como días completos y además estar comprendidos entre 1 a 365 días. [17]

1.2.6.2. Tránsito Promedio diario anual (TPDA)

Según se define el tránsito promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante un período dado, en días completos, igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. Cuando el periodo de conteo es de un año completo se obtiene el TPDA, Tránsito Promedio Diario Anual. [5] [16]

Es la medida más recurrente de flujo vehicular, se utiliza para caracterizar el tráfico cuando no existe el fenómeno de la congestión, así como para efectos de diseño de pavimentos. es el valor que se incorpora generalmente a los modelos de deterioro de pavimentos.

En la mayoría de los casos sólo interesa conocer el TPDA total de ambos sentidos, siendo razonable el supuesto de que la mitad de dicho flujo circula en cada sentido. [9]

1.2.7. Aforo de volumen

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía nos permiten obtener datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, las características de los aforos dependen del tipo de análisis solicitado en una vía. Estos aforos sirven para efectuar estudios de conservación, construcción señalización y de accidentes en la zona. [17]

1.2.7.1. Aforo vehicular manual

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo con el tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser: composición vehicular, flujo direccional y por carriles, volúmenes totales. El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año. [17]

El registro en el método manual de conteo puede ser efectuado de 3 formas: a través de formularios, de tableros mecánicos o de tableros electrónicos. Los formularios son el medio más simple de medición. En ellos, la información es registrada mediante

marcas en un formulario predefinido. Un reloj o cronómetro es necesario para medir el intervalo de tiempo deseado. [18]

Figura 5. *Conteo manual utilizando hoja de conteo*



Fuente: SCT. (2016)

1.2.7.2. Aforo vehicular automático

La contabilización automática se realiza mediante instrumentos que registran pulsos generados por algún sensor del paso de vehículos. La duración del proceso depende de su objetivo: alimentar las bases de datos de carácter estratégico, para lo cual se utiliza instalaciones permanentes; recolectar información para un proyecto específico, para lo cual se habilitan instalaciones temporales. [9]

1.2.8. Índice de Condición del Pavimento

El Índice de Condición de Pavimento (PCI por sus siglas en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos.

La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas; el procedimiento es enteramente manual y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su seguridad y el área afectada. [19]

El PCI es un índice numérico, que varía de 0 para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en perfectas condiciones. El cálculo del PCI está basado en los resultados de una inspección visual de la superficie en la cual el tipo de anomalía, severidad y cantidad son identificados. Fue desarrollado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. [20]

Tabla 1. Clasificación del PCI

Rango de PCI	Calificación	Intervención
85 - 100	Excelente	Mantenimiento
70 - 85	Muy Bueno	Mantenimiento
55 - 70	Bueno	Rehabilitación
40 - 55	Regular	Rehabilitación
25 - 40	Malo	Rehabilitación
10 - 25	Muy Malo	Reconstrucción
0 - 10	Fallado	Reconstrucción

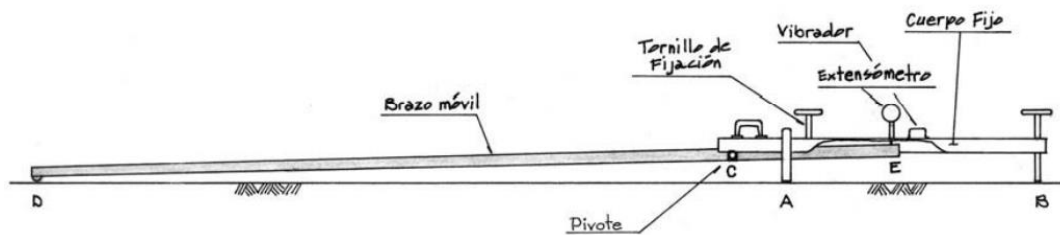
Elaborado por: Erika Jaramillo

Fuente: ASTM D – 6433, “Procedimiento Estándar para la Inspección del PCI para caminos y estacionamientos”.

1.2.9. Viga Benkelman

El instrumento más utilizado para medir la deformación elástica de un pavimento dado es la viga de deflexiones desarrollada por A.C. Benkelman, que permite conocer diferentes estados y propiedades del pavimento; de gran utilidad para el diseño, construcción y conservación de su estructura. Este equipo mide la deflexión máxima del pavimento bajo la acción de una carga estática o de muy lenta aplicación. [12][13]

Figura 6. Esquema típico de una viga Benkelman



Fuente: NEVI-12. Volumen N°6.

1.2.10. Extracción de asfalto mediante centrífuga

Este ensayo consiste en la determinación cuantitativa del contenido de aglutinante de asfalto en mezclas asfálticas y muestras de pavimento. El agregado obtenido por este método de extracción centrífuga puede usarse para el análisis de tamizado usando el método de prueba D 5444. El contenido de aglutinante de asfalto se calcula por la diferencia de la masa del agregado extraído, el contenido de humedad, si se determina y la materia mineral en el efluente. [21]

Figura 7. Extractor centrífugo



Fuente: Manual de Instrucciones “Extractor Centrífugo B001”

1.2.11. Estudios de suelos

Todas las estructuras por construir, puentes, muros, alcantarillas de cajón, etc., deben de tener su correspondiente estudio de suelos con el fin de diseñar la estructura más adecuada de acuerdo con la capacidad de soporte del suelo donde se va a fundar. [16]

Una investigación de suelos debe comprender ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la subrasante.

Con el objeto de establecer las propiedades físicas de cada suelo muestreado y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones, es necesario efectuar varias pruebas. Al respecto, se encuentran normalizadas cierto número de pruebas cuyos nombres identifican las características que determinan. [12]

Por ello, es importante realizar los ensayos mencionados a continuación:

1.2.11.1. Contenido de humedad

Es un ensayo que permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. [12]

1.2.11.2. Granulometría

Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo. Existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica del suelo. [12]

Generalmente se utilizan dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de partículas de suelo: (1) *Análisis de tamiz* para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y (2) *Análisis de hidrómetro* para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro. [22]

1.2.11.3. Plasticidad

En Mecánica de Suelos puede definirse como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. [23]

La cuantificación de la plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia o de Atterberg. Éstos fueron establecidos por el ingeniero agrónomo sueco Atterberg en 1911 y miden la plasticidad del suelo a través de las humedades que son necesarias para alcanzar dos estados límite de consistencia: límite líquido y límite plástico. [24]

1.2.11.4. Límite líquido

El límite líquido es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir. [22]

Arbitrariamente, se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm cuando se deja caer la Copa de Casagrande 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. [25]

Figura 8.- Dispositivo de Límite líquido y herramienta de ranurado



Fuente: Braja M. Das, Henderson, Nevada

1.2.11.5. Límite plástico

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que puede formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. [25]

El límite plástico se define como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de elasticidad. En este estado, el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento. [22]

Figura 9.- Prueba de límite plástico



Fuente: Braja M. Das, Henderson, Nevada.

1.2.11.6. Índice de plasticidad

El cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y límite plástico, e indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico antes de cambiar al estado líquido. [12]

Un índice de plasticidad bajo significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para un suelo en estado semisólido pase a líquido, se debe agregar gran cantidad de agua. [26]

1.2.11.7. Ensayo de CBR (Relación Californiana de Soporte)

El índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles. El CBR se expresa en porcentaje como, la razón

de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida. [12]

El valor de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización como subbase, base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas.

Tabla 2. Clasificación de suelos según CBR

CBR (%)	Clasificación General	Uso
2-5	Muy mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante
8-20	Regular - Buena	Subrasante
20-30	Excelente	Subrasante
30-60	Buena	Sub-base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: AASHTO -93, Diseño de Pavimentos.

1.2.11.8. Ensayo Proctor Modificado

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de agua y Peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm de diámetro con un pisón de 44.5 N que cae de una altura de 457 mm produciendo una energía de compactación de 2700 kN-m/m³. [25]

Una vez es analizada la gráfica de la curva se puede determinar el peso unitario máximo al que se puede llevar el suelo por métodos de compactación, con su respectivo porcentaje de humedad al que se logra dicha condición. Estos parámetros se convierten en condicionantes al momento de aprobación de los suelos trabajados en una obra. [26]

1.2.12. Clasificación de suelos

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos,

cada uno de estos métodos tiene, prácticamente su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado. [12]

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.). [12]

1.2.12.1. Sistema de clasificación AASHTO

De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A- 1 a A- 7. Lo suelos que clasifican en los grupos A- 1, A- 2 y A- 3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en el resto de los grupos. Éstos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla. [22]

Tabla 3. Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
				A-7 A-7-5* A-7-6†
<i>Grupo de clasificación</i>	A-4	A-5	A-6	
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Fuente: Braja M. Das (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.

1.2.12.2. Sistema unificado de clasificación de suelos

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos. Esta clasificación divide los suelos en: Suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. [12]

Lo suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo, que es la inicial de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (G para grava, S para la arena, M sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla, O para limos orgánicos y arcillas, Pt se utiliza para la turba); y un sufijo, que indica subdivisiones en dichos grupos. [12] [22]

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50) [22]

Figura 10. Sistema unificado de Clasificación de suelo

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
		Más de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM	
	Más de 12% finos ^{b,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC	
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	ML
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado $\frac{\text{Límite líquido: no secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
		Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	CH MH
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado $\frac{\text{Límite líquido: no secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

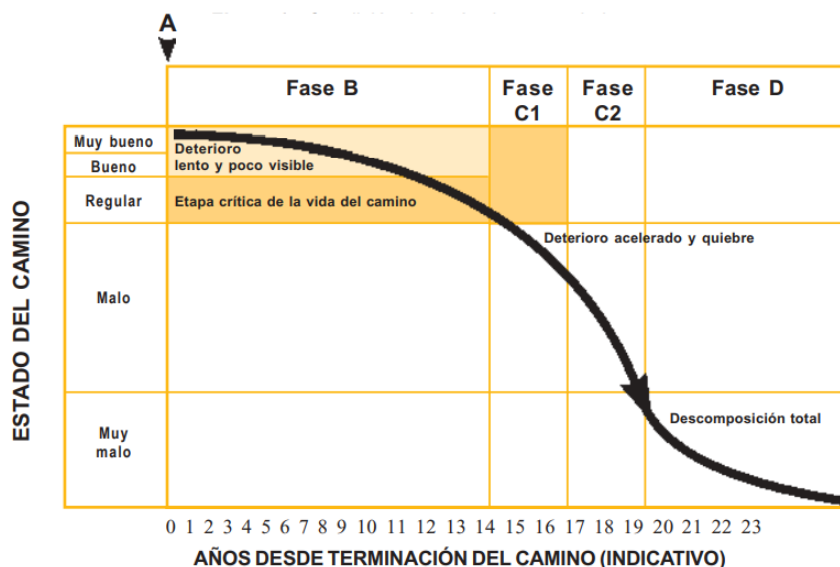
Fuente: Braja M. Das (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnica.*

1.2.13. Ciclo de vida de un pavimento

El deterioro de una vía es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para luego deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total. [1]

Es por ello por lo que, en los países de Latinoamérica, así como en otros continentes, las vías están sometidas a un ciclo que, por sus características, ha adquirido la condición de fatal. Este ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

Figura 11. Ciclo de vida de un pavimento



Fuente: J. Menéndez (2003).

- **Fase A – Construcción:** La vía entra en servicio apenas se termina la obra, desde ese momento se encuentra en excelentes condiciones para satisfacer las necesidades de los usuarios. [1]
- **Fase B – Deterioro lento y poco visible:** En esta fase, la vía se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. La vía sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado. [1]
- **Fase C – Deterioro acelerado:** Se puede observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar a la mayor parte de la vía. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada. [1]
- **Fase D – Descomposición total:** Esta constituye la última etapa de existencia de la vía, siendo la descomposición total de la misma y puede durar varios años. Durante este período, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. [1]

1.2.14. Fallas en pavimentos flexibles

Se entenderá por deterioro de un pavimento como la serie de daños y manifestaciones superficiales de la capa de rodadura que perjudican la condición de circulación segura

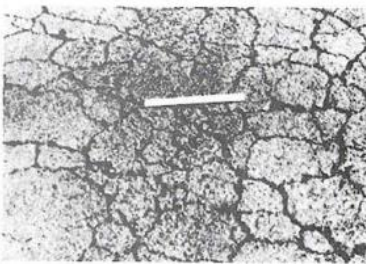
y confortable, y que a su vez son capaces de incrementar los costos de operación vehicular. El deterioro de la superficie es cualquier indicación desfavorable del desempeño del pavimento o señales de falla inminente; cualquier desempeño poco satisfactorio de un pavimento se considera una falla. [27]

Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos asfálticos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión. [28]

1) Piel de cocodrilo

Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Se miden en unidades de área, es decir, en metros cuadrados de superficie afectada. [29]

Tabla 4. Niveles de Severidad – Piel de cocodrilo


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Fino, son líneas como pelos de cabello que corren paralelas, algunas conectadas.</p> <p>Medio: Se han desarrollado grietas suaves de piel de cocodrilo.</p> <p>Alto: Presenta piezas bien definidas, y puede presentar desprendimientos de material por el tráfico.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

2) Exudación o Sangrado

Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido. Es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. La exudación se mide en metros cuadrados de área afectada. [29]

Tabla 5. Niveles de Severidad – Exudación


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Sangrado muy suave y solo perceptible en algunos días del año. El asfalto no se pega a los calzados o vehículos.</p> <p>Medio: Sangrado con frecuencia, y el asfalto se pega a los calzados o vehículos durante pocas semanas al año.</p> <p>Alto: Sangrado considerable, el asfalto se pega a los calzados y vehículos durante varias semanas al año.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

3) Agrietamiento en bloque

Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio >30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m². Esta anomalía se presenta normalmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas sin tráfico. Se miden en metros cuadrados de superficie afectada. [29]

Tabla 6. Niveles de severidad – Agrietamiento en bloque


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Bloques son definidos por grietas de severidad baja.</p> <p>Medio: Bloques son definidos por grietas de severidad media.</p> <p>Alto: Bloques son definidas por grietas de severidad alta.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

4) Bombeo y hundimiento

Bombeos, son desplazamientos pequeños y localizados hacia arriba en la superficie pavimentada. *Hundimientos*, son desplazamientos pequeños y abruptos hacia abajo en la superficie pavimentada. Ambos, se miden en unidades de longitud (m). [20]

Tabla 7. Niveles de severidad – Bombeo y Hundimiento


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Causa severidad baja en el “ride quality” *.</p> <p>Medio: Causa severidad media en el “ride quality”.</p> <p>Alto: Causa severidad alta en el “ride quality”.</p>	
<p>*<i>Ride quality</i>: percepción de la calidad de pavimento del conductor de un vehículo cuando pasa sobre esta anomalía.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

5) Corrugación

Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento. La corrugación es medida en unidades de área. [29]

Tabla 8. Niveles de severidad – Corrugación

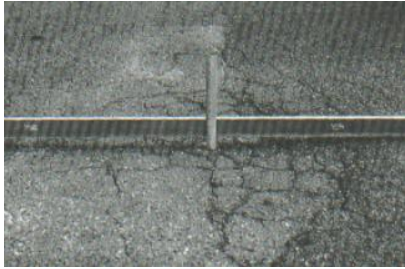
Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Produce severidad baja en el “ride quality” *.</p> <p>Medio: Produce severidad media en el “ride quality”.</p> <p>Alto: Produce severidad alta en el “ride quality”.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

6) Depresiones

Son áreas de superficie de pavimentos localizadas con elevaciones ligeramente más bajas. Estas son creadas por asentamientos del suelo de fundación o son resultado de errores en la construcción. Además, causan rugosidad y cuando son profundas pueden causar resbalones. Las depresiones son medidas en unidades de área. [20]

Tabla 9. Niveles de severidad – Depresiones


Niveles de severidad	Gráfico
<p>En la máxima profundidad de la depresión:</p> <p>Bajo: 13 a 25 mm</p> <p>Medio: 25 a 51 mm</p> <p>Alto: > 51 mm</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

7) Agrietamiento de borde

Las grietas de borde son paralelas al borde del pavimento en 1 a 2 pies (0.3 a 0.6 m). Esta anomalía es acelerada por las cargas de tráfico y pueden ser a causa del escarchado, debilitamiento de la base o subbase cerca del borde del pavimento. Se miden en unidades de longitud (m). [20]

Tabla 10. Niveles de severidad – Agrietamiento de borde


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Grietas leves o medias con ningún desmembramiento.</p> <p>Medio: Grietas medias con algunos desmembramientos.</p> <p>Alto: Considerables desmembramientos a lo largo del borde.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

8) Agrietamiento reflejo de juntas

Se presenta sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, se observan fisuras o grietas en la superficie de sobrecapas que tienden a reproducir las fallas y juntas que se producen en la capa de abajo. Estas grietas se miden en metros lineales. [29]

Tabla 11. Niveles de severidad – Agrietamiento reflejo de juntas.


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Para cada nivel, una de las condiciones existe:</p> <p>Bajo: Grietas no llenas cuyo ancho es < 10 mm. o Grietas llenas, de cualquier ancho.</p> <p>Medio: Grietas no llenas cuyo ancho de 10 a 76 mm.</p> <p>Grietas no llenas, de ancho > 76 mm, rodeadas de grietas suaves.</p> <p>Grietas llenas, de cualquier ancho rodeada de grietas.</p> <p>Alto: Cualquier grieta llena o no, rodeada por agrietamientos medios o altos.</p> <p>Grietas no llenas, de un ancho > 76 mm</p> <p>Una grieta de cualquier ancho donde exista agrietamientos que estén severamente quebradas.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

9) Caída externa de la vía / Hombrera

Es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la hombrera. Esta anomalía es causada por erosión de la hombrera, asentamiento de la hombrera o por construcción del camino sin ajuste del nivel de hombrera. Esta anomalía se mide en unidades de longitud lineal (m). [20]

Tabla 12. Niveles de Severidad – Caída externa de la vía

Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: La diferencia en elevación es 25 - 51 mm.</p> <p>Medio: La diferencia en elevación está entre 51 – 102 mm,</p> <p>Alto: La diferencia en elevación es >102 mm.</p>	


Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

10) Agrietamiento longitudinal y Transversal

Las grietas longitudinales son fracturas que se extienden a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la vía, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable. [29]

Las grietas transversales son fracturas de longitud variable que se extienden a través de la superficie del pavimento formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. [29]

Tabla 13. Niveles de severidad – Agrietamiento Longitudinal y transversal


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Para cada nivel, una de las condiciones existe:</p> <p>Bajo: Grietas no llenas cuyo ancho es < 10 mm o Grietas llenas, de cualquier ancho.</p> <p>Medio: Grietas no llenas cuyo ancho de 10 a 76 mm.</p> <p>Grietas no llenas, de ancho > 76 mm, rodeadas de grietas suaves.</p> <p>Grietas llenas, de cualquier ancho rodeada de grietas.</p> <p>Alto: Cualquier grieta llena o no, rodeada por agrietamientos medios o altos.</p> <p>Grietas no llenas, de un ancho > 76 mm</p> <p>Una grieta de cualquier ancho donde exista agrietamientos que estén severamente quebradas.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

11) Parchados

Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original, y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas, particularmente cuando su ejecución es defectuosa. Los parchados se miden en metros cuadrados de área afectada. [29]

Tabla 14. Niveles de severidad – Parchados

Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Parchado está en buenas condiciones.</p> <p>Medio: Parchado está moderadamente deteriorado.</p> <p>Alto: Parchado está muy mal, muy deteriorado. Necesita reemplazo pronto.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

12) Agregados Pulidos

Es causada por aplicación repetitiva del tráfico. Cuando el agregado en la superficie llega a ser liso al contacto con la mano, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente. Se miden en unidades de área (m²).

Nivel de severidad, no está definido. Sin embargo, si el grado de pulido es significativo será incluido en la evaluación de condiciones como un defecto.

Figura 12. Agregados pulidos



Fuente: M. Corros & otros, “Manual de Evaluación de Pavimentos”. [19]

13) Baches

Desintegración total de la superficie de rodadura, que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares. Los baches son pequeños (usualmente <0.9 m de diámetro); son depresiones en forma de cuenco. Son medidos por conteo del número registrado de acuerdo con el nivel de severidad alto, medio o bajo; y registrados separadamente. [20], [29]

Figura 13. Bache



Fuente: M. Corros & otros, “Manual de Evaluación de Pavimentos”. [19]

Los niveles de severidad de los baches < 762 mm en diámetro se basan en la profundidad, según la siguiente tabla:

Tabla 15. Niveles de severidad – Baches

Profundidad máxima del bache	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203	203 a 457	457 a 762
12.7 a 25.4 mm	B	B	M
25.4 a 50.8 mm	B	M	A
> 50.8 mm	M	M	A

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

14) Cruce de ferrocarril

El cruce del ferrocarril ocasiona depresiones o bombeos alrededor y/o entre las vías. Se miden en unidades de área (m²). Si el cruce no afecta al “ride quality”, no será contabilizado. [20]

Tabla 16. Niveles de severidad – Cruce de Ferrocarril


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Produce severidad baja en el “ride quality”.</p> <p>Medio: Produce severidad media en el “ride quality”.</p> <p>Alto: Produce severidad alta en el “ride quality”.</p>	A photograph showing a railway crossing. In the foreground, there are wooden planks or a road surface. In the background, there are railway tracks and some buildings or trees under a clear sky.

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

15) Ruteo

Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m. En muchos casos, el ruteo no es perceptible; solo después de las lluvias cuando la ruta se llena de agua. Es provocado usualmente por consolidación o movimientos laterales de los materiales debido a la carga del tráfico. El ruteo se mide en unidades de área (m²). [20], [29]

Tabla 17. Niveles de severidad – Ruteo

Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: La profundidad media es de 6 a 13 mm.</p> <p>Medio: La profundidad media es de 13^a 25 mm.</p> <p>Alto: La profundidad media es > 25 mm.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

16) Empellones

Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañadas por levantamientos de material, formando cordones laterales. Cuando el tráfico es apresurado en el pavimento, esto produce ondas cortas, abruptas en la superficie del pavimento. Se mide en unidades de área (m²).

Tabla 18. Niveles de severidad – Empellones


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Produce severidad baja en el “ride quality”.</p> <p>Medio: Produce severidad media en el “ride quality”.</p> <p>Alto: Produce severidad alta en el “ride quality”.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

17) Agrietamiento Media Luna

Son fisuras en forma de medialuna que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Estas se producen cuando las ruedas frenan o dan vuelta, causando deslizamiento o deformación en la superficie del pavimento. Se mide en unidades de área (m²). [20], [29]

Tabla 19. Niveles de severidad – Agrietamiento media luna

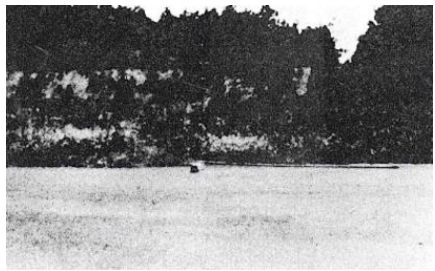
Niveles de severidad	Gráfico
<p>Para cada nivel, una de las condiciones existe:</p> <p>Bajo: Ancho medio de la grieta es < 10 mm.</p> <p>Medio: 1. Ancho medio de la grieta: 10 a 38 mm. 2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en piezas estrechas sanas.</p> <p>Alto: 1. Ancho medio de la grieta > 38 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en piezas fácilmente removibles.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

18) Protuberancia

Abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera. Es una onda gradual > 3m de largo y pueden estar acompañadas por grietas en la superficie. Esta anomalía es causada por la acción del escarchamiento de la subrasante o por hinchamiento del suelo. La protuberancia se mide en unidades de área (m²). [20], [29]

Tabla 20. Niveles de severidad – Protuberancia


Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: Produce severidad baja en el “ride quality”.</p> <p>Medio: Produce severidad media en el “ride quality”.</p> <p>Alto: Produce severidad alta en el “ride quality”.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

19) Intemperismo

Es el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida de adherencia del asfalto o alquitrán y el consecuente desalojo de las partículas de agregado. Esta anomalía indica también que la adherencia del asfalto tiene un endurecimiento apreciable, o que una pobre calidad de mezcla está presente. Se mide en unidades de área (m²). [20]

Tabla 21. Niveles de severidad – Intemperismo

Niveles de severidad	Gráfico
<p>Bajo: El agregado o el ligante han comenzado a desgastarse. se está empezando a formar hoyuelos.</p> <p>Medio: el agregado o el ligante se está desgastando. no textura de la superficie está moderadamente rugosa y con hoyuelos.</p> <p>Alto: El agregado o el ligante ha sido considerablemente desalojado. la textura de la superficie es muy rugosa y severamente agujereada. El área de los hoyuelos es menor a 100 mm de diámetro y menor a 13 mm de profundidad.</p>	

Fuente: Diseño de Pavimentos, UMSS (2004).

1.2.15. Conservación vial

Es la actividad llamada a preservar el buen estado de las vías, con el fin de que puedan prestar el servicio para el cual fueron diseñadas y construidas. La conservación constituye, por tanto, en la realización de actividades o tareas que no impliquen modificar la estructura existente del camino. [30] [1]

1.2.16. Niveles de la conservación vial

Se denomina niveles de intervención a las diversas acciones relacionadas con la vía, clasificadas de acuerdo con la magnitud de los trabajos, desde una intervención sencilla pero permanente (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (reconstrucción o rehabilitación). [1]

1.2.16.1. Mantenimiento rutinario

Se puede realizar tanto en vías pavimentadas como no pavimentadas. Se refiere a la conservación permanente (a intervalos menores de un año) de las zonas laterales, y a intervenciones de emergencia en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la circulación segura de vehículos en la vía. Las principales actividades de éstas son: Reparación de baches en afirmado y/o parcheo en pavimento, reconstrucción de cunetas, limpieza y reparación de señales. [16]

1.2.16.2. Mantenimiento periódico

Este se realiza en vías pavimentadas y en afirmado. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, relativamente prolongados (3 a 5 años), destinados principalmente a recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionadas por el tránsito y por los efectos del clima, también puede comprender la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía. [16]

1.2.16.3. Rehabilitación

Se refiere a la recuperación de las condiciones iniciales de la vía de tal forma que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada inicialmente. Comprende, entre otras, las siguientes actividades: construcción de obras de drenaje, recuperación de afirmado o capa de rodadura, reconstrucción de subbase y/o base y/o capa de rodadura, obras de estabilización. [16]

1.2.17. Técnicas de Reparación para Pavimentos asfálticos

Los trabajos de Rehabilitación de un pavimento asfáltico están enfocados típicamente, a solucionar una necesidad de tipo funcional como, por ejemplo, mejorar la fricción superficial o impermeabilizar la superficie del pavimento.

Casi todas las técnicas de reparación dan lugar a una nueva superficie de rodamiento, adecuada a las necesidades funcionales y de durabilidad del pavimento. Las características de las principales técnicas de restauración se mencionan a continuación: [31]

Figura 14. Texturizado superficial de la capa de rodamiento



Fuente: Manual de Evaluación de Pavimentos (2009). [19]

1.2.17.1. Sellado de Grietas

La operación consiste en sellar con asfalto algunos de los tipos de grietas que se producen en los pavimentos asfálticos, con el propósito de minimizar la infiltración de agua y la oxidación del asfalto. Este procedimiento es eficaz para tratar los siguientes tipos de grietas:

- Áreas con grietas de fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras, pero casi sin conexión entre ellas.
- Grietas de borde, que se reconocen por su forma semicircular y porque se localizan hasta unos 300 mm del borde del pavimento.
- Grietas longitudinales coincidentes o sensiblemente paralelas al eje de la calzada. [28]

1.2.17.2. Bacheo superficial

La operación comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente la capa de rodadura asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos. Los tipos de fallas más comunes, que no se deban a causas estructurales, son:

- Área donde se presentan una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, con un grado de severidad que incluyen trozos separados sueltos.
- Baches pocos profundos, entendiéndose como tales aquellos cuya profundidad alcanza menos de 50 mm.
- Desplazamiento de áreas localizadas de la capa de rodadura (arrugas). [28]

Figura 15. Bacheo de un pavimento asfáltico



Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras – INVÍAS. (2008)

1.2.17.3. Bacheo profundo

La operación se refiere a bacheo de tratamientos superficiales y al bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento asfáltico, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas como, a lo menos, parte de la base y sub-base. Las fallas más comunes de los pavimentos de mezclas asfálticas que se reparan con el procedimiento detallado son:

- Áreas agrietadas por fatigamiento de la estructura del pavimento, serie de fisuras interconectadas entre si (comúnmente denominada “piel de cocodrilo”).
- Baches de 50 mm o más de profundidad.
- Sectores deformados por hundimiento de capas inferiores o por efectos del tránsito pesado.
- Grietas de borde de alta severidad, el pavimento debe encontrarse quebrado y con pérdida de material en más del 10% de la longitud de la grieta.
- Sectores que presenten urgencia de agua y/o finos. [28]

1.2.17.4. Sellos Bituminosos

La operación se refiere al recubrimiento de un pavimento asfáltico con un riego asfáltico, sólo o combinado con algún agregado. Los tipos de sello que aquí se incluyen son los siguientes: riego de neblina, lechada asfáltica y tratamiento superficial simple, sello localizado con gravillas y sello localizado con lechada. [28]

- **Sello tipo niebla**

Consiste en una aplicación muy ligera de una emulsión asfáltica diluida sobre la superficie del pavimento. Su finalidad es sellar la superficie, mejorando su impermeabilidad o rejuveneciéndola sin presentar síntomas de disgregación por desgaste, por escasez en la dosificación del asfalto o por envejecimiento del pavimento. [31]

Figura 16. Riego tipo niebla



Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras – INVÍAS. (2008)

- **Lechada asfáltica**

Consiste en una mezcla de emulsión asfáltica de rotura lenta, agua, agregado fino, llenante mineral y, eventualmente aditivos, la cual se realiza en una máquina mezcladora especial que también la extiende sobre la superficie del pavimento. Esta es efectiva en el sellado de áreas con fisuras de escasa abertura, en la impermeabilización de la superficie y en el mejoramiento de la fricción superficial. [31]

Figura 17. Restauración de un pavimento con lechada asfáltica



Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras – INVÍAS. (2008)

- **Tratamiento superficial**

Consiste en aplicaciones consecutivas de una emulsión asfáltica de rotura rápida y capas de gravilla de tamaño uniforme. su construcción sobre un pavimento existente sirve para impermeabilizar y rejuvenecer la superficie, pero, principalmente, para mejorar las características de drenaje y de fricción superficial. [31]

Figura 18. Restauración de un pavimento asfáltico con Tratamiento superficial



Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras – INVÍAS. (2008)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 hasta km 11+400 del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 hasta km 11+400 del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.
- Realizar el aforo vehicular mediante conteo manual 12 horas diarias 7 días a la semana, para el cálculo del TPDA actual de la vía.
- Calificar el estado actual del pavimento existente, mediante el análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para el tramo y secciones determinadas.
- Estimar las deflexiones elásticas del pavimento mediante el ensayo de la viga Benkelman y las características de las capas del pavimento.
- Proponer un proceso de conservación del pavimento existente, mediante el análisis del tipo de tratamiento necesario y/o técnicas de reparación, de acuerdo con las especificaciones técnicas AASHTO y MTOP.




CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para la ejecución de las actividades mencionadas y el cumplimiento de los objetivos se requieren de los siguientes materiales y equipos descritos a continuación:

- **Levantamiento topográfico**

Tabla 22. Levantamiento topográfico

Materiales		
Espray de pintura 	Cinta métrica (50 m) 	Receptor digital GPS  Marca: Garmin Modelo: Oregon 650

Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Tráfico promedio diario anual (TPDA)**

Los materiales empleados fueron:

- Hojas de formato de conteo de vehículos (Anexo A.1)
- Cronómetro
- Programa Microsoft Excel

- **Evaluación de la condición del pavimento (PCI)**

Se requiere de los siguientes materiales:

- Hojas de formato para la recolección de fallas (Anexo B.1)
- Manual de identificación de fallas en Pavimentos Flexibles
- Flexómetro
- Regla
- Equipo de inspección (conos de señalización vial, casco y chaleco)

Figura 19. Materiales - PCI







Fuente: Propia

- **Estudio de suelos**

Tabla 23. Equipo y Materiales – Estudio de suelos


Ensayos	Equipos y Materiales	Gráfico
Densidad de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza electrónica, martillo, cuchara, flexómetro, clavos, cincel (punta de diamante y plano), brocha, fundas plásticas, placa base, cono y frasco con arena de Ottawa 	
Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> - Tamices, tamizadora, brocha, balanza electrónica digital, recipiente 	
Límite plástico	<ul style="list-style-type: none"> - 250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua - Placa de vidrio, recipientes, horno, balanza, espátula 	

<p>Límite líquido</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua - Copa de Casagrande, recipientes, acanalador, horno, balanza, espátula 	
<p>Contenido de humedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40 - Horno, balanza, recipientes, equipo de manipulación de recipientes (guantes, tenazas), otros utensilios 	
<p>CBR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 20 kg de muestra de suelo, agua - Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, enrasador, probeta, bandejas, palustre, balanzas, recipientes, horno, pesa anular, pesa ranurada, máquina automática multispeed 	
<p>Proctor modificado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 20 kg de muestra de suelo, agua - Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, enrasador, probeta, bandejas, palustre, balanzas, recipientes, horno 	

Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Ensayo de la Viga Benkelman**

Tabla 24. Materiales – Viga Benkelman

Ensayos	Materiales	Gráfico
Medición de deflexiones	<ul style="list-style-type: none"> - Viga Benkelman, cincel, combo, termómetro, flexómetro (5m), cinta métrica (50m), volqueta (8.2 ton), varilla 	

Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Extracción de asfalto mediante centrifuga**

Ensayo	Materiales	Gráfico
Extracción de asfalto de muestras asfálticas	<ul style="list-style-type: none"> - Extractor centrífugo, gasolina, anillo filtrante 	

Elaborado por: Erika Jaramillo

2.2. Métodos

Para el desarrollo del presente proyecto técnico se usarán los siguientes métodos:

2.2.1. Datos documentales o bibliográficos

En el presente trabajo se lleva a cabo este método, porque se requiere recopilar información, definiciones y conceptos relacionados con el tema de conservación vial. Por ello, es necesario recurrir a fuentes de investigación que sean confiables, en este

caso se pueden mencionar libros, artículos, normas, etc., que sirven de apoyo para el adecuado desarrollo del tema.

2.2.2. Datos exploratorios o de campo

Se realiza trabajo de campo debido a que es necesario efectuar visitas periódicas a la vía, para el reconocimiento y levantamiento topográfico de la vía, la recolección de datos necesarios para el estudio de tráfico, la identificación de fallas presentes en el pavimento, la extracción de muestras de suelo para su posterior uso en ensayos, y las deflexiones verticales de la estructura del pavimento mediante el ensayo de la Viga Benkelman.

2.2.3. Datos de laboratorio

Dentro de este método se requiere analizar en un laboratorio las muestras de suelo obtenidas en campo para conocer algunas propiedades de las capas del pavimento, para ello se emplean los equipos y materiales disponibles en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

2.2.4. Fases del Proyecto

Dentro del proyecto se pueden identificar las siguientes fases:

2.2.4.1. Fase 1 – Levantamiento de información

Consiste en realizar el levantamiento topográfico para la obtención de datos georreferenciados de la vía en estudio; y la determinación del TPDA mediante aforo vehicular manual, efectuado durante 12 horas, por 7 días, para conocer el flujo y la composición vehicular de la vía.

- **Levantamiento topográfico**

El levantamiento que se efectuó en la vía Camino Real (norte) en el tramo km 7+600 hasta km 11+400, de la provincia de Tungurahua, se empleó un receptor satelital GPS de alta precisión, además de otros materiales como cinta métrica y espray de pintura. El abscisado de la vía se realizó cada 50 m, en ciertos lugares en donde el terreno era considerablemente plano se tomaron puntos cada 100 m, y en los casos de curvas pronunciadas se tomaron puntos cada 10 m. Asimismo, se registraron los anchos de la

vía en dichos puntos de forma perpendicular al eje. Esto con el fin de obtener un plano representativo de la vía en estudio.



- **Conteo manual de vehículos**

El conteo vehicular se realizó mediante aforo manual durante siete días de la semana, en las siguientes fechas: desde el lunes, 09 de mayo hasta el domingo, 15 de mayo del 2022, en horario de 6 am a 6 pm correspondiente a 12 horas diarias, con intervalos de 15 min. La estación de conteo se ubicó en la abscisa km 7+600.

Adicionalmente, fue necesario realizar un conteo manual el miércoles, 08 de junio del 2022, en horario de 6 pm a 6 am, con intervalos de 15 min; con la finalidad de conocer el porcentaje de tránsito durante este horario.

Los datos registrados se plasmaron en una hoja de Excel con el siguiente formato de conteo:

Tabla 25. Formato de Conteo Vehicular

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORAD	Erika Jaramillo	FECHA:							
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:							
CONTEO VEHICULAR - DÍA									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15									
6:15 - 6:30									
6:30 - 6:45									
6:45 - 7:00									
7:00 - 7:15									
7:15 - 7:30									
7:30 - 7:45									
7:45 - 8:00									
.....									
.....									
.....									
16:00 - 16:15									
16:15 - 16:30									
16:30 - 16:45									
16:45 - 17:00									
17:00 - 17:15									
17:15 - 17:30									
17:30 - 17:45									
17:45 - 18:00									
TOTAL									

Elaborado por: Erika Jaramillo

2.2.4.2. Fase 2 – Evaluación Superficial del pavimento

Se trata del análisis e inspección visual de cada anomalía presente en el tramo km 7+600 al km 11+400 de la vía Camino Real (norte), empleando el método del PCI.

- **Evaluación visual de la carpeta asfáltica mediante el método PCI**

En primer lugar, se establece que la vía consta de una sola sección debido a que presenta características similares en el pavimento, siendo constante en todo el tramo. Luego, se determina el número mínimo de unidades de prueba a ser evaluadas, así como el intervalo de estas. El procedimiento se detalla en la Norma ASTM D6433. En el caso de la vía en estudio, se obtuvieron 14 unidades de prueba a inspeccionar, además de 3 unidades “adicionales” que se consideraron necesarias incluirlas en la evaluación.

Una vez obtenidos estos datos, se procede a la identificación de las fallas presentes en el pavimento flexible de cada unidad de muestreo y su posterior registro en el formato establecido.

Figura 20. Formato hojas de datos para PCI

HOJA DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DE CAMINOS Y ÁREAS DE PARQUEO DE SUPERFICIES DE ASFALTO PARA UNIDAD DE PRUEBA									CROQUIS:		
TRAMO _____ SECCIÓN _____ UNIDAD DE PRUEBA _____											
INSPECCIONADO POR _____ FECHA _____ ÁREA DE PRUEBA _____											
1. Piel de Cocodrilo			8. Agrietamiento Reflejo de Juntas			15. Ruteo					
2. Exudación o Sangrado			9. Caída Externa de Vía / Hombrera			16. Empellones					
3. Agrietamiento en Bloque			10. Agrietamiento Long. y Trans.			17. Agrietamiento Media Luna					
4. Bombeo y Hundimiento			11. Parchados			18. Protuberancia					
5. Corrugación			12. Agregados Pulidos			19. Intemperismo					
6. Depresiones			13. Baches								
7. Agrietamiento de Borde			14. Cruce de Ferrocarril								
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Diseño de pavimentos, UMSS. [20]

2.2.4.3. Fase 3 – Estudio de suelos


Se efectuarán los ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización de los materiales que constituyen las distintas capas del pavimento.

Con el objeto de conocer las propiedades físico-mecánicas de la subrasante se realizó calicatas con dimensiones aproximadas de 1.00 m x 1.00 m con una profundidad de 1.50 m, a una distancia de aproximadamente 1000 m cada una, para extraer la cantidad de material requerida para los ensayos. En la siguiente tabla se detalla información de las perforaciones:

Tabla 26. Información de calicatas

No.	Abscisa	Coordenadas			Cantidad de muestra
		Este	Norte	Altitud	
1	7+610	766255.793	9872845.552	2738.78	50 kg
2	8+690	766272.566	9873921.996	2706.64	50 kg
3	9+930	766265.516	9875167.698	2699.98	50 kg
4	11+080	766258.321	9876310.32	2683.37	50 kg

Ubicación de calicatas



Elaborado por: Erika Jaramillo

A continuación, se enlistan cada uno de los ensayos in situ y de laboratorio a realizar:

Tabla 27. Ensayos y normas

Ensayos	Norma
Toma de muestras alteradas	NTE INEN 686
Densidad de Campo	ASTM D1556-82
Contenido de humedad	ASTM D2216
Análisis granulométrico	ASTM C136
Límite líquido y Límite Plástico	ASTM D4318
Proctor modificado Tipo B	AASHTO T-180, ASTM D1557
CBR	AASHTO T-193, ASTM D1883

Elaborado por: Erika Jaramillo

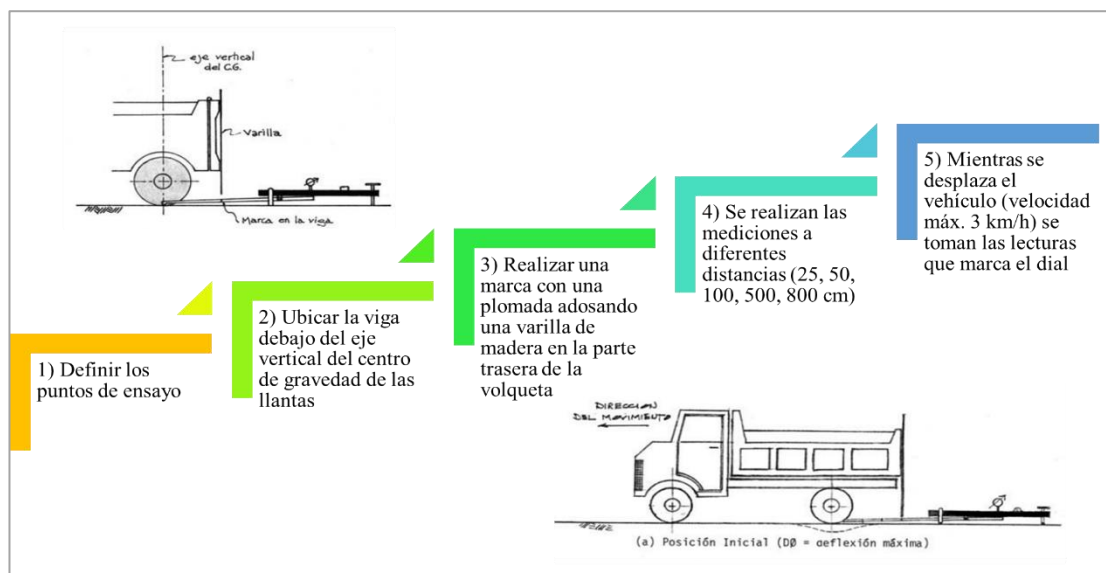
2.2.4.4. Fase 4 – Evaluación Estructural del pavimento

Se llevan a cabo dos actividades: la ejecución de la viga Benkelman para estimar las deflexiones elásticas del pavimento, y la extracción de asfalto mediante centrífuga con el fin de estimar la condición actual de la estructura del pavimento.

- **Ensayo de la Viga Benkelman**

Para medir las deflexiones en la carpeta asfáltica de la vía en el tramo especificado, se empleó la viga Benkelman, tomando las lecturas del deflectómetro en un intervalo de 200 metros, alternando carril y siguiendo los lineamientos establecidos en la norma AASHTO T 256/ASTM D 4695. A continuación, se presenta un esquema de la realización del ensayo:

Figura 21. Esquema del ensayo de medición de deflexiones



Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Extracción de asfalto mediante centrífuga**

El procedimiento de extracción de asfalto mediante centrífuga se detalla en la norma ASTM D 2172, método por el cual se obtiene el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica. Para ello, es necesario extraer muestras de la carpeta asfáltica correspondiente a la vía en estudio, las mismas que fueron obtenidas cada kilómetro y por cada carril (derecho e izquierdo), para posteriormente obtener un promedio del contenido de asfalto de cada abscisa en mención.

Tabla 28. Ubicación de las muestras extraídas de asfalto

Muestra	Abscisa	Carril		Cantidad de muestra
		Derecho	Izquierdo	
1	8+000	X	X	1 kg
2	9+000	X	X	1 kg
3	10+000	X	X	1 kg
4	11+000	X	X	1 kg

Elaborado por: Erika Jaramillo

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de las distintas actividades antes descritas (ensayos de laboratorio, trabajo de campo y de oficina), con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de este proyecto.

3.1.1. Ubicación del proyecto

La vía en estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato, se considera alterna a la Panamericana Norte, puesto que conecta con el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. El tramo de este proyecto se localiza en la parroquia de Cunchibamba e inicia en la abscisa 7+600 y finaliza en la abscisa 11+400, con una longitud de 3.8 km.

Figura 22. Ubicación del Tramo de la Vía en Estudio



Fuente: Google Earth Pro, 2021.

3.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se lo realizó con ayuda de un receptor satelital GPS (Garmin Oregon 650), obteniendo la siguiente información:

Tabla 29. Información del levantamiento georreferenciado

Características	Datos
Longitud del tramo	3.8 km
Número de carriles	2.0 u
Número de puntos obtenidos	63 u
Ancho promedio de la calzada	8.26 m

Elaborado por: Erika Jaramillo

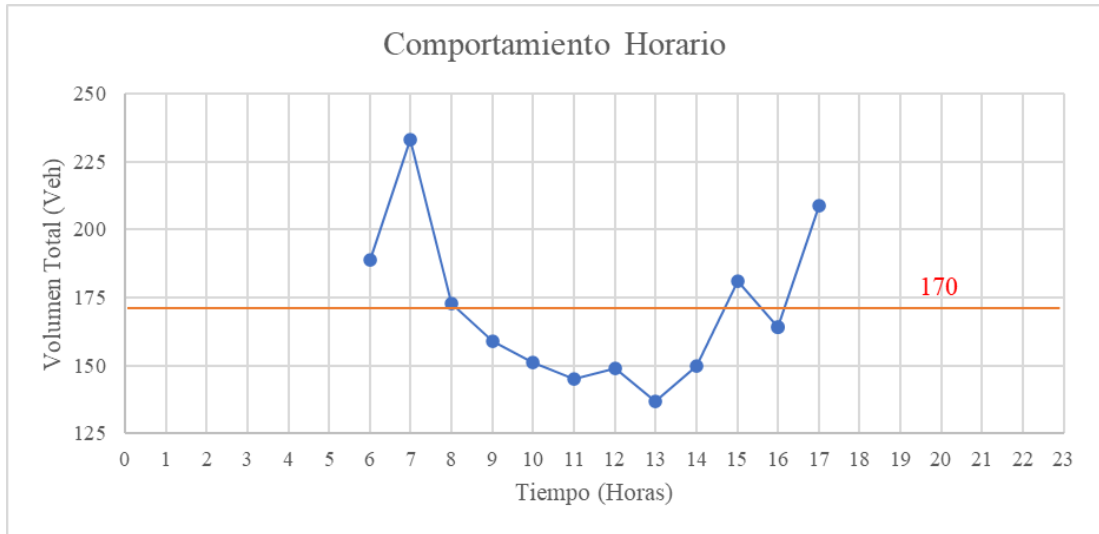
Además, se obtuvo coordenadas y elevaciones correspondientes al eje de la vía, juntamente con los anchos tomados con una cinta métrica tanto al borde derecho e izquierdo; para posteriormente plasmar esta información en el software CIVIL 3D y obtener los planos representativos de la vía. (Anexo F).

3.1.3. Análisis de tráfico

Para el estudio de tránsito debido a que no existe información acerca de la cantidad y tipo de vehículos que transitan por la vía, ya sea por parte de una entidad pública o privada se recurre al cálculo del TPDA por desviación estándar empleando el TPDS como se indica en la NEVI-12 Volumen 6. Los datos del conteo vehicular efectuado durante siete días se pueden visualizar en el Anexo A.

Una vez realizado el conteo vehicular durante 12 horas (6 am a 6 pm) se procede a tabular los datos obtenidos para conocer el volumen de vehículos que transitan por la vía, dando como resultado el viernes 13 de mayo de 2022, como el día de la semana con mayor número de vehículos. Así mismo, la hora pico corresponde al lapso de 7 am - 8 am como se muestra a continuación.

Figura 23. Comportamiento horario



Elaborado por: Erika Jaramillo

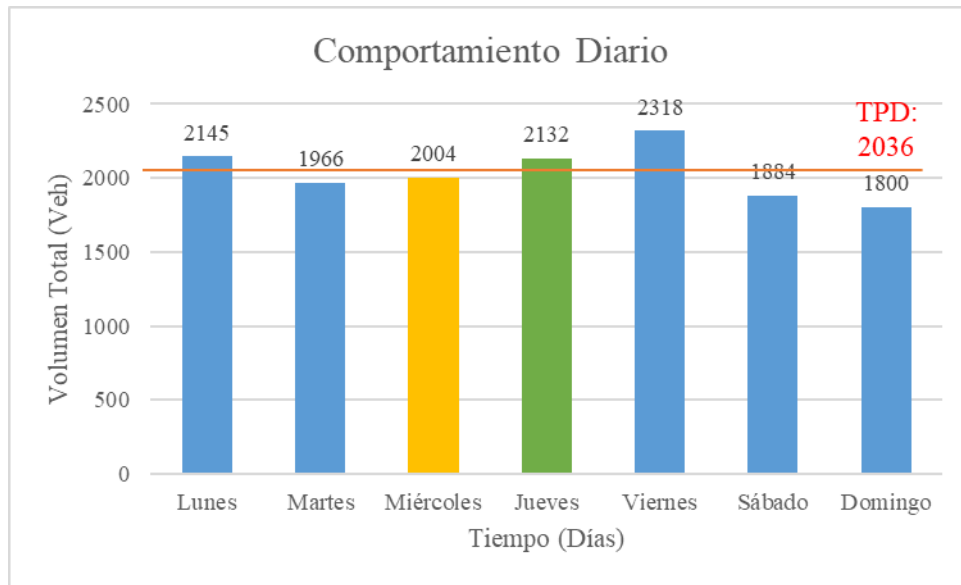
Tabla 30. Conteo vehicular por día y tipo de vehículo

VEHÍCULO TIPO DÍA	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				TOTAL
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)	
LUNES	1862	25	190	49	11	8	2145
MARTES	1684	24	190	49	11	8	1966
MIÉRCOLES	1714	37	165	67	12	9	2004
JUEVES	1839	54	145	67	11	16	2132
VIERNES	1961	80	169	92	7	9	2318
SÁBADO	1629	49	118	66	2	20	1884
DOMINGO	1545	49	118	66	2	20	1800

Elaborado por: Erika Jaramillo

Como se mencionó en la metodología, fue necesario realizar un conteo vehicular en horario nocturno de 6 pm a 6 am (miércoles a jueves), correspondiente a los días que son más próximos al TPD como se muestra a continuación.

Figura 24. Comportamiento vehicular diario de la Vía Camino Real (Norte)



Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 31. Conteo vehicular nocturno

VEHÍCULO TIPO DÍA	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)			TOTAL
			2 EJES (C-1)	3 EJES (C-2)	>3 EJES (C-3)	
MIÉRCOLES / JUEVES	651	23	28	3	1	706

Elaborado por: Erika Jaramillo

Con esta información se realiza la proyección de tránsito durante un día completo (24 horas) para toda la semana, calculando así el porcentaje correspondiente a los intervalos de tiempo descritos a continuación.

Tabla 32. Porcentaje de tránsito que circula durante 24 horas

Intervalo de Tiempo	Número de vehículos	Porcentaje de tránsito
00:00 - 06:00	86	2.4%
06:00 - 18:00	2883	80.3%
18:00 - 24:00	620	17.3%
TOTAL	3589	100.0%

Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 33. Proyección de tránsito correspondiente a una semana

PROYECCIÓN DE TRÁNSITO									
Intervalo de Tiempo	% de Tránsito	Días de Aforo Vehicular							TPDS
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
00:00 - 06:00	2.4%	64	59	60	64	70	57	54	2535
06:00 - 18:00	80.3%	2145	1966	2004	2132	2318	1884	1800	
18:00 - 00:00	17.3%	462	423	431	459	499	406	388	
TOTAL:		2671	2448	2495	2655	2887	2347	2242	

Elaborado por: Erika Jaramillo

A partir de los valores presentados en la Tabla 33 se obtiene el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS), dato fundamental para determinar el TPDA de la vía en estudio.

3.1.3.1. Cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA)

Las técnicas estadísticas aplicadas a la ingeniería de tránsito permiten expandir los valores de tránsito promedio diario semanal (TPDS) a valores de tránsito promedio diario anual (TPDA). Mediante este principio y con ciertas limitaciones, la expresión por aplicar es la siguiente: [28]

$$TPDA = TPDS \pm Zc * \frac{s}{\sqrt{n}} * \left[\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right] \quad Ec. (3.1)$$

Donde:

$TPDS$ = Tráfico promedio diario semanal

Zc = Valor crítico o de confianza. Para una distribución normal y un nivel de confianza de 90%, $Zc = 1.64$. Si el nivel de confianza se aumenta a 95%, $Zc = 1.96$.

s = Desviación estándar de la muestra.

n = Tamaño de la muestra (7 días).

N = Tamaño de la población (número de días del año).

$$s = \sqrt{\frac{\sum(TDi - TPDS)^2}{n - 1}} \quad Ec. (3.2)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra (7 días).

N = Tamaño de la población (número de días del año).

TDi = Volumen de tránsito del día "i". [28]

Calculando la desviación estándar (s) tenemos,

$$s = \sqrt{\frac{(19209 - 2535^2)}{7 - 1}}$$

$$s = 333.16$$

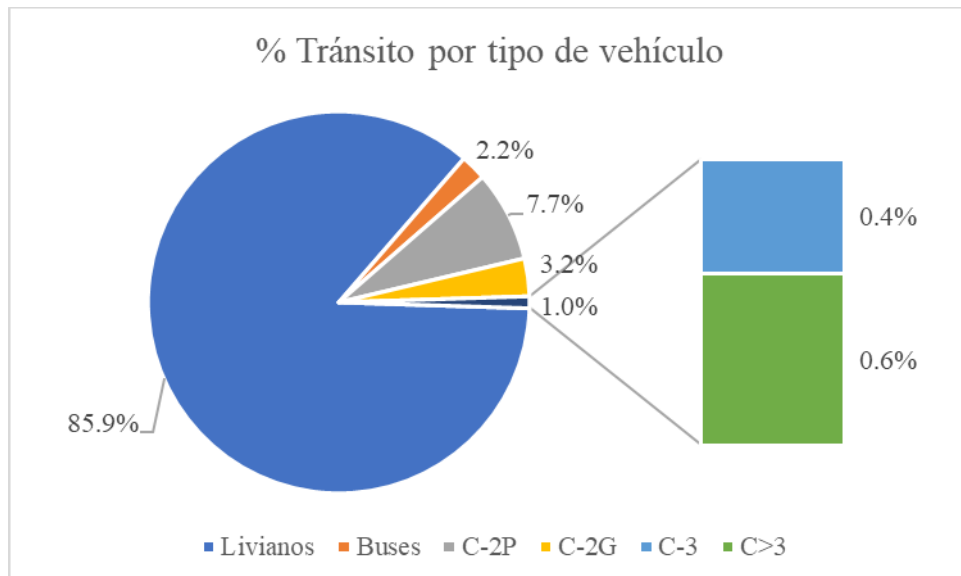
Por lo tanto,

$$TPDA = 2535 \pm 1.96 * \frac{333.16}{\sqrt{7}} * \left[\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right]$$

$$TPDA(+) = 2780 \text{ veh/día}$$

Se obtiene un TPDA total de 2780 veh/día para la vía en estudio, dato con el cual se procede con el cálculo del TPDA para cada tipo de vehículo en función de los porcentajes obtenido durante el conteo vehicular.

Figura 25. Porcentajes de tránsito por tipo de vehículo



Elaborado por: Erika Jaramillo

Buses

$$TPDA_{Buses} = \frac{2780 * 2.2}{100} = 61 \text{ veh/día}$$

Camiones C-2P

$$TPDA_{C-2P} = \frac{2780 * 7.7}{100} = 214 \text{ veh/día}$$

Camiones C-2G

$$TPDA_{C-2G} = \frac{2780 * 3.2}{100} = 89 \text{ veh/día}$$

Camiones C-3

$$TPDA_{C-3} = \frac{2780 * 0.4}{100} = 11 \text{ veh/día}$$

Camiones C>3

$$TPDA_{C>3} = \frac{2780 * 0.6}{100} = 17 \text{ veh/día}$$

Calculado el TPDA para los distintos tipos de vehículos se presenta la siguiente tabla con los resultados obtenidos:

Tabla 34. TPDA para cada tipo de vehículo

Tipo de vehículo		Porcentaje	TPDA
Livianos		85.9%	2388
Buses		2.2%	61
Camiones	C-2P	7.7%	214
	C-2G	3.2%	89
	C-3	0.4%	11
	C>3	0.6%	17
TOTAL		100.0%	2780

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que, al tratarse de una vía existente, el tráfico atraído no se incluye en el cálculo del tráfico futuro. Además, que el estado actual de la vía no hace factible su ampliación de esta debido a las ordenanzas vigentes de la misma.

3.1.3.2. Cálculo del tránsito futuro

Para el cálculo de tránsito futuro se utiliza un período de diseño de 20 años, empezando en el presente año 2022 hasta el año 2042, según lo indica la NEVI-12 al tratarse de un proyecto de rehabilitación y mejoras. Para ello, se emplea la siguiente fórmula:

$$Tf = Tt * (1 + i)^n \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

Tf = Tránsito futuro.

Tt = TPDA total.

i = Tasa de crecimiento (Según INEC).

n = Número de años de proyección.

Para las tasas de crecimiento se emplean los datos proporcionados por el INEC.

Tabla 35. Tasa de crecimiento por quinquenio

TASA CRECIMIENTO POR QUINQUENIO	
2011-2016	1.54%
2017-2021	1.06%
2022-2026	0.81%
2027-2031	0.66%
2031-2036	0.55%
2036-2041	0.47%
2041-2046	0.42%
2046-2051	0.37%

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Tabla 36. Tráfico futuro de la vía Camino Real tramo km 7+600 al 11+400

Año	Tasa de crecimiento (%)	Tráfico Futuro (veh/día)						TPDA futuro (veh/día)
		Livianos (A)	Buses (B)	Camiones				
				2 Ejes (C-2P)	2 Ejes (C-2G)	3 Ejes (C-3)	>3 Ejes (C>3)	
2022	0.81%	2388	61	214	89	11	17	2780
2023	0.81%	2408	62	216	90	12	17	2805
2024	0.81%	2427	63	218	91	12	17	2828
2025	0.81%	2447	63	220	92	12	18	2852
2026	0.81%	2467	64	222	92	12	18	2875
2027	0.66%	2468	64	222	92	12	18	2876
2028	0.66%	2485	64	223	93	12	18	2895
2029	0.66%	2501	65	225	94	12	18	2915
2030	0.66%	2518	65	226	94	12	18	2933
2031	0.66%	2534	65	228	95	12	18	2952
2032	0.55%	2523	65	227	94	12	18	2939
2033	0.55%	2537	65	228	95	12	18	2955
2034	0.55%	2551	66	229	96	12	18	2972
2035	0.55%	2565	66	230	96	12	18	2987
2036	0.55%	2579	67	232	97	13	19	3007
2037	0.47%	2563	66	230	96	12	18	2985
2038	0.47%	2575	66	231	96	12	18	2998
2039	0.47%	2587	67	232	97	13	19	3015
2040	0.47%	2599	67	233	97	13	19	3028
2041	0.42%	2586	67	232	97	13	19	3014
2042	0.42%	2597	67	233	97	13	19	3026

Elaborado por: Erika Jaramillo.

3.1.3.3. Clasificación de la vía en función del tránsito futuro

Una vez obtenido el tráfico futuro para el período de diseño de 20 años, se obtiene un total de 3026 veh/día, correspondiente al año 2042. Con este valor se puede clasificar a la vía en función del TPDA_f de acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

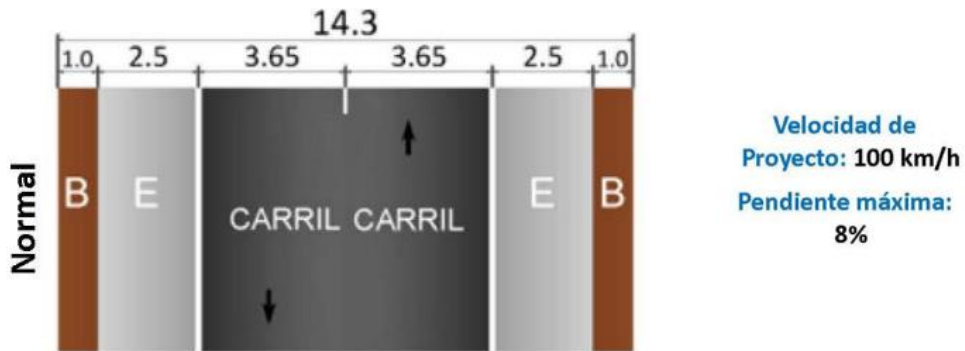
Tabla 37. Clasificación de la vía en función del TPDA_f

FUNCIÓN		CLASE DE CARRETERA	TPDA (AÑO FINAL DE DISEÑO)
Corredor Arterial	}	RI - RII (1)	>8000
		I	3000-8000
Colectora	}	II	1000-3000
		III	300-1000
		IV	100-300
Vecinal	}	V	300

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003.

Por consiguiente, la vía Camino Real se clasifica como una “Vía Colectora – Clase I”, la cual debe ser diseñada con las características funcionales y geométricas correspondientes a su clase, según las especificaciones indicadas en la MTOP.

Figura 26. Carretera de Mediana Capacidad



Fuente: NEVI - Volumen 2A.

3.1.3.4. Cálculo de Ejes equivalentes

Para cálculos posteriores como la deflexión admisible y crítica en el apartado de la Viga Benkelman, es necesario calcular el número de ejes equivalentes por carril de diseño.

Para estimar el tránsito en ejes equivalentes de 8.2 toneladas el cálculo se basa en el método AASHTO-93, aplicando la siguiente ecuación:

$$W_8 = \left(\left(\sum_i^n FD * TPDA \right) * 365 \right) * Fd * Dl \quad Ec. (3.4)$$

Donde:

W_{18} = Número de ejes equivalentes

$TPDA$ = Tráfico promedio diario anual

FD = Factor de daño

Fd = Factor de distribución direccional

Dl = Porcentaje de W_{18} en el carril de Dl

En la siguiente tabla se presentan los factores de daño (FD) según el tipo de vehículo con sus respectivos pesos.

Tabla 38. Factor de daño según el tipo de vehículo

FACTORES DE DAÑO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO									
Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	Ton	(P/6.6)^4	Ton	(p/8.2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23)^4	
Bus	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	3	0.04							1.31
	7	1.27							
C-2G	7	1.27	11	3.24					4.50
C-3	7	1.27			20	3.16			4.43
C>3	7	1.27			20	3.16	24	1.19	5.61

Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, NEVI-12 - Volumen 2ª.

El factor de distribución direccional se determina en función del número de carriles como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 39. Factor de distribución direccional

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

Fuente: Diseño de Pavimentos, AASHTO 93.

El factor de distribución por carril de igual forma se establece según el número de carriles tomando en cuenta una dirección.

Tabla 40. Factor de distribución por carril

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

Fuente: Diseño de Pavimentos, AASHTO 93.

Se procede con el cálculo del número de ejes equivalentes para el presente año, de igual manera con el resto de los años establecidos.

$$W_{18} = (61 * 1.04 + 214 * 1.31 + 89 * 4.50 + 11 * 4.43 + 17 * 5.61) * 365 * 0.5 * 1$$

$$W_{18} = 162119 \text{ ejes equivalentes}$$

En la tabla presentada se muestran los valores de ejes equivalentes correspondientes hasta el año 2042.

Tabla 41. Número de ejes equivalentes

Año	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones				W18 calculado	W18 acumulado	W18 carril de diseño
			2 Ejes (C-2P)	2 Ejes (C-2G)	3 Ejes (C-3)	>3 Ejes (C>3)			
2022	2388	61	214	89	11	17	162119	162119	81060
2023	2408	62	216	90	12	18	165440	327559	163780
2024	2427	62	218	91	12	18	166740	494299	247150
2025	2447	63	220	92	12	18	168229	662528	331264
2026	2467	64	222	92	12	18	168896	831424	415712
2027	2468	64	222	92	12	18	168896	1000320	500160
2028	2485	64	223	93	12	18	169957	1170277	585139
2029	2501	64	225	94	12	18	171256	1341533	670767
2030	2518	65	226	94	12	18	171685	1513218	756609
2031	2534	65	228	95	12	19	174008	1687226	843613
2032	2523	65	227	95	12	18	172746	1859972	929986
2033	2537	65	228	95	12	19	174008	2033980	1016990
2034	2551	66	229	96	12	19	175259	2209239	1104620
2035	2565	66	230	96	12	19	175498	2384737	1192369
2036	2579	66	232	97	12	19	176797	2561534	1280767
2037	2563	66	230	96	12	19	175498	2737032	1368516
2038	2575	66	231	96	12	19	175736	2912768	1456384
2039	2587	67	232	97	12	19	176987	3089755	1544878
2040	2599	67	233	97	12	19	177226	3266981	1633491
2041	2586	67	232	97	12	19	176987	3443968	1721984
2042	2597	67	233	97	12	19	177226	3621194	1810597

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.4. Análisis de Evaluación del Índice de Condición del pavimento PCI

Para conocer y determinar el estado actual de la capa de rodadura de la vía Camino Real en el tramo km 7+600 al km 11+400 se realiza una inspección visual de las fallas presentes en el pavimento, seguido del cálculo del valor de PCI.

A continuación, se detalla el procedimiento para obtener las unidades de prueba y su respectivo cálculo de PCI.

3.1.4.1. Cálculo de las unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura. Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230 \pm 93 \text{ m}^2$. [32]

Por ello, en función del área y ciertos datos de la vía se puede determinar el número de unidades de muestreo, en el caso de la vía en estudio se obtuvo lo siguiente:

Tabla 42. Datos de la vía en estudio

Datos	Valores
Ancho Promedio de Calzada (A_v)	8.3
Longitud del Tramo (L_t)	3800
Área del Tramo (A)	$230 \pm 93 \text{ m}^2$
Error Admisible Estimado para PCI de la Sección (%)	5
Desviación Estándar del PCI para Pavimentos Asfálticos (σ)	10

Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Longitud de unidades de muestreo**

$$L = \frac{A}{A_v} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

L = Longitud de la unidad de muestreo

A = Área real del tramo

A_v = Ancho promedio de calzada

$$L = \frac{230 \pm 93}{8.3 \text{ m}}$$

$$L(+)= 38.92 \text{ m}$$

$$L(-)= 16.51 \text{ m}$$

Estos resultados indican el rango permisible para la Longitud de la unidad de muestreo, es decir, la longitud puede ser de 16.51 m a 38.92 m, optando para el cálculo el siguiente valor:

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

- **Área real del tramo**

$$A = A_v * L \quad \text{Ec. (3.6)}$$

$$A = 8.3 \text{ m} * 30$$

$$A = 249.0 \text{ m}^2 < 240 \pm 93 \text{ m}^2$$

$$A = 249.0 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Cumple con el rango}$$

- **Número total de muestras**

$$N = \frac{Lt}{L} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

N = Número Total de unidades de muestreo

Lt = Longitud total del tramo

L = Longitud de la unidad de muestreo

$$N = \frac{3800 \text{ m}}{30 \text{ m}}$$

$$N = 126.67 \cong 127 \text{ unidades}$$

- **Unidades mínimas de muestreo**

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N = Número Total de unidades de muestreo

e = Error Admisible estimado para PCI de la Sección (5%)

σ = Desviación Estándar del PCI para Pavimentos Asfálticos

$$n = \frac{127 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (127 - 1) + 10^2}$$

$$n = 14.31 \cong 14 \text{ unidades de muestreo}$$

- **Intervalo de la Muestra**

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ec. (3.9)}$$

Donde:

i = Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N = Número Total de unidades de muestreo

$$i = \frac{127}{14}$$

$$i = 9.07 \cong 9$$

Se obtienen 14 unidades de muestreo a evaluar, las mismas que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 43. Unidades de Muestreo para el Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Nº U. Muestreo	Abscisa Inicial (m)	Abscisa Final (m)	Ancho Promedio Calzada
1	7+750	7+780	8.4
2	8+020	8+050	8.7
3	8+290	8+320	9.2
4	8+560	8+590	9.6
5	8+830	8+860	7.9
6	9+100	9+130	8.4
7	9+370	9+400	8.0
8	9+640	9+670	7.6
9	9+910	9+940	8.0
10	10+180	10+210	8.0
11	10+450	10+480	7.6
12	10+720	10+750	7.5
13	10+990	11+020	8.1
14	11+260	11+290	8.1

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.4.2. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Luego de identificar las fallas del pavimento flexible presentes en el tramo km 7+600 al km 11+400 de la vía Camino Real (Norte), se procede con el cálculo del PCI de las unidades de muestreo evaluadas en campo. Las respectivas tablas de cada unidad de muestreo se muestran en el Anexo B.

A continuación, como ejemplo ilustrativo se tomará la unidad de muestreo #1 del tramo en estudio para indicar el procedimiento del PCI.

Tabla 44. Índice de condición del Pavimento – Unidad de muestreo 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
Tramo:	1	Abscisa inicio:	7+750	Área muestreo (m²):	251.25				
Sección:		Abscisa final:	7+780	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo				
Unidad:	1	Ancho de vía:	8.375	Fecha:	23 de mayo de 2022				
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
No.	Falla	U	ESQUEMA						
1	Piel de cocodrilo	m ²							
2	Exudación o Sangrado	m ²							
3	Agrietamiento en bloque	m ²							
4	Bombeo y hundimiento	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresiones	m ²							
7	Agrietamiento de borde	m							
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m							
9	Caída externa de la vía	m							
10	Agrietamiento long. y transv.	m							
11	Parchados	m ²							
12	Agregados Pulidos	m ²							
13	Baches	cant.							
14	Cruce de ferrocarril	m ²							
15	Ruteo	m ²							
16	Empellones	m ²							
17	Agrietamiento medialuna	m ²							
18	Protuberancia	m ²							
19	Intemperismo	m ²							
Falla	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
10	H	16.2	5.2	1.5	1.5		24.40	9.71	33
1	L	3.2					3.20	1.27	12
10	L	0.9					0.90	0.36	0
Valor Deducido Total:									45
CÁLCULO DEL PCI									
Número de Valores Deducidos > 2:								2	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):								33	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):								7.15	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos					Total	q	CDV
	1	33	12				45	2	34
	2	33	2				35	1	35
Máximo CDV:									35
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 35 65					Calificación	BUENO		

Elaborado por: Erika Jaramillo

• **Cálculo de la Densidad**

$$Densidad = \frac{\text{Área Total del Daño}}{\text{Área de la Muestra}} * 100 \quad \text{Ec. (3.10)}$$

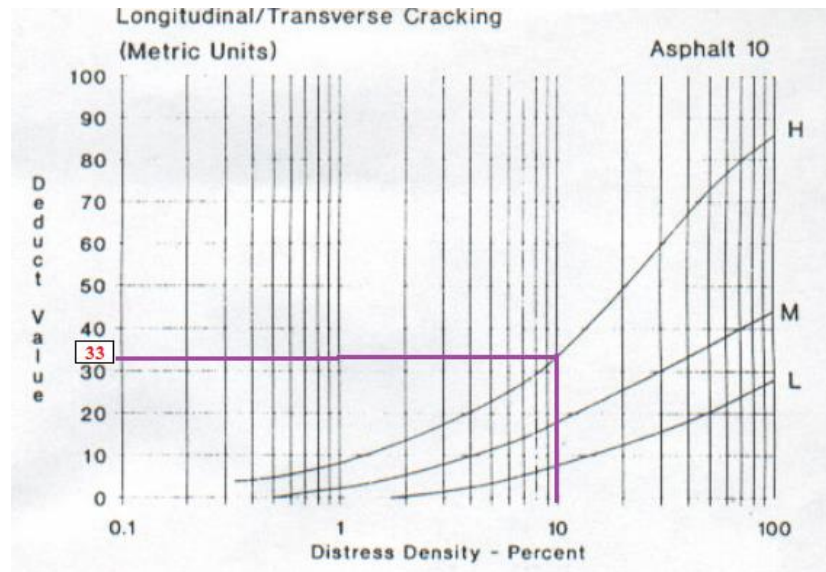
$$Densidad = \frac{24.40 \text{ m}^2}{251.25 \text{ m}^2} * 100$$

$$Densidad = 9.71$$

- **Cálculo del Valor Deducido (VD)**

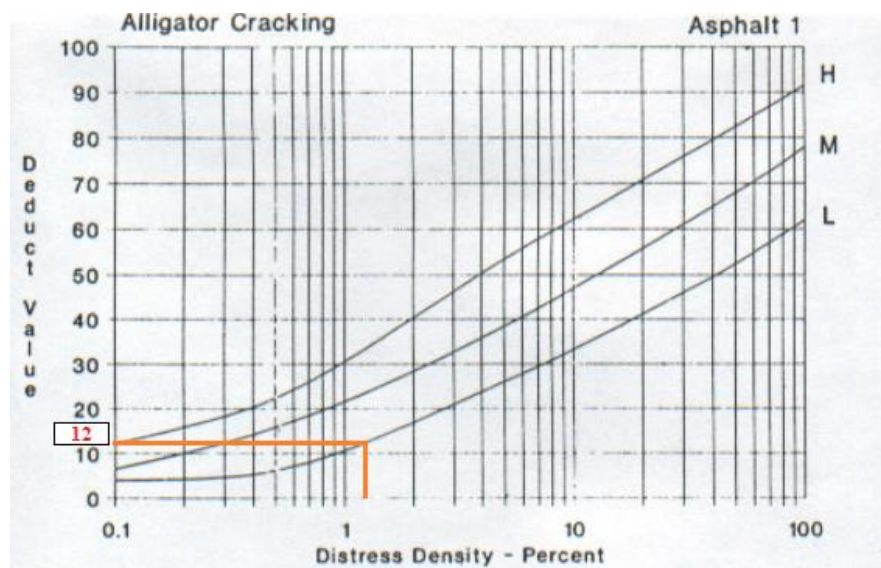
Este valor se obtiene a partir de las Curvas de Valores Deducidos para pavimentos de concreto asfáltico proporcionados en la norma ASTM D 6433, las cuales dependen del tipo de falla y nivel de severidad.

Figura 27. *Ábaco de valores deducidos para Falla 10 – Agrietamiento longitudinal y transversal*



Fuente: ASTM D – 6433, “Procedimiento Estándar para la Inspección del PCI para caminos y estacionamientos”.

Figura 28. *Ábaco de valores deducidos para Falla 1 – Piel de cocodrilo*



Fuente: ASTM D – 6433, “Procedimiento Estándar para la Inspección del PCI para caminos y estacionamientos”.

- **Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m_i)**

Sin ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2. El valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito a continuación. [33]

- Enlistar los valores deducidos individuales en orden descendente (>2).
- Determinar el número máximo admisible m_i , empleando la siguiente fórmula:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV_i) \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

m_i = Número máximo admisible de “Valores deducidos”.

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

$$m_1 = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 33)$$

$$m_1 = 7.15$$

- El número de valores deducidos individuales es reducido a m_i , incluyendo su parte fraccionaria. Si contamos con un número de valores deducidos menor a m_i , todos los valores deducidos deben ser usados. [33]

- **Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV**

Se realiza un proceso iterativo como se describe e indica en la tabla a continuación:

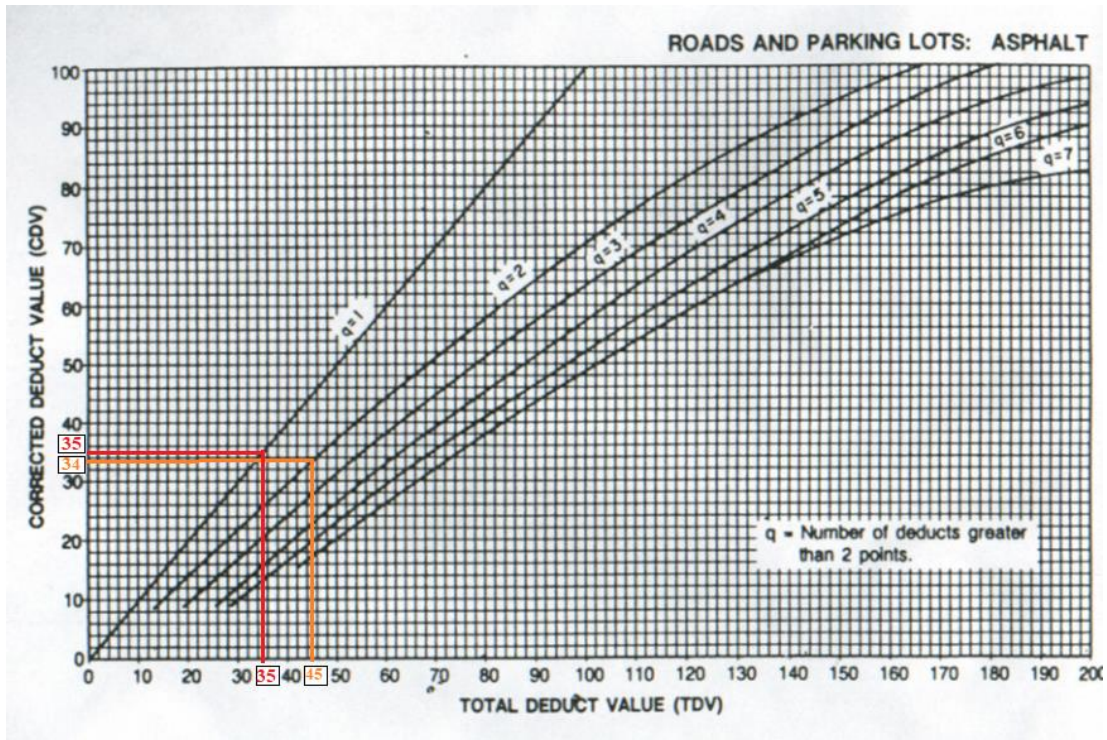
- Determine el número de valores deducidos, q , mayores a 2.
- Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección correspondiente.
- Reducir a 2 el menor de los “Valores Deducidos” enlistados y repetir el proceso hasta que q sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso. [33]

Tabla 45. Cálculo del máximo CDV

Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	33	12					45	2	34
2	33	2					35	1	35	

Elaborado por: Erika Jaramillo

Figura 29. Ábaco de valor deducido corregido (CDV)



Elaborado por: Erika Jaramillo

- **Cálculo del valor de PCI**

Una vez determinado el máximo CDV se calcula el valor del PCI de la unidad de muestreo correspondiente:

$$PCI_1 = 100 - \text{Máx. CDV} \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$PCI_1 = 100 - 35$$

$$PCI_1 = 65$$

Este valor de PCI igual a 65 indica que la capa de rodadura de la unidad de muestreo #1 es “Buena”, debido a que se encuentra en el rango de PCI de 55-70, siendo necesaria una Rehabilitación.

3.1.4.3. Resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del PCI para cada unidad de muestreo evaluada, así como su respectiva clasificación e intervención:

Tabla 46. Resumen del PCI de la vía Camino Real (Norte) - km 7+600 al 11+400

UNIDADES ALEATORIAS							
No. Muestra	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Área del tramo (m ²)	PCI por muestra	Clasificación	Intervención	
1	7+750	7+780	251.25	65	Bueno	Rehabilitación	
2	8+020	8+050	261.00	65	Bueno	Rehabilitación	
3	8+290	8+320	275.25	91	Excelente	Mantenimiento	
4	8+560	8+590	288.75	74	Muy Bueno	Mantenimiento	
5	8+830	8+860	237.00	76.5	Muy Bueno	Mantenimiento	
6	9+100	9+130	250.50	33	Malo	Rehabilitación	
7	9+370	9+400	240.00	70.5	Muy Bueno	Mantenimiento	
8	9+640	9+670	228.00	64.5	Bueno	Rehabilitación	
9	9+910	9+940	240.00	60	Bueno	Rehabilitación	
10	10+180	10+210	238.50	61.5	Bueno	Rehabilitación	
11	10+450	10+480	228.00	73.5	Muy Bueno	Mantenimiento	
12	10+720	10+750	223.50	75	Muy Bueno	Mantenimiento	
13	10+990	11+020	243.00	76.5	Muy Bueno	Mantenimiento	
14	11+260	11+290	243.00	79.5	Muy Bueno	Mantenimiento	
				$PCI_R =$	68.96	Bueno	Rehabilitación
UNIDADES ADICIONALES							
15	8+080	8+110	390.00	22	Muy Malo	Reconstrucción	
16	8+500	8+530	298.50	27	Malo	Rehabilitación	
17	9+280	9+310	240.00	54.5	Regular	Rehabilitación	
				$PCI_A =$	34.5	Malo	Rehabilitación

Elaborado por: Erika Jaramillo

Al considerarse también unidades adicionales la expresión a utilizar para el cálculo del PCI de la sección es:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad Ec. (3.13)$$

Donde:

PCI_S = PCI de la sección del pavimento.

PCI_R = PCI promedio de las unidades muestreo aleatorios o representativas.

PCI_A = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección.

A = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

$$PCI_s = \frac{[(127 - 3) * 68.96] + (3 * 34.5)}{127}$$

$$PCI_s = 68.15$$

Al tener un valor de PCI de la sección igual a 68.15 que corresponde a un estado “Bueno”, indica que la intervención necesaria a realizar es una “Rehabilitación” del pavimento de la Vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 al 11+400.

3.1.5. Análisis de la medición de deflexiones del pavimento

Para llevar a cabo el ensayo mediante la Viga Benkelman es necesario tomar en cuenta el punto del pavimento a ser ensayado, por lo cual se recomienda utilizar las distancias prefijadas a continuación:

Tabla 47. Localización del punto de ensayo

Ancho de carril	Distancia desde el Borde del Pavimento
2.70 m	0.45 m
3.00 m	0.60 m
3.60 m o más	0.90 m

Fuente: INV E – 795 – 13.

En la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 al km 11+400 se midieron las deflexiones cada 200 m, alternando de carril derecho a izquierdo, y en cada punto de ensayo se realizó las lecturas en el dial a diferentes distancias a partir del punto inicial (25 cm, 50 cm, 100 cm, 500 cm y 800 cm). Igualmente, se tomaron los datos de la temperatura y espesor de la capa de rodadura.

A continuación, se muestran los datos obtenidos mediante la aplicación de la viga Benkelman:

Tabla 48. Lecturas de Deflexiones del pavimento

Estación		Carril		Lectura del Deflectómetro (x 10 ⁻² mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		Izquierdo	Derecho	D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	7+700		X	0.0	8.0	30.0	41.0	46.0	46.0	25	2.5
2	7+900	X		0.0	6.0	28.0	39.0	47.0	48.0	22	2.5
3	8+100		X	0.0	4.0	19.0	27.0	32.0	33.0	19	2.5
4	8+300	X		0.0	7.0	32.0	43.0	51.0	52.0	21	2.5
5	8+500		X	0.0	6.0	30.0	44.0	52.0	52.0	23	4
6	8+700	X		0.0	6.0	28.0	41.0	49.0	49.0	21	2.5
7	8+900		X	0.0	10.0	35.0	43.0	45.0	46.0	25	4
8	9+100	X		0.0	8.0	33.0	39.0	46.0	47.0	25	2.5
9	9+300		X	0.0	7.0	20.0	26.0	30.0	30.0	22	3.5
10	9+500	X		0.0	7.0	24.0	33.0	39.0	41.0	20	4
11	9+700		X	0.0	6.0	28.0	38.0	43.0	45.0	19	4
12	9+900	X		0.0	5.0	26.0	36.0	44.0	46.0	22	4
13	10+100		X	0.0	4.0	17.0	38.0	42.0	42.0	23	4
14	10+300	X		0.0	5.0	21.0	39.0	44.0	45.0	19	4
15	10+500			0.0	5.0	23.0	45.0	61.0	62.0	22	3.5
16	10+700		X	0.0	6.0	29.0	40.0	51.0	51.0	22	5
17	10+900	X		0.0	5.0	23.0	34.0	40.0	42.0	22	4
18	11+100		X	0.0	5.0	29.0	52.0	61.0	63.0	21	5
19	11+300	X		0.0	5.0	33.0	58.0	71.0	71.0	25	3.5

Elaborado por: Erika Jaramillo

Para continuar con el cálculo es necesario realizar algunas correcciones como por la relación de brazos, la temperatura y la estacionalidad; esto debido a las características de la viga y el pavimento.

3.1.5.1. Corrección por relación de brazos 1:2 de la Viga Benkelman

Para efectuar esta corrección se emplea la siguiente ecuación:

$$D = (L_f - L_o) * RB \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde:

D = Deflexión corregida

L_f = Deflexión Final

L_o = Deflexión inicial

RB = Relación brazo – viga (2)

Para la estación #1:



$$D = (40 - 0) * 2$$

$$D = 80 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

*Se realiza el mismo procedimiento con el resto de las deflexiones D25, D50, D100, D500, D800.

En la siguiente tabla se muestran las deflexiones corregidas por relación de brazos:

Tabla 49. Deflexiones corregidas por relación de brazos

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
PROYECTO:		ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
DEFLEXIONES CORREGIDAS POR RELACIÓN DE BRAZO 1:2											
Estación	Abscisa	Carril		Lectura del Deflectómetro ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		Izquierdo	Derecho	D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	7+700		X	92.0	76.0	32.0	10.0	0.0	0.0	25	2.5
2	7+900	X		96.0	84.0	40.0	18.0	2.0	0.0	22	2.5
3	8+100		X	66.0	58.0	28.0	12.0	2.0	0.0	19	2.5
4	8+300	X		104.0	90.0	40.0	18.0	2.0	0.0	21	2.5
5	8+500		X	104.0	92.0	44.0	16.0	0.0	0.0	23	4
6	8+700	X		98.0	86.0	42.0	16.0	0.0	0.0	21	2.5
7	8+900		X	92.0	72.0	22.0	6.0	2.0	0.0	25	4
8	9+100	X		94.0	78.0	28.0	16.0	2.0	0.0	25	2.5
9	9+300		X	60.0	46.0	20.0	8.0	0.0	0.0	22	3.5
10	9+500	X		82.0	68.0	34.0	16.0	4.0	0.0	20	4
11	9+700		X	90.0	78.0	34.0	14.0	4.0	0.0	19	4
12	9+900	X		92.0	82.0	40.0	20.0	4.0	0.0	22	4
13	10+100		X	84.0	76.0	50.0	8.0	0.0	0.0	23	4
14	10+300	X		90.0	80.0	48.0	12.0	2.0	0.0	19	4
15	10+500			124.0	114.0	78.0	34.0	2.0	0.0	22	3.5
16	10+700		X	102.0	90.0	44.0	22.0	0.0	0.0	22	5
17	10+900	X		84.0	74.0	38.0	16.0	4.0	0.0	22	4
18	11+100		X	126.0	116.0	68.0	22.0	4.0	0.0	21	5
19	11+300	X		142.0	132.0	76.0	26.0	0.0	0.0	25	3.5

Elaborado por: Erika Jaramillo.

3.1.5.2. Corrección por efecto de la temperatura

Esta corrección se realiza debido a las diferentes temperaturas que se pueden presentar en campo, lo cual afecta directamente al pavimento, por ende, se aplica la siguiente ecuación:

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{D_0}{K * (T - 20^{\circ}C) * e + 1} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Donde:

$D_{20^{\circ}C}$ = Deflexión corregida por temperatura

D_0 = Deflexión inicial corregida por brazo 1:2

K = constante para capas granulares (1×10^{-3})

T = Temperatura en sitio

e = Espesor de la carpeta asfáltica



Se muestra un ejemplo de cálculo de la estación #1:

$$D_0 = \frac{80}{0.001 * (25 - 20^{\circ} C) * 2.5 + 1}$$

$$D_0 = 90.9 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

A continuación, se presenta las deflexiones corregidas para una temperatura estándar $20^{\circ}C$:

Tabla 50. Deflexiones corregidas por temperatura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
											
PROYECTO:		ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
DEFLEXIONES CORREGIDAS POR TEMPERATURA											
Estación	Abscisa	Carril		Lectura del Deflectómetro ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura ($^{\circ}C$)	Espesor (cm)
		Izquierdo	Derecho	D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	7+700		X	90.9	75.1	31.6	9.9	0.0	0.0	25	2.5
2	7+900	X		95.5	83.6	39.8	17.9	2.0	0.0	22	2.5
3	8+100		X	66.2	58.1	28.1	12.0	2.0	0.0	19	2.5
4	8+300	X		103.7	89.8	39.9	18.0	2.0	0.0	21	2.5
5	8+500		X	102.8	90.9	43.5	15.8	0.0	0.0	23	4
6	8+700	X		97.8	85.8	41.9	16.0	0.0	0.0	21	2.5
7	8+900		X	90.2	70.6	21.6	5.9	2.0	0.0	25	4
8	9+100	X		92.8	77.0	27.7	15.8	2.0	0.0	25	2.5
9	9+300		X	59.6	45.7	19.9	7.9	0.0	0.0	22	3.5
10	9+500	X		82.0	68.0	34.0	16.0	4.0	0.0	20	4
11	9+700		X	90.4	78.3	34.1	14.1	4.0	0.0	19	4
12	9+900	X		91.3	81.3	39.7	19.8	4.0	0.0	22	4
13	10+100		X	83.0	75.1	49.4	7.9	0.0	0.0	23	4
14	10+300	X		90.4	80.3	48.2	12.0	2.0	0.0	19	4
15	10+500			123.1	113.2	77.5	33.8	2.0	0.0	22	3.5
16	10+700		X	101.0	89.1	43.6	21.8	0.0	0.0	22	5
17	10+900	X		83.3	73.4	37.7	15.9	4.0	0.0	22	4
18	11+100		X	125.4	115.4	67.7	21.9	4.0	0.0	21	5
19	11+300	X		139.6	129.7	74.7	25.6	0.0	0.0	25	3.5

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.5.3. Corrección por estacionalidad

En este caso se debe realizar una corrección por la estación que se puede presentar en el sitio, para ello se toma el valor según la siguiente tabla:

Tabla 51. Factores de corrección por estacionalidad

Tipo de suelo (Subrasante)	Estación lluviosa	Estación seca
Arena - permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa - sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

Elaborado por: Erika Jaramillo

El suelo de la subrasante en general corresponde a un material “Arenoso – permeable”, y el día del ensayo el clima fue soleado, por lo tanto, se emplea un factor de corrección entre 1.1 a 1.3, optando por un valor promedio de 1.2.

La ecuación por utilizar es:

$$D = f_{ce} * D_{20^{\circ}C} \quad Ec. (3.16)$$

Donde:

D = Deflexión corregida por estacionalidad

f_{ce} = Factor de corrección por estacionalidad

$D_{20^{\circ}C}$ = Deflexión inicial corregida por temperatura

Para la estación #1:

$$D = 1.2 * 90.9 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D = 109.0 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 52. Deflexiones corregidas por estacionalidad

Estación		Carril		Lectura del Deflectómetro (x 10 ⁻² mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		Izquierdo	Derecho	D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	7+700		X	109.0	90.1	37.9	11.9	0.0	0.0	25	2.5
2	7+900	X		114.6	100.3	47.8	21.5	2.4	0.0	22	2.5
3	8+100		X	79.4	69.8	33.7	14.4	2.4	0.0	19	2.5
4	8+300	X		124.5	107.7	47.9	21.5	2.4	0.0	21	2.5
5	8+500		X	123.3	109.1	52.2	19.0	0.0	0.0	23	4
6	8+700	X		117.3	102.9	50.3	19.2	0.0	0.0	21	2.5
7	8+900		X	108.2	84.7	25.9	7.1	2.4	0.0	25	4
8	9+100	X		111.4	92.4	33.2	19.0	2.4	0.0	25	2.5
9	9+300		X	71.5	54.8	23.8	9.5	0.0	0.0	22	3.5
10	9+500	X		98.4	81.6	40.8	19.2	4.8	0.0	20	4
11	9+700		X	108.4	94.0	41.0	16.9	4.8	0.0	19	4
12	9+900	X		109.5	97.6	47.6	23.8	4.8	0.0	22	4
13	10+100		X	99.6	90.1	59.3	9.5	0.0	0.0	23	4
14	10+300	X		108.4	96.4	57.8	14.5	2.4	0.0	19	4
15	10+500			147.8	135.8	92.9	40.5	2.4	0.0	22	3.5
16	10+700		X	121.2	106.9	52.3	26.1	0.0	0.0	22	5
17	10+900	X		100.0	88.1	45.2	19.0	4.8	0.0	22	4
18	11+100		X	150.4	138.5	81.2	26.3	4.8	0.0	21	5
19	11+300	X		167.5	155.7	89.6	30.7	0.0	0.0	25	3.5

Elaborado por: Erika Jaramillo.

3.1.5.4. Cálculo del Radio de Curvatura

El radio de curvatura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{3125}{D0 - D25} \quad \text{Ec. (3.17)}$$

Donde:

RC = Radio de curvatura en metros

D0 = Deflexión máxima a la distancia 0 metros

D25 = Deflexión a la distancia de 0.25 metros

El cálculo para la estación #1:

$$RC = \frac{3125}{109 - 90.1}$$

$$RC = 164.8 \text{ m}$$

El cálculo se repite para las demás estaciones:

Tabla 53. Radio de Curvatura

Estación	Abscisa	Lectura Deflectómetro (x 10 ⁻² mm)		Radio de Curvatura (m)
		D0	D25	
1	7+700	109.0	90.1	164.8
2	7+900	114.6	100.3	218.1
3	8+100	79.4	69.8	324.7
4	8+300	124.5	107.7	186.5
5	8+500	123.3	109.1	219.6
6	8+700	117.3	102.9	217.6
7	8+900	108.2	84.7	132.8
8	9+100	111.4	92.4	164.8
9	9+300	71.5	54.8	187.3
10	9+500	98.4	81.6	186.0
11	9+700	108.4	94.0	216.1
12	9+900	109.5	97.6	262.5
13	10+100	99.6	90.1	329.4
14	10+300	108.4	96.4	259.4
15	10+500	147.8	135.8	262.2
16	10+700	121.2	106.9	219.2
17	10+900	100.0	88.1	262.5
18	11+100	150.4	138.5	261.7
19	11+300	167.5	155.7	265.0
Promedio (Dm):		114.2	99.8	228.4

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.5.5. Deflexión característica

La deflexión característica juega un papel muy importante porque representa mejor a una sección de pavimento, para obtener dicho valor se calcula la desviación estándar empleando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}} \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Donde:

σ = Desviación estándar

D_i = Deflexión máxima corregida

\bar{D} = Deflexión media

n = Número de datos

En la siguiente tabla se indica los valores para determinar la desviación estándar:

Tabla 54. Valores para la desviación estándar

Estación	Abscisa	D0	(Dm-D0)	(Dm-D0) ²
1	7+700	109.0	5.2	27.1
2	7+900	114.6	-0.4	0.1
3	8+100	79.4	34.8	1214.0
4	8+300	124.5	-10.2	105.0
5	8+500	123.3	-9.1	82.4
6	8+700	117.3	-3.1	9.4
7	8+900	108.2	6.0	36.1
8	9+100	111.4	2.8	8.0
9	9+300	71.5	42.7	1826.9
10	9+500	98.4	15.8	251.0
11	9+700	108.4	5.8	33.7
12	9+900	109.5	4.7	22.3
13	10+100	99.6	14.6	214.2
14	10+300	108.4	5.8	33.7
15	10+500	147.8	-33.5	1123.9
16	10+700	121.2	-6.9	48.3
17	10+900	100.0	14.2	202.8
18	11+100	150.4	-36.2	1310.9
19	11+300	167.5	-53.2	2833.2
Promedio:		114.2	Suma:	9383.0

Elaborado por: Erika Jaramillo

Reemplazando en la ecuación 18, se obtiene:

$$\sigma = \sqrt{\frac{9383.0}{(19 - 1)}}$$

$$\sigma = 22.83$$

El método utilizado por CONREVIAl propone algunas ecuaciones para determinar la deflexión característica en base a la desviación estándar, se recomienda trabajar con un valor de 5% de probabilidad de ocurrencia, por consiguiente, un valor de diseño de 95%. Las ecuaciones se muestran a continuación:

Tabla 55. Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia

Valor de diseño (%)	Deflexión Característica (D_c)	Extensión del pavimento ($\bar{D} > D_c$)
50	\bar{D}	50
75	$\bar{D} + 0.674 * \sigma$	25
85	$\bar{D} + \sigma$	15
90	$\bar{D} + 1.3 * \sigma$	10
95	$\bar{D} + 1.645 * \sigma$	5
98	$\bar{D} + 2 * \sigma$	2
99	$\bar{D} + 2.33 * \sigma$	1
99.9	$\bar{D} + 3 * \sigma$	0.1

Fuente: CONREVIAl, 2014.

La ecuación por emplear es la siguiente:

$$D_c = \bar{D} + 1.645 * \sigma \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Donde:

D_c =Deflexión característica

\bar{D} = Deflexión media

σ = Desviación estándar

$$D_c = 114.2 + 1.645 * 22.83$$

$$D_c = 151.80 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.5.6. Deflexión admisible

La deflexión admisible es un parámetro definido en función del tráfico de diseño, es decir de los ejes equivalentes W18. Este indica un límite para la deflexión característica, que garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura (pavimento) para el período establecido. [34]

Con ayuda del valor obtenido en los ejes equivalentes en el apartado de tránsito, se calcula la deflexión admisible mediante la siguiente expresión:

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{4}} * 100 \quad \text{Ec. (3.20)}$$

Donde:

D_{adm} = Deflexión admisible en mm

W_{18} = Número total de ejes equivalentes de 8.2 ton. Expresado en millones.

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.08106} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{adm} = 194.08 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.5.7. Deflexión crítica

Se define como aquella deflexión que alcanza el pavimento al término de su periodo de servicio, luego de soportar el tránsito proyectado. La siguiente fórmula para determinar la deflexión crítica es:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}} \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Donde:

D_{cr} = Deflexión crítica

W_{18} = Número total de ejes equivalentes de 8.2 ton. Expresado en millones.

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{0.08106} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 181.33 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.5.8. Resultados de las deflexiones mediante la Viga Benkelman

Para el presente año se obtuvieron las deflexiones mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 56. Resultados de deflexiones - Viga Benkelman

DEFLEXIONES DE LA VÍA EN EL PRESENTE AÑO					
Estación	Abscisa	D0	Dc	Dadm	Dcr
		x 10 ⁻² mm			
1	7+700	109.0	151.8	194.1	181.3
2	7+900	114.6			
3	8+100	79.4			
4	8+300	124.5			
5	8+500	123.3			
6	8+700	117.3			
7	8+900	108.2			
8	9+100	111.4			
9	9+300	71.5			
10	9+500	98.4			
11	9+700	108.4			
12	9+900	109.5			
13	10+100	99.6			
14	10+300	108.4			
15	10+500	147.8			
16	10+700	121.2			
17	10+900	100.0			
18	11+100	150.4			
19	11+300	167.5			
Promedio:		114.2	151.8	194.1	181.3

Elaborado por: Erika Jaramillo

Una vez obtenidos el radio de curvatura y las distintas deflexiones se puede determinar el tipo de deflexión que se da en el pavimento de la vía en estudio. El método CONREVIAl propone la siguiente clasificación:

Tabla 57. Tipos de deflexiones

Tipo de deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
I	Bueno Dc < Da	Bueno Rc > 100
II	Malo Dc > Da	Bueno Rc > 100
III	Bueno Dc < Da	Malo Rc < 100
IV	Malo Dc > Da	Malo Rc < 100

Fuente: CONREVIAl, 2014.

Tomando los criterios presentados basados en las deflexiones y radio de curvatura, se determina que el tipo de deflexión de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 al km 11+400 corresponde a un “Tipo I”, debido a que presenta un radio de curvatura mediano y una deflexión pequeña en cada abscisa.

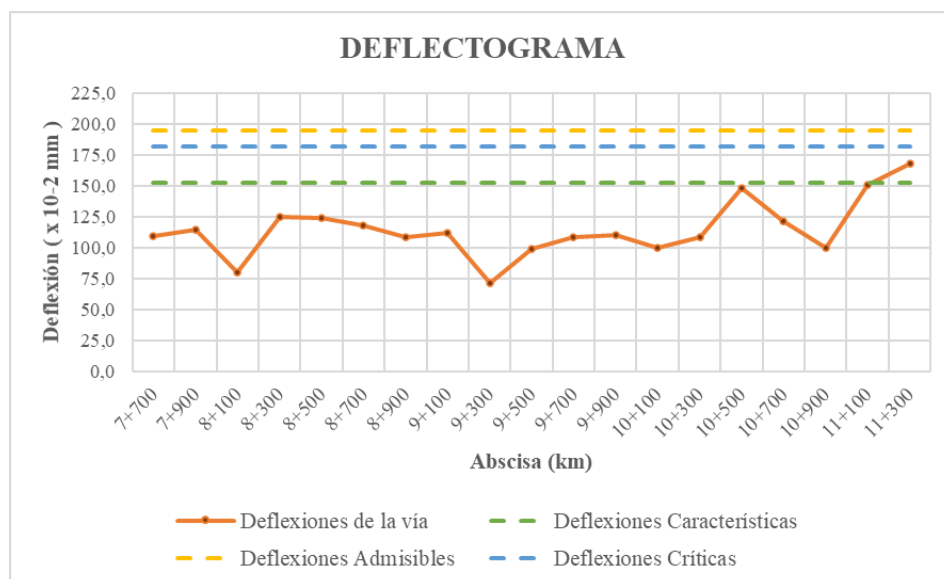
Tabla 58. Resultados de deflexiones y Tipo de deflexión

RESULTADOS	
Deflexión Promedio (Dm)	114.2 x 10e-2 mm
Desviación Estándar (σ)	22.83
Deflexión Característica (Dc)	151.8 x 10e-2 mm
Deflexión Admisible (Dadm)	194.1 x 10e-2 mm
Deflexión Crítica (Dcr)	181.3 x 10e-2 mm
Radio de Curvatura (Rc)	228.4
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
Comportamiento de la Subrasante	
Tipo I	
Dc < Da	151.8 x 10e-2 mm < 194.1 x 10e-2 mm
Comportamiento del Pavimento	
Tipo I	
Ro > 100	228.4 > 100

Elaborado por: Erika Jaramillo

En base a los datos obtenidos se puede realizar una gráfica representativa (Deflectograma) para observar de mejor manera las deflexiones presentadas en la tabla anterior.

Figura 30. Deflectograma de la vía en estudio



Elaborado por: Erika Jaramillo

Para la vía en estudio se observa que las deflexiones obtenidas están próximas a la Deflexión crítica, siendo el último punto de la abscisa 11+300 la más cercana a esta. No obstante, para el presente año 2022 la vía en general presenta un buen comportamiento de la subrasante al igual que el pavimento.

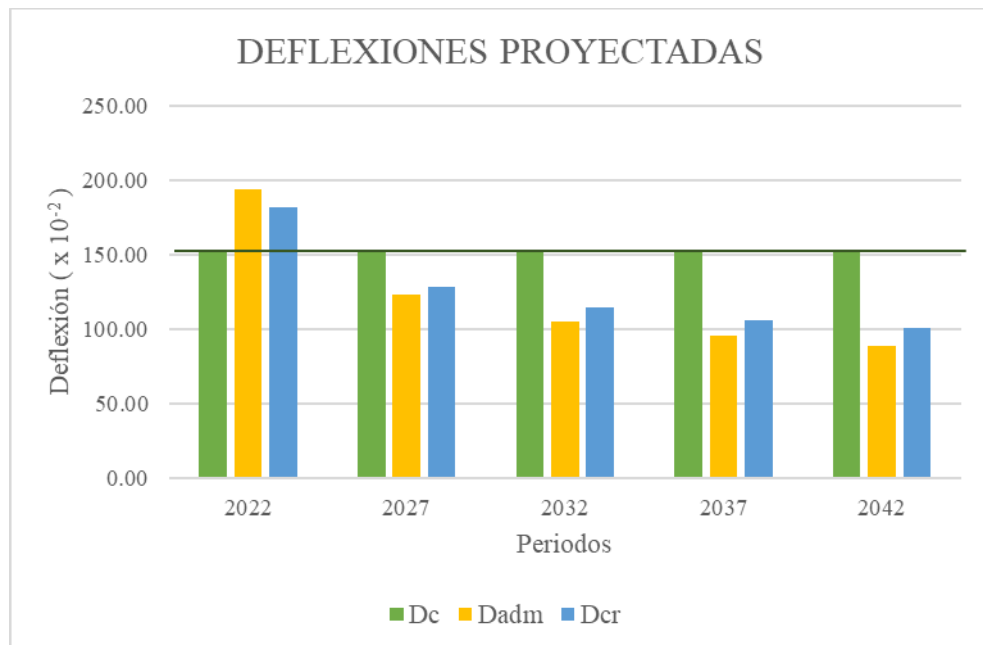
Dado los resultados para el año 2022 (actual) se plantea conocer el comportamiento del pavimento a futuro de la vía Camino Real (Norte) km 7+600 al 11+400, por lo que se realiza una proyección a 20 años.

Tabla 59. Deflexiones proyectadas a 20 años

DEFLEXIONES PROYECTADAS				
Año	W18	Dc	Dadm	Dcr
2022	81060	151.80	194.08	181.33
2027	500160	151.80	123.14	128.64
2032	929986	151.80	105.45	114.43
2037	1368516	151.80	95.74	106.39
2042	1810597	151.80	89.27	100.91

Elaborado por: Erika Jaramillo

Figura 31. Deflexiones proyectadas cada 5 años



Elaborado por: Erika Jaramillo

En la gráfica presentada se puede notar claramente que a partir del año 2027 las deflexiones características van a superar a la deflexión admisible y crítica, lo que

indica que la vía puede presentar cambios que alteren la funcionalidad y comportamiento estructural de la misma.

3.1.6. Análisis y resultados del estudio de suelos

Para realizar el estudio de suelos se extrajó 4 muestras de suelo, cada una de 50 kg aproximadamente, las mismas que debían secarse al aire libre para realizar los ensayos de laboratorio planteados: granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Así también, se llevó a cabo ensayos in situ: densidad de campo y humedad natural.

Los resultados de los ensayos realizados se presentan en el Anexo C.

3.1.6.1. Análisis granulométrico

Al realizar este ensayo se puede clasificar al suelo según los sistemas AASHTO y SUCS, dando como resultado los siguientes:

Tabla 60. Clasificación de suelo

MUESTRA	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACIÓN	
				AASHTO	SUCS
1	1.9	62.2	35.9	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	SM Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.
2	0.11	56.5	43.39	A-4 Suelos limosos	SM Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.
3	0.44	73.82	25.74	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	SM Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.
4	2.08	68.1	29.82	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	SC-SM Limo, arena arcillosa

Elaborado por: Erika Jaramillo

En su gran mayoría el tipo suelo de la vía camino Real (norte) en el tramo 7+600 al 11+400 pertenece al grupo (A-2-4) según la clasificación AASHTO, correspondiente a un Limo o grava arcillosa y arena. Mientras para el sistema SUCS, son de tipo “SM – Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas”.

3.1.6.2. Límites de Atterberg

Dentro de los límites realizados se encuentra el Límite líquido y Límite plástico, con los cuales se calcula el índice de plasticidad, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 61. Resultados Límites de Atterberg

MUESTRA	L. LÍQUIDO (%)	L. PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
1	22.8	20.79	2.01
2	21.1	22.65	0
3	20.55	19.43	1.12
4	24.75	20.24	4.51

Elaborado por: Erika Jaramillo

Según la tabla presentada se observa que el suelo extraído no presente niveles altos de plasticidad, incluso la muestra #2 se considera “No plástico”.

3.1.6.3. Proctor Modificado Tipo B

Se realiza el ensayo siguiendo el procedimiento detallado en las normas AASHTO T-180 y ASTM D 1557, obteniendo así valores de densidad seca con su respectivo contenido de humedad, los cuales nos permiten generar una curva de compactación y de esta manera obtener el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima, valores necesarios para proceder con el ensayo CBR.

Tabla 62. Resultados de Proctor Modificado Tipo B

MUESTRA	MATERIAL	DENSIDAD SECA (γ_d)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
1	Arena limosa	1,615	18.5
2	Arena limosa	1,615	17.8
3	Arena limosa	1,735	13.2
4	Arena arcillosa	1,490	20.8

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.6.4. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

Con los resultados de humedad óptima conseguidos en el ensayo Proctor modificado, se realiza el procedimiento detallado en la norma AASHTO T- 193 y ASTM D 1883 con el fin de calcular el valor de CBR, además de conocer su clasificación y uso del suelo.

Tabla 63. Resultados CBR, clasificación y uso

MUESTRA	CBR (%)	CLASIFICACIÓN	USOS
1	6.6	Mala	Subrasante
2	12.0	Regular - Buena	Subrasante
3	27.0	Excelente	Subrasante
4	25.2	Excelente	Subrasante

Elaborado por: Erika Jaramillo

Se puede notar que únicamente la muestra #1 se clasifica como “Mala” para subrasante, mientras que el resto de las muestras cumplen su función como subrasante con un comportamiento “Excelente”.

3.1.6.5. Densidad de Campo y Humedad Natural

El ensayo de densidad de campo juntamente con el de humedad natural se realizaron en los puntos donde fueron extraídas las muestras de suelo, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos, así como los resultados de laboratorio:

Tabla 64. Comparación entre Densidad de campo y Densidad de laboratorio

MUESTRA	HUMEDAD NATURAL W%	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD MÁX PROCTOR (yd)	COMPACTACIÓN (%)
1	15.90	1.783	1.539	1.615	95.30
2	12.60	1.593	1.415	1.615	87.60
3	9.31	1.881	1.720	1.735	99.10
4	7.97	1.565	1.452	1.490	97.50

Elaborado por: Erika Jaramillo

3.1.7. Análisis de Asfalto

3.1.7.1. Cálculo de contenido de asfalto

El contenido de asfalto se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$\%Asfalto = \frac{(Wm_o - Wm_f) + (Wf_f - Wf_o)}{Wm_o} * 100 \quad Ec. (3.22)$$

Donde:

Wm_o = Peso muestra inicial

Wm_f = Peso muestra final

Wf_o = Peso filtro inicial

Wf_f = Peso filtro final

Para la muestra #1, carril derecho tenemos:

$$\%Asfalto = \frac{(500.0 - 474.5) + (22.52 - 21.67)}{500.0} * 100$$

$$\%Asfalto = 5.27\%$$

A continuación, se presentan los porcentajes de asfalto de cada muestra extraída:

Tabla 65. Contenido de asfalto

PORCENTAJE DE ASFALTO				
Muestra	1	2	3	4
Carril Derecho	5.27	5.83	4.73	4.26
Izquierdo	5.70	5.92	4.71	3.80
PROMEDIO	5.49	5.88	4.72	4.03

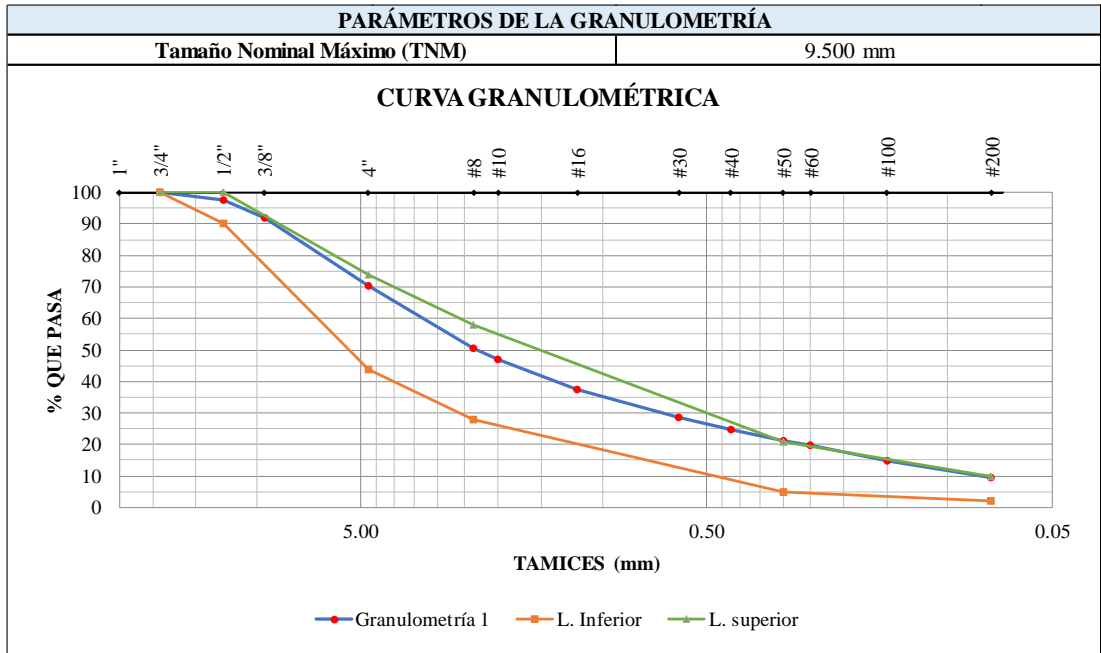
Elaborado por: Erika Jaramillo

Analizadas las muestras de asfalto se puede evidenciar que tanto la muestra 1 y 2 presentan un contenido de asfalto de 5.49% y 5.88% respectivamente, lo que indica que sigue manteniendo un porcentaje óptimo con el que fue diseñado. Por otro lado, el asfalto de las muestras 3 y 4, presentan valores de 4.72 y 4.03%, lo que significa que ha perdido cierto porcentaje desde su puesta en obra, esto se puede deber a que la zona es agrícola y el pavimento se encuentra en constante contacto con el agua y aire, haciendo que éste se erosione y pierda con mayor facilidad su contenido de asfalto.

3.1.7.2. Análisis granulométrico de muestras de asfalto

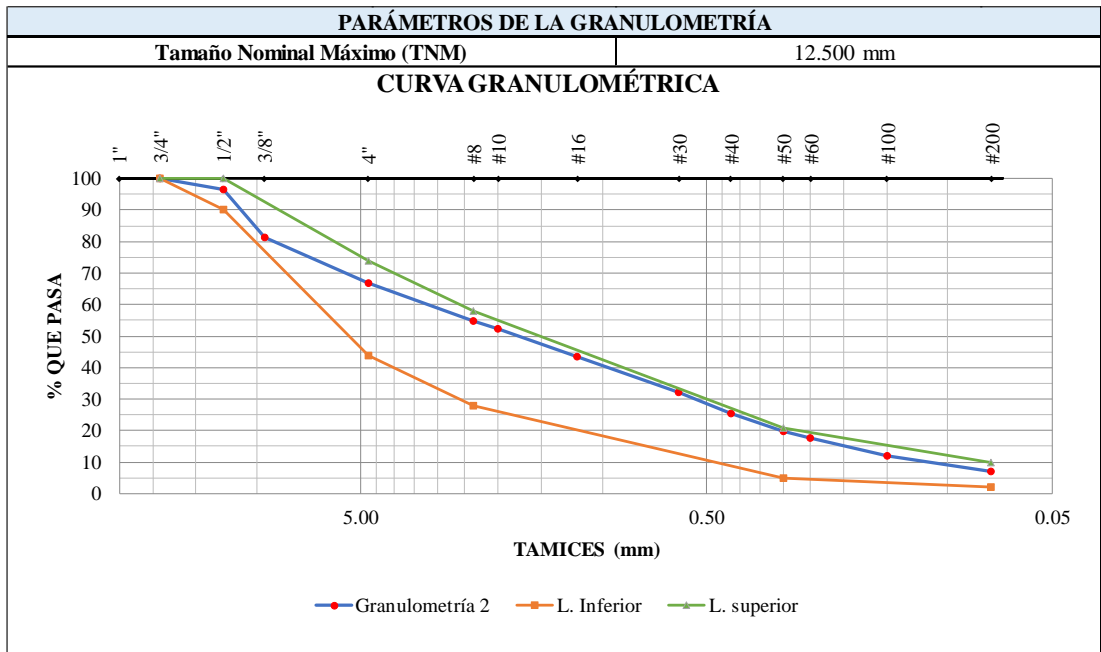
Se realizó la granulometría respectiva de los agregados obtenidos en el ensayo de extracción de asfalto, dando como resultado lo siguiente:

Figura 32. Granulometría 1



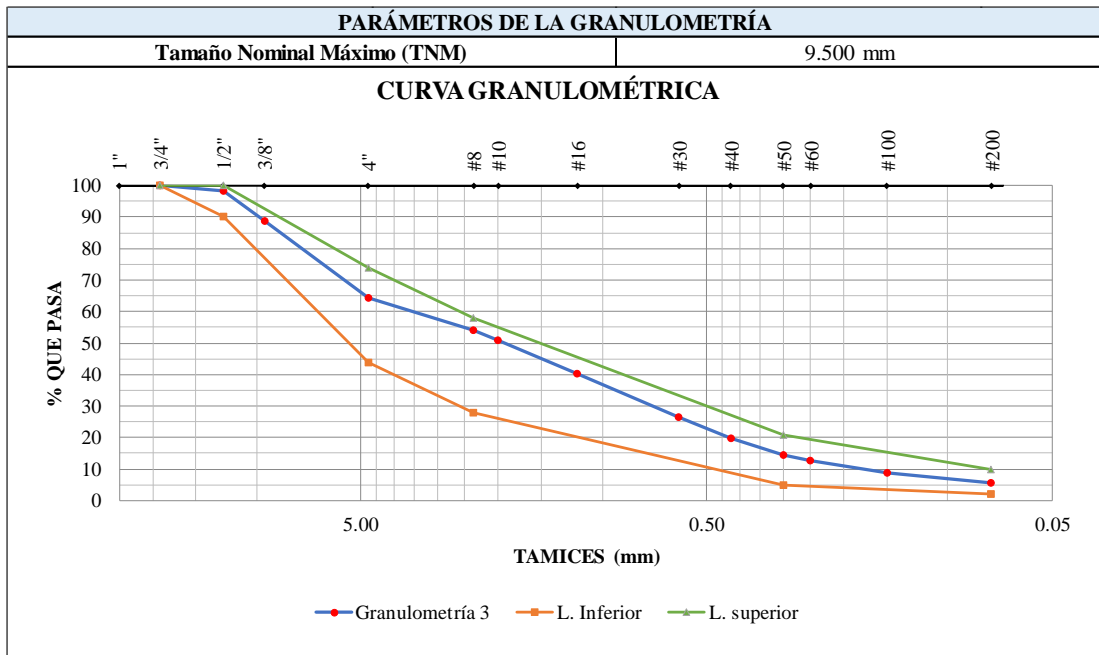
Elaborado por: Erika Jaramillo

Figura 33. Granulometría 2



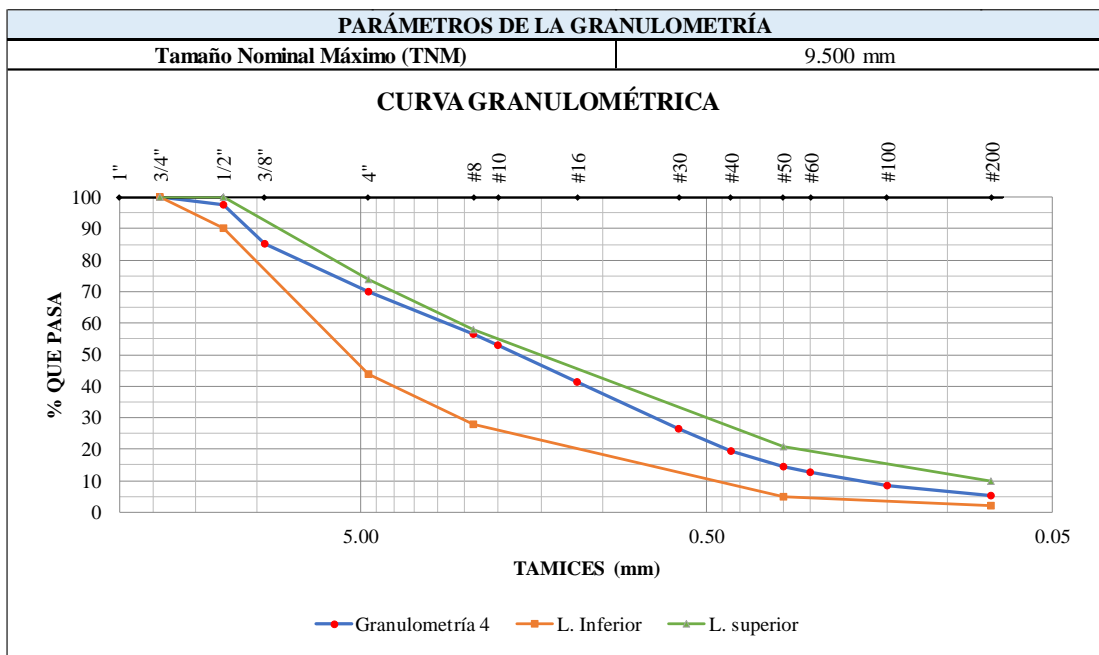
Elaborado por: Erika Jaramillo

Figura 34. Granulometría 3



Elaborado por: Erika Jaramillo

Figura 35. Granulometría 4




Elaborado por: Erika Jaramillo

Observando las gráficas de granulometría se puede apreciar que todos los agregados cumplen con los límites establecidos para agregados en Mezclas Asfálticas Densas, según lo establecido en la tabla 811-4.4 de la norma NEVI – Volumen 3.

3.1.8. Plan de conservación vial


Una vez recopilado la información suficiente para emitir un plan de conservación vial de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 al km 11+400, se presenta las siguientes tablas en donde se muestra de forma detallada las fallas existentes en la vía juntamente con la cantidad a intervenir, además de las opciones de reparo para las mismas.

Tabla 66. Falla – Piel de cocodrilo

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Piel de cocodrilo	7+750	7+780	3.20			L - Sello superficial	
	8+020	8+050		3.05			
	8+560	8+590	6.28				
	8+830	8+860	1.98		0.36		
	9+640	9+670	16.36				
	8+080	8+110			48.04		
	8+500	8+530	2.99	1.80	6.02		
	9+280	9+310	0.23			H - Recubrimiento	
Cantidad a intervenir (m²)			31.03	4.85	54.42		


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 67. Falla – Bombeo y Hundimiento

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Bombeo y hundimiento	8+500	8+530	1.43			L - No haga nada	
Cantidad a intervenir (m²)			1.43	-	-		


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 68. Falla - Depresiones

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Depresiones	8+080	8+110		2.50	26.95	L - No haga nada	
	8+500	8+530	3.39			M - Parchado profundo, parcial o total	
Cantidad a intervenir (m²)			3.39	2.50	26.95	H - Parchado profundo, parcial o total	


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 69. Falla – Agrietamiento de borde

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Agrietamiento de borde	10+450	10+480			1.30	L - No haga nada	
	10+720	10+750			1.50		
	8+500	8+530	2.70			H- Parchado profundo parcial	
Cantidad a intervenir (m)			2.70	-	2.80		


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 70. Falla – Agrietamiento Longitudinal y transversal

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Agrietamiento longitudinal y transversal	7+750	7+780	0.90		24.40	L - No haga nada	
	8+020	8+050	10.88	10.60	13.57		
	8+560	8+590	2.35	5.92			
	8+830	8+860	2.95				
	9+100	9+130		3.70			
	9+370	9+400	4.60			M: Sellado de grietas	
	9+910	9+940	31.06				
	10+180	10+210	1.90				
	10+450	10+480	6.35				
	10+720	10+750	5.80			H: Parchado profundo	
	10+990	11+020	3.00				
	8+080	8+110	1.85	15.39	2.63		
	8+500	8+530	13.19	13.39	27.36		
	9+280	9+310		3.75			
Cantidad a intervenir (m)			84.83	52.75	67.96		


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 71. Falla – Parchados

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Parchados	8+020	8+050	0.54			L - No haga nada	
	8+560	8+590	24.00				
	8+830	8+860	20.32				
	9+100	9+130	91.81				
	9+370	9+400	24.00				
	9+640	9+670	24.00			M - Reemplazar el parchado	
	9+910	9+940	55.53				
	10+180	10+210	31.69	27.29			
	10+450	10+480	27.53	5.59			
	10+720	10+750	29.81			H - Reemplazar el parchado	
	10+990	11+020	36.35				
	11+260	11+290	24.00				
	8+080	8+110	19.14				
	8+500	8+530	21.64				
9+280	9+310	39.45					
Cantidad a intervenir (m²)			469.80	32.88	-		


Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 72. Falla – Baches

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Baches	9+100	9+130		1		L, M, H - Parchado profundo parcial o total	
	9+370	9+400	3				
	9+640	9+670	1				
	10+180	10+210	1				
	9+280	9+310			1		
Cantidad a intervenir (u)			5	1	1		

Elaborado por: Erika Jaramillo

Tabla 73. Falla – Intemperismo

Falla	Abscisa		Severidad			Opciones de Reparación	Fotografía
	Inicial	Final	L	M	H		
Intemperismo	8+290	8+320	79.12			L- Sello superficial	
	9+100	9+130			50.45		
	9+910	9+940		67.20		M - Recubrimiento	
	10+720	10+750	120.00				
	10+990	11+020	120.00			H - Reciclaje	
	11+260	11+290	24.00				
Cantidad a intervenir (m²)			488.62	141.83	50.45		

Elaborado por: Erika Jaramillo

Una vez propuestas algunas soluciones para las fallas existente en la vía, se presenta una tabla, pero en este caso con las cantidades de las actividades por realizar:

Tabla 74. Actividades para el mantenimiento vial

N°	Actividad	Cantidad	Unidad
1	Sellado superficial	519.65	m ²
2	Sellado de grietas y fisuras	52.75	m
3	Parcheo profundo	112.06	m ²
4	Recubrimiento	196.24	m ²
5	Reemplazo de parchado	32.88	m ²
6	Reciclaje	50.45	m ²
7	Limpieza de cunetas	2.50	km
8	Mantenimiento de señalización vertical	-	u
9	Mantenimiento de señalización horizontal	1.00	km
10	Limpieza general de la vía	2.00	km

Elaborado por: Erika Jaramillo

*Las cantidades obtenidas se evidencian en los anexos del PCI.

Sellado superficial

- Se deberá barrer hasta eliminar la presencia de polvo, basura y cualquier material suelto.
- Se llevará a cabo la aplicación cuando la temperatura atmosférica y de la superficie sea 10°C o mayor.
- Se aplicará los riegos con ayuda de un distribuidor a presión y asegurándose que tenga un recubrimiento uniforme.
- En caso de que el área sea grande se empleará barras de riego del distribuidor de asfalto, a la que se agrega una pantalla. Por otro lado, si se trata de áreas pequeñas se pueden utilizar barras regadoras manuales.
- No se podrá transitar hasta que la emulsión haya quebrado, es decir, en un tiempo no menor a 2 horas.

Sellado de grietas y fisuras

- Primero, se limpia el área circundante de las grietas con una escoba y aire comprimido para quitar el polvo, material suelto y humedad que interfieran en la adherencia de la mezcla con el pavimento.
- Luego, se aplica el riego de liga en las grietas a reparar. Seguido, se rellenan las mismas con una capa de arena que cumplan con las especificaciones de granulometría.
- Se nivela con un rodillo neumático y se verifica con una regla. Los bordes de las grietas deben quedar limpios y la superficie de rodamiento con una textura uniforme.
- El sellado debe realizarse solo cuando la temperatura ambiente sea superior a 5°C e inferior a 30 °C.

Parcheo profundo

- Se debe delimitar el área a remover, si es posible marcándola con pintura; esta abarcará toda la zona fallada ya sea baches o fallas considerables, más una parte del pavimento en buenas condiciones.
- Luego, se debe cortar con ayuda de taladros o de preferencia sierras, las mezclas asfálticas.

- Cuando se trate de baches, se debe remover hasta alcanzar el punto más profundo del mismo y hasta que el material sea firme.
- En el caso de otro tipo de fallas se deberá retirar las capas necesarias hasta que de igual forma se alcance una capa densa y firme.

Recubrimiento

- Delimitar el área de la zona afectada para la aplicación del ligante bituminoso.
- Limpiar correctamente la superficie para que esta quede seca y libre de polvo o suciedad.
- Se debe distribuir el agregado de manera uniforme una vez se haya colocado la imprimación, para asegurar que se adhiera el agregado con el ligante.
- Se compactará de preferencia con un rodillo neumático, inmediatamente después que se esparció el agregado.
- No se debe permitir el tránsito vehicular sobre la superficie no antes de 24 horas.
- Se debe realizar un barrido para eliminar cualquier agregado suelto por al menos 4 días seguidos después de su puesta en obra.

Reciclaje

- Remover los obstáculos o estructuras que pueden generar problemas a la máquina recicladora.
- Se deben efectuar los trabajos de bacheo con antelación para no tener deficiencias en la capacidad de soporte la capa reciclada.
- Limpiar la superficie por tratar, para dar inicio con la disgregación del pavimento existente y su posterior mezcla con la base bituminosa y/o aditivos.
- Extenderla mezcla evitando dejar material sin mezclar en los bordes.
- Se procede con la compactación de manera longitudinal con ayuda de rodillo. Si es posible se debe realizar un perfilado final con motoniveladora para obtener la pendiente transversal adecuada.
- Finalmente, se rellena con la mezcla asfáltica dejando que esta sobresalga unos 6 mm, previamente se debió colocar la imprimación en el fondo de la zona fallada y dejar hasta que haya penetrado según lo especificado.
- Se nivelará mediante rastrillos y compactará con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 ton de peso.

Al realizar las actividades propuestas de manera inmediata se puede evitar que el deterioro de la vía siga en aumento, además de brindar un mejor servicio y comodidad a los usuarios.

Por otro lado, como caso específico se muestra a continuación la unidad de prueba adicional (A1) evaluada por el método PCI, ubicada en la abscisa 8+080 – 8+100 que presenta un estado “Muy Malo” según el valor obtenido por el método indicado, siendo necesario una “Reconstrucción”, por lo que se presenta una descripción más a detalle del problema y la solución recomendada.

Figura 36. *Depresiones en la abscisa km 8+080 - 8+100 – Unidad de prueba A1*



Elaborado por: Erika Jaramillo

Descripción del problema: Se puede visualizar la presencia de depresiones en sentido longitudinal del carril derecho de la vía, producida por la acumulación de humedad. Cabe mencionar que el asentamiento se presenta en una curva vertical, sumado a que en este punto se encuentra una quebrada, hace que esta zona sea propensa a inundarse y por ende exista un exceso de humedad. Aunque, hayan sido construidos dos muros de contención no han sido suficientes para soportar el tráfico pesado que circula por la vía.

Solución recomendada: Limpieza de escombros y capa vegetal acumulados en la quebrada, además de la colocación de material de mejoramiento en el relleno para nivelar la calzada, compactación del material y finalmente la reposición de la estructura del pavimento, colocando la carpeta asfáltica y su respectiva señalización horizontal.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó una propuesta de un proceso de conservación de la estructura del pavimento, en base al estudio de suelos realizado a la capa de subrasante, clasificando al suelo mediante los sistemas AASHTO y SUCS, dando como resultado en su mayoría como “Arena limosa”, con excepción a partir de la abscisa 11+080 que cuenta con un suelo tipo “Arena arcillosa”. Además, presentan un índice de plasticidad bajo con valores menores a 4.5%, incluso la muestra de la abscisa 8+060 se considera no plástico.
- Se realizó un modelo digital de la vía Camino Real (Norte) desde la abscisa 7+600 hasta la abscisa 11+400 en base al levantamiento georreferenciado efectuado en campo con ayuda de un receptor satelital GPS, evidenciando un ancho promedio de la vía de 8.3 m, con dos carriles de circulación; además, de presentar cunetas en el lado izquierdo a lo largo del tramo con dimensiones de 30 x 65 cm aproximadamente y una pequeña sección del histórico Camino Real que funciona como acera con un ancho aproximado de 165 cm en el lado derecho.
- Se realizó el aforo vehicular manual obteniendo un Tráfico promedio diario anual (TPDA) de la vía en el tramo indicado de 2780 veh/día, dato con el cual se obtiene el tráfico futuro con una proyección de 20 años dando como resultado 3026 veh/día. Según el MTOP se la clasifica como una “Colectora - Tipo I”, y según las especificaciones para este tipo si cumple con el ancho establecido.
- Se calificó el estado actual de la vía mediante la evaluación de la condición del pavimento por el método del PCI de un total de 17 unidades de muestreo se obtuvo un valor promedio de 68.15 equivalente a una clasificación “Buena” para el pavimento en cuestión, siendo requerida una “Rehabilitación”. Como un caso específico se presentó la unidad de muestreo adicional (A1) ubicada en la abscisa 8+080 – 8+100 que presenta un estado “Muy Malo” según el rango de PCI, el cual presenta fallas como depresiones y piel de cocodrilo de severidad alta, siendo necesaria una “Reconstrucción”.

- Mediante la ejecución de la Viga Benkelman se estimó las deflexiones elásticas del pavimento, dando como resultado un valor promedio de 114.2×10^{-2} mm, correspondiente a una deflexión Tipo I, que se puede interpretar que el pavimento actualmente presenta un buen comportamiento al igual que la subrasante. Sin embargo, a partir del año 2027 la vía presentará inconvenientes en su estructura puesto que la deflexión característica superará a la deflexión crítica y admisible. En cuanto a la capa de rodadura se obtuvo contenidos de asfalto de 5.49%, 5.88%, 4.72% y 4.03% para las muestras de asfalto extraídas, siendo estas dos últimas las que presentan valores menores, esto debido a las condiciones atmosféricas y a la presencia de regadíos que desbordan el agua directamente en la vía, acumulando materia orgánica y vegetal, sumado al tráfico pesado que circula en la vía, lo que provoca un desgaste de la superficie del pavimento. Con respecto a la granulometría de sus agregados si cumple con los límites establecidos en la normativa del MTOP.
- A través de la evaluación y ensayos realizados tanto para la capa de subrasante como la carpeta asfáltica de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 7+600 hasta el km 11+400, se propone el plan de mantenimiento descrito en la tabla 74 para dar solución a las principales fallas encontradas en la vía, mencionando como posibles causas: los espesores de la carpeta asfáltica que varían entre 2.5 a 5 cm, además de encontrarse un empedrado debajo de la misma; y en base a los resultados obtenidos en el ensayo CBR en donde se identificaron dos grupos: la subrasante ubicada en la abscisa 7+610 que se clasificó como “Mala” con un valor de 6.6 %, siendo necesario un mejoramiento del suelo; lo que se comprueba con los asentamientos presentes en las abscisas 8+080 – 8+100. Mientras que a partir de las abscisas 8+690, 9+930 y 11+080, la subrasante se considera “Buena - Excelente” con valores de CBR de 12%, 27% y 25.2%, respectivamente; corroborando esta información con los resultados obtenidos en el ensayo de densidad de campo que alcanzaron valores de compactación de hasta 99%.

4.2. Recomendaciones

- Para el levantamiento topográfico se recomienda trabajar con equipos de gran precisión, además de tomar en cuenta las condiciones climáticas del lugar para trabajar con un mínimo rango de error.
- Para el estudio de tráfico es recomendable realizar un conteo vehicular durante 24 horas por 7 días de la semana para determinar con mayor exactitud el valor de TPDA, y con mayor razón en vías donde se presentan porcentajes altos de circulación de vehículos pesados.
- Para realizar la inspección visual y evaluación de la condición del pavimento se recomienda complementar con otros ensayos (no destructivos y destructivos), aunque el método PCI resulta de gran utilidad no nos brinda la información suficiente para conocer el comportamiento de toda la estructura del pavimento.
- Actualizar el inventario vial de las carreteras de nuestro país, para conocer el estado actual de las mismas y poder definir el debido mantenimiento que estas requieran, incluir como detalle la sección típica de la vía para constatar la estructura por la cual está conformada (por ejem.: base, sub-base, capa de rodadura).
- Se recomienda emplear el equipo, instrumentos y materiales adecuados en óptimas condiciones, además verificar el correcto funcionamiento de estos para realizar los estudios y ensayos de manera eficiente.
- Se recomienda para el uso de la Viga Benkelman en campo, previamente definir los puntos de ensayo, colocar el eje de la volqueta a una distancia prudente desde el borde del pavimento; además verificar la temperatura del pavimento y no llevar a cabo el ensayo cuando estas superen la temperatura de 40°C con el fin de evitar que los resultados sean alterados.
- Dentro del estudio de la carpeta asfáltica se recomienda realizar el ensayo de contenido de asfalto y de granulometría de sus agregados, comprobando que para la extracción del asfalto el equipo centrífugo se encuentre configurado a las revoluciones de 3600 rev/min como se encuentra especificado en la norma ASTM D 2172.

- En primera instancia, para realizar un proyecto de rehabilitación y mejoras se deben ejecutar los estudios mínimos de suelos y tráfico, además la evaluación de la estructura del pavimento, con el fin de recabar la información necesaria para implementar las debidas intervenciones.
- Para prolongar la vida útil de las carreteras se recomienda a las instituciones públicas o privadas competentes dar el debido mantenimiento rutinario y periódico para evitar el deterioro agresivo del pavimento y el alto costo que este representa.
- Se recomienda realizar estudios adicionales cuando se trate de estructuras compuestas, como en este caso la colocación de una carpeta asfáltica sobre un empedrado y la factibilidad de este.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- [1] J. R. Menéndez, *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas - Manual Técnico*. Lima, 2003, p. 82. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: www.oit.org.pe
- [2] CEPAL, “Progresos de la conservación vial en América Latina,” 1999. Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/36055>
- [3] CAF, “Mantenimiento vial. Informe sectorial. (Serie informes sectoriales. Infraestructura),” Caracas, 2010. Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/402>
- [4] CEPAL, “Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial,” 2020.
- [5] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. VOLUMEN N° 1 PROCEDIMIENTOS PARA PROYECTOS VIALES*. Quito, 2013.
- [6] H. Gobierno Provincial de Tungurahua, “TUNGURAHUA desde la Visión Territorial Agenda.” 2017.
- [7] El Telégrafo, “El histórico Camino Real, inaugurado.” Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-historico-camino-real-inaugurado>
- [8] F. Merritt, M. Kent Loftin, and J. Ricketts, *Manual del Ingeniero Civil*, 4ta ed. México D.F: McGraw-Hill, 1999.
- [9] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, “Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. Volumen No. 2 - Libro A. Norma para estudios y diseños viales,” *Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador*, vol. Volumen 2A, pp. 1–382, 2012.
- [10] J. M. Franquet Bernis and A. Querol Gómez, *NIVELACIÓN DE TERRENOS*

POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL Una aplicación de los métodos estadísticos, 1ra ed. Tortosa, 2010.

- [11] J. Cárdenas Grisales, *Diseño Geométrico de Carreteras*, 2da ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013.
- [12] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, 2da ed. Bogotá, 2002.
- [13] F. Rondon Quintana, *Pavimentos Materiales, construcción y diseño*. 2015. Accessed: Jun. 06, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/uladech/70435>
- [14] F. A. Reyes Lizcano, *Diseño Racional de Pavimentos*, 1ra ed. Bogotá: Centro Editorial Javeriano, 2003.
- [15] L. Lazo Margáin, *Glosario de planificación vial*. Editorial Miguel Ángel Porrúa, 1985. Accessed: Jun. 13, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/uta/71850>
- [16] J. J. Agudelo, “Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano,” *Textos Univ.*, p. 531, 2002, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/dise3b1o-geom3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- [17] J. G. Tapia Arandía and R. D. Veizaga Balta, “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico (Trabajo de investigación pregrado).” Cochabamba, p. 449, 2006.
- [18] R. Fernandez, *Temas de Ingeniería y Gestión del Tránsito*. Santiago de Chile: RIL Editores, 2014. Accessed: Jun. 16, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/uta/67305?page=6>
- [19] M. Corros, E. Urbaez, and G. Corredor, “Manual de Evaluación de Pavimentos,” 2012.
- [20] UMSS, “Pavimentos - Texto Guía,” 2004.
- [21] *ASTM D 2172 - Métodos de Prueba Estándar para la Extracción Cuantitativa*

de Aglutinante de Asfalto de Mezclas Asfálticas. 2017, p. 10.

- [22] B. M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, 4ta ed. México D.F.: Cengage Learning, 2013.
- [23] E. Juárez and A. Rico, *Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. 2005.
- [24] C. Kraemer, J. Pardillo, S. Rocci, M. Romana, V. Sánchez, and M. Del Val, *Ingeniería de Carreteras- Volumen II*, 1ra ed. Madrid, 2004.
- [25] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú, 2016, p. 1264. [Online]. Available: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- [26] W. A. Botía Díaz, “Manual de Procedimientos de Ensayos de suelos y Memoria de Cálculo,” vol. 120, no. 11. Bogotá, p. 259, 2015.
- [27] R. E. Osuna Ruiz, “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS PARA LA RED VIAL DE LA CIUDAD DE MAZATLÁN, SIN.,” 2008.
- [28] Ministerio de Transporte y Obras públicas, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. VOLUMEN N°6 - CONSERVACIÓN VIAL*. Quito, 2013.
- [29] J. Coronado, “Catálogo Centroamericano de Daños,” *Highw. Maint.*, vol. III, p. 43, 2000.
- [30] A. Bull, “PRIMER CONGRESO DE FONDOS DE CONSERVACIÓN VIAL DE CENTROAMÉRICA Un Nuevo Paradigma para la Conservación Vial: de Hacer lo que se Puede a Hacer lo que es Exigible”.
- [31] Instituto Nacional de Vías, *Guía metodológica para el Diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras*. Colombia, 2008.
- [32] L. R. Vásquez, “Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras,” *Ingepav*, p. 90, 2015, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

- [33] Norma ASTM D6433-20, “Práctica estándar para las encuestas del índice de condición del pavimento de carreteras y estacionamientos,” 2020.
- [34] R. Carahuatay, “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel - San Pablo, tramo San Miguel - Sunuden, mediante el análisis deflectométrico,” p. 156, 2015.

ANEXOS

ANEXO A
Aforo Vehicular



Anexo A.1 Formato de Conteo vehicular – Hoja de campo

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CONTEO DE TRÁFICO



PROYECTO: _____ ESTACIÓN No: _____ SENTIDO: _____ HOJA No: _____
 FECHA: _____ DIA: _____ UBICACIÓN: _____ RESPONSABLE: _____
 ESTADO DEL TIEMPO: _____

HORA	HORA	AUTOMOVILES			LIVIANOS		MOTOS	BUSES			CAMIONES				OTROS No Ejes	SUMATORIA TOTAL POR HORA
		LIVIANOS	CAMIONETAS	CAMIONETAS	LIVIANOS	MOTOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	DOS EJES	MEDIANOS	TRES EJES	>TRES EJES		
6H00	6H00															
	6H15															
	6H15															
	6H30															
	6H30															
	6H45															
	6H45															
7H00	7H00															
	Suma Parcial															
17H00	17H00															
	17H15															
	17H15															
	17H30															
	17H30															
	17H45															
	17H45															
18H00	18H00															
	Suma Parcial															



Anexo A.2 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – lunes.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
		ELABORADO POR: Erika Jaramillo	FECHA: lunes, 9 de mayo de 2022						
ESTACIÓN: 1	SENTIDO: Ambos Sentidos	ABSCISA: 7+600		CLIMA: Soleado					
CONTEO VEHICULAR - DÍA 1									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	24	1	2	0	0	0	2	27	240
6:15 - 6:30	63	3	6	1	0	0	7	73	
6:30 - 6:45	77	2	2	0	0	0	2	81	
6:45 - 7:00	56	0	3	0	0	0	3	59	
7:00 - 7:15	50	0	5	2	0	0	7	57	277
7:15 - 7:30	69	0	6	1	0	0	7	76	
7:30 - 7:45	84	1	7	2	0	0	9	94	
7:45 - 8:00	45	1	3	0	1	0	4	50	
8:00 - 8:15	48	0	3	1	0	0	4	52	173
8:15 - 8:30	42	1	2	2	0	0	4	47	
8:30 - 8:45	34	0	3	0	1	0	4	38	
8:45 - 9:00	31	1	3	1	0	0	4	36	
9:00 - 9:15	29	1	3	1	0	0	4	34	144
9:15 - 9:30	35	0	4	2	0	0	6	41	
9:30 - 9:45	17	0	7	2	1	0	10	27	
9:45 - 10:00	37	0	4	1	0	0	5	42	
10:00 - 10:15	30	0	6	2	0	0	8	38	153
10:15 - 10:30	34	0	8	2	1	0	11	45	
10:30 - 10:45	28	0	5	5	1	0	11	39	
10:45 - 11:00	24	1	6	0	0	0	6	31	
11:00 - 11:15	26	2	2	3	0	0	5	33	139
11:15 - 11:30	22	2	2	1	1	1	5	29	
11:30 - 11:45	28	0	5	2	0	0	7	35	
11:45 - 12:00	33	0	7	2	0	0	9	42	
12:00 - 12:15	29	1	7	1	0	0	8	38	142
12:15 - 12:30	40	0	2	1	0	0	3	43	
12:30 - 12:45	22	0	6	0	2	2	10	32	
12:45 - 13:00	27	0	2	0	0	0	2	29	
13:00 - 13:15	28	0	2	0	0	0	2	30	142
13:15 - 13:30	27	0	3	0	0	0	3	30	
13:30 - 13:45	35	1	6	2	0	0	8	44	
13:45 - 14:00	30	0	6	2	0	0	8	38	
14:00 - 14:15	25	0	4	1	1	0	6	31	159
14:15 - 14:30	42	0	4	2	0	0	6	48	
14:30 - 14:45	38	4	1	0	0	0	1	43	
14:45 - 15:00	30	0	4	2	0	1	7	37	
15:00 - 15:15	28	0	6	0	0	0	6	34	203
15:15 - 15:30	48	0	0	0	0	1	1	49	
15:30 - 15:45	70	1	5	1	2	1	9	80	
15:45 - 16:00	35	0	4	1	0	0	5	40	
16:00 - 16:15	34	0	2	1	0	1	4	38	172
16:15 - 16:30	33	0	5	0	0	0	5	38	
16:30 - 16:45	45	0	3	0	0	0	3	48	
16:45 - 17:00	43	1	3	1	0	0	4	48	
17:00 - 17:15	37	0	3	0	0	0	3	40	201
17:15 - 17:30	58	0	4	0	0	0	4	62	
17:30 - 17:45	50	1	3	0	0	1	4	55	
17:45 - 18:00	42	0	1	1	0	0	2	44	
TOTAL	1862	25	190	49	11	8	258	2145	



Anexo A.3 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – martes.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	martes, 10 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Nublado						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 2									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	24	1	2	0	0	0	2	27	214
6:15 - 6:30	53	3	6	1	0	0	7	63	
6:30 - 6:45	66	2	2	0	0	0	2	70	
6:45 - 7:00	51	0	3	0	0	0	3	54	231
7:00 - 7:15	42	0	5	2	0	0	7	49	
7:15 - 7:30	61	0	6	1	0	0	7	68	
7:30 - 7:45	53	1	7	2	0	0	9	63	169
7:45 - 8:00	46	1	3	0	1	0	4	51	
8:00 - 8:15	52	0	3	1	0	0	4	56	
8:15 - 8:30	39	1	2	2	0	0	4	44	160
8:30 - 8:45	30	0	3	0	1	0	4	34	
8:45 - 9:00	30	1	3	1	0	0	4	35	
9:00 - 9:15	38	1	3	1	0	0	4	43	139
9:15 - 9:30	39	0	4	2	0	0	6	45	
9:30 - 9:45	27	0	7	2	1	0	10	37	
9:45 - 10:00	30	0	4	1	0	0	5	35	124
10:00 - 10:15	27	0	6	2	0	0	8	35	
10:15 - 10:30	29	0	8	2	1	0	11	40	
10:30 - 10:45	24	0	5	5	1	0	11	35	140
10:45 - 11:00	22	1	6	0	0	0	6	29	
11:00 - 11:15	24	2	2	3	0	0	5	31	
11:15 - 11:30	20	2	2	1	1	1	5	27	128
11:30 - 11:45	27	0	5	2	0	0	7	34	
11:45 - 12:00	23	0	7	2	0	0	9	32	
12:00 - 12:15	26	1	7	1	0	0	8	35	148
12:15 - 12:30	35	0	2	1	0	0	3	38	
12:30 - 12:45	25	0	6	0	2	2	10	35	
12:45 - 13:00	30	0	2	0	0	0	2	32	174
13:00 - 13:15	22	0	2	0	0	0	2	24	
13:15 - 13:30	32	0	3	0	0	0	3	35	
13:30 - 13:45	25	1	6	2	0	0	8	34	160
13:45 - 14:00	27	0	6	2	0	0	8	35	
14:00 - 14:15	21	0	4	1	1	0	6	27	
14:15 - 14:30	42	0	4	2	0	0	6	48	179
14:30 - 14:45	35	3	1	0	0	0	1	39	
14:45 - 15:00	27	0	4	2	0	1	7	34	
15:00 - 15:15	23	0	6	0	0	0	6	29	160
15:15 - 15:30	44	0	0	0	0	1	1	45	
15:30 - 15:45	51	1	5	1	2	1	9	61	
15:45 - 16:00	34	0	4	1	0	0	5	39	179
16:00 - 16:15	30	0	2	1	0	1	4	34	
16:15 - 16:30	34	0	5	0	0	0	5	39	
16:30 - 16:45	43	0	3	0	0	0	3	46	160
16:45 - 17:00	36	1	3	1	0	0	4	41	
17:00 - 17:15	30	0	3	0	0	0	3	33	
17:15 - 17:30	44	0	4	0	0	0	4	48	179
17:30 - 17:45	48	1	3	0	0	1	4	53	
17:45 - 18:00	43	0	1	1	0	0	2	45	
TOTAL	1684	24	190	49	11	8	258	1966	



Anexo A.4 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – miércoles.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	miércoles, 11 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Nublado						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 3									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	21	1	1	1	0	0	2	24	214
6:15 - 6:30	68	5	1	1	0	0	2	75	
6:30 - 6:45	59	1	1	1	0	0	2	62	
6:45 - 7:00	50	1	2	0	0	0	2	53	
7:00 - 7:15	44	2	7	2	0	0	9	55	255
7:15 - 7:30	63	2	6	2	0	1	9	74	
7:30 - 7:45	64	3	5	5	0	0	10	77	
7:45 - 8:00	43	0	2	3	1	0	6	49	
8:00 - 8:15	46	1	5	3	0	1	9	56	174
8:15 - 8:30	29	0	4	4	0	0	8	37	
8:30 - 8:45	41	1	3	1	0	0	4	46	
8:45 - 9:00	30	0	3	2	0	0	5	35	
9:00 - 9:15	45	2	3	3	0	0	6	53	172
9:15 - 9:30	35	0	1	2	2	0	5	40	
9:30 - 9:45	23	0	7	4	0	2	13	36	
9:45 - 10:00	35	3	3	2	0	0	5	43	
10:00 - 10:15	26	0	6	1	0	0	7	33	144
10:15 - 10:30	24	1	4	4	1	0	9	34	
10:30 - 10:45	26	1	3	3	1	0	7	34	
10:45 - 11:00	34	1	6	2	0	0	8	43	
11:00 - 11:15	26	0	2	1	0	0	3	29	123
11:15 - 11:30	22	1	3	3	1	1	8	31	
11:30 - 11:45	24	2	0	1	0	0	1	27	
11:45 - 12:00	28	1	5	2	0	0	7	36	
12:00 - 12:15	23	1	8	1	0	0	9	33	137
12:15 - 12:30	34	1	2	0	0	1	3	38	
12:30 - 12:45	24	0	5	1	1	1	8	32	
12:45 - 13:00	29	0	2	2	1	0	5	34	
13:00 - 13:15	22	0	1	0	0	0	1	23	125
13:15 - 13:30	29	4	5	0	0	0	5	38	
13:30 - 13:45	29	0	7	1	0	0	8	37	
13:45 - 14:00	21	1	4	1	0	0	5	27	
14:00 - 14:15	28	0	3	1	2	0	6	34	141
14:15 - 14:30	40	0	3	0	0	0	3	43	
14:30 - 14:45	30	0	1	0	0	0	1	31	
14:45 - 15:00	27	1	4	1	0	0	5	33	
15:00 - 15:15	28	0	5	0	0	0	5	33	178
15:15 - 15:30	44	0	1	2	0	0	3	47	
15:30 - 15:45	53	0	4	0	1	1	6	59	
15:45 - 16:00	35	0	3	0	0	1	4	39	
16:00 - 16:15	29	0	3	1	0	0	4	33	160
16:15 - 16:30	35	0	6	0	0	0	6	41	
16:30 - 16:45	40	0	2	0	0	0	2	42	
16:45 - 17:00	40	0	2	2	0	0	4	44	
17:00 - 17:15	32	0	1	0	1	0	2	34	181
17:15 - 17:30	49	0	6	1	0	0	7	56	
17:30 - 17:45	48	0	2	0	0	0	2	50	
17:45 - 18:00	39	0	2	0	0	0	2	41	
TOTAL	1714	37	165	67	12	9	253	2004	



Anexo A.5 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – jueves.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	jueves, 12 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Lluvioso						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 4									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	26	0	2	1	0	0	3	29	233
6:15 - 6:30	68	8	0	0	0	0	0	76	
6:30 - 6:45	58	1	1	4	0	1	6	65	
6:45 - 7:00	56	3	2	2	0	0	4	63	
7:00 - 7:15	51	1	7	3	1	1	12	64	282
7:15 - 7:30	55	2	3	1	0	0	4	61	
7:30 - 7:45	71	1	8	1	0	1	10	82	
7:45 - 8:00	64	2	8	0	1	0	9	75	
8:00 - 8:15	52	0	2	2	0	0	4	56	187
8:15 - 8:30	44	2	7	0	1	0	8	54	
8:30 - 8:45	33	2	2	1	0	1	4	39	
8:45 - 9:00	31	0	7	0	0	0	7	38	
9:00 - 9:15	36	1	6	3	0	0	9	46	142
9:15 - 9:30	27	0	4	3	1	1	9	36	
9:30 - 9:45	29	0	6	0	2	0	8	37	
9:45 - 10:00	22	0	1	0	0	0	1	23	
10:00 - 10:15	37	2	0	1	1	1	3	42	137
10:15 - 10:30	33	0	4	0	0	3	7	40	
10:30 - 10:45	26	0	2	1	1	2	6	32	
10:45 - 11:00	21	0	0	1	1	0	2	23	
11:00 - 11:15	17	2	6	2	0	1	9	28	149
11:15 - 11:30	28	3	4	2	0	0	6	37	
11:30 - 11:45	30	2	3	7	1	0	11	43	
11:45 - 12:00	32	0	4	3	0	2	9	41	
12:00 - 12:15	31	1	3	2	0	0	5	37	163
12:15 - 12:30	42	0	2	0	0	1	3	45	
12:30 - 12:45	36	0	5	3	0	0	8	44	
12:45 - 13:00	29	3	3	2	0	0	5	37	
13:00 - 13:15	30	0	2	0	0	0	2	32	138
13:15 - 13:30	26	0	4	2	0	0	6	32	
13:30 - 13:45	37	0	1	0	0	0	1	38	
13:45 - 14:00	31	1	2	1	1	0	4	36	
14:00 - 14:15	27	0	4	3	0	0	7	34	147
14:15 - 14:30	30	0	0	0	0	0	0	30	
14:30 - 14:45	35	1	0	0	0	0	0	36	
14:45 - 15:00	40	1	2	4	0	0	6	47	
15:00 - 15:15	32	2	3	2	0	0	5	39	177
15:15 - 15:30	39	1	3	1	0	0	4	44	
15:30 - 15:45	54	0	4	0	0	0	4	58	
15:45 - 16:00	33	2	1	0	0	0	1	36	
16:00 - 16:15	34	0	3	2	0	0	5	39	164
16:15 - 16:30	34	3	3	3	0	0	6	43	
16:30 - 16:45	40	0	0	2	0	1	3	43	
16:45 - 17:00	35	2	2	0	0	0	2	39	
17:00 - 17:15	45	0	0	0	0	0	0	45	213
17:15 - 17:30	49	2	2	0	0	0	2	53	
17:30 - 17:45	55	1	4	1	0	0	5	61	
17:45 - 18:00	48	2	3	1	0	0	4	54	
TOTAL	1839	54	145	67	11	16	239	2132	



Anexo A.6 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – viernes.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	viernes, 13 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Soleado						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 5									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	23	2	0	1	0	0	1	26	221
6:15 - 6:30	53	9	2	1	0	0	3	65	
6:30 - 6:45	68	4	0	1	0	0	1	73	
6:45 - 7:00	51	2	2	2	0	0	4	57	257
7:00 - 7:15	54	1	4	0	0	0	4	59	
7:15 - 7:30	56	1	1	1	0	0	2	59	
7:30 - 7:45	71	1	4	5	0	0	9	81	197
7:45 - 8:00	49	1	5	2	1	0	8	58	
8:00 - 8:15	50	1	4	1	0	1	6	57	
8:15 - 8:30	42	2	2	1	0	0	3	47	172
8:30 - 8:45	40	1	4	2	0	0	6	47	
8:45 - 9:00	38	1	6	1	0	0	7	46	
9:00 - 9:15	44	0	4	1	0	0	5	49	151
9:15 - 9:30	37	1	3	4	1	1	9	47	
9:30 - 9:45	31	3	2	4	1	1	8	42	
9:45 - 10:00	30	1	3	0	0	0	3	34	163
10:00 - 10:15	31	0	2	5	0	0	7	38	
10:15 - 10:30	33	0	1	2	1	1	5	38	
10:30 - 10:45	23	1	5	0	0	0	5	29	185
10:45 - 11:00	39	2	3	2	0	0	5	46	
11:00 - 11:15	33	3	7	2	1	0	10	46	
11:15 - 11:30	29	0	5	3	0	0	8	37	154
11:30 - 11:45	35	0	4	1	1	0	6	41	
11:45 - 12:00	32	2	3	2	0	0	5	39	
12:00 - 12:15	38	0	3	0	0	0	3	41	171
12:15 - 12:30	43	3	1	2	0	0	3	49	
12:30 - 12:45	40	3	6	2	0	2	10	53	
12:45 - 13:00	35	0	6	1	0	0	7	42	194
13:00 - 13:15	30	4	6	2	0	0	8	42	
13:15 - 13:30	29	2	3	2	0	0	5	36	
13:30 - 13:45	24	1	4	3	0	0	7	32	182
13:45 - 14:00	36	2	4	2	0	0	6	44	
14:00 - 14:15	32	5	2	3	0	0	5	42	
14:15 - 14:30	40	4	4	0	0	0	4	48	271
14:30 - 14:45	36	4	4	4	0	0	8	48	
14:45 - 15:00	28	0	3	1	0	1	5	33	
15:00 - 15:15	34	1	1	2	0	0	3	38	182
15:15 - 15:30	45	0	2	3	0	0	5	50	
15:30 - 15:45	65	2	4	0	1	0	5	72	
15:45 - 16:00	31	0	1	2	0	0	3	34	271
16:00 - 16:15	31	0	2	4	0	0	6	37	
16:15 - 16:30	45	2	3	4	0	0	7	54	
16:30 - 16:45	37	2	1	1	0	0	2	41	271
16:45 - 17:00	42	0	5	3	0	0	8	50	
17:00 - 17:15	54	3	6	3	0	1	10	67	
17:15 - 17:30	46	2	4	1	0	1	6	54	271
17:30 - 17:45	65	1	8	1	0	0	9	75	
17:45 - 18:00	63	0	10	2	0	0	12	75	
TOTAL	1961	80	169	92	7	9	277	2318	

Anexo A.7 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – sábado.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	sábado, 14 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Nublado						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 6									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	16	1	1	1	0	0	2	19	102
6:15 - 6:30	17	3	2	0	0	2	4	24	
6:30 - 6:45	21	3	2	2	0	0	4	28	
6:45 - 7:00	28	2	1	0	0	0	1	31	166
7:00 - 7:15	29	1	7	0	0	1	8	38	
7:15 - 7:30	26	2	1	0	0	0	1	29	
7:30 - 7:45	38	2	2	2	0	0	4	44	160
7:45 - 8:00	43	5	3	2	0	2	7	55	
8:00 - 8:15	34	4	1	3	0	0	4	42	
8:15 - 8:30	30	1	2	4	0	0	6	37	163
8:30 - 8:45	37	0	3	2	0	1	6	43	
8:45 - 9:00	30	2	3	3	0	0	6	38	
9:00 - 9:15	36	0	3	1	0	0	4	40	170
9:15 - 9:30	30	3	2	0	0	1	3	36	
9:30 - 9:45	27	1	6	2	0	3	11	39	
9:45 - 10:00	35	0	7	4	1	1	13	48	158
10:00 - 10:15	40	0	5	3	0	3	11	51	
10:15 - 10:30	33	0	0	2	0	0	2	35	
10:30 - 10:45	36	0	6	0	0	0	6	42	141
10:45 - 11:00	37	0	1	2	0	2	5	42	
11:00 - 11:15	35	1	4	0	0	0	4	40	
11:15 - 11:30	33	3	2	2	0	0	4	40	133
11:30 - 11:45	30	1	4	1	0	0	5	36	
11:45 - 12:00	36	3	3	0	0	0	3	42	
12:00 - 12:15	36	2	2	1	0	0	3	41	151
12:15 - 12:30	34	0	0	4	0	0	4	38	
12:30 - 12:45	31	0	1	0	0	0	1	32	
12:45 - 13:00	27	0	1	2	0	0	3	30	175
13:00 - 13:15	30	0	3	3	0	0	6	36	
13:15 - 13:30	30	0	0	2	0	1	3	33	
13:30 - 13:45	30	1	2	0	0	0	2	33	157
13:45 - 14:00	30	0	1	0	0	0	1	31	
14:00 - 14:15	31	1	0	0	0	0	0	32	
14:15 - 14:30	40	0	2	1	0	0	3	43	208
14:30 - 14:45	36	3	0	0	0	0	0	39	
14:45 - 15:00	32	0	2	2	0	1	5	37	
15:00 - 15:15	29	0	6	4	0	0	10	39	157
15:15 - 15:30	42	0	3	5	0	0	8	50	
15:30 - 15:45	53	1	2	0	1	0	3	57	
15:45 - 16:00	27	0	2	0	0	0	2	29	157
16:00 - 16:15	30	0	4	2	0	0	6	36	
16:15 - 16:30	36	0	1	1	0	0	2	38	
16:30 - 16:45	42	0	2	1	0	0	3	45	208
16:45 - 17:00	36	1	1	0	0	0	1	38	
17:00 - 17:15	50	0	2	0	0	0	2	52	
17:15 - 17:30	46	0	5	2	0	0	7	53	208
17:30 - 17:45	52	1	3	0	0	1	4	57	
17:45 - 18:00	42	1	2	0	0	1	3	46	
TOTAL	1629	49	118	66	2	20	206	1884	

Anexo A.8 Aforo vehicular de la vía Camino Real (Norte) tramo km 7+600 al 11+400 – Domingo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	domingo, 15 de mayo de 2022						
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos						
ABSCISA:	7+600	CLIMA:	Nublado						
CONTEO VEHICULAR - DÍA 7									
HORA	VEHÍCULOS TIPO						TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)						
			2 EJES (C-2P)	2 EJES (C-2G)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
6:00 - 6:15	13	1	1	1	0	0	2	16	96
6:15 - 6:30	17	3	2	0	0	2	4	24	
6:30 - 6:45	19	3	2	2	0	0	4	26	
6:45 - 7:00	27	2	1	0	0	0	1	30	
7:00 - 7:15	30	1	7	0	0	1	8	39	163
7:15 - 7:30	26	2	1	0	0	0	1	29	
7:30 - 7:45	34	2	2	2	0	0	4	40	
7:45 - 8:00	43	5	3	2	0	2	7	55	
8:00 - 8:15	31	4	1	3	0	0	4	39	149
8:15 - 8:30	26	1	2	4	0	0	6	33	
8:30 - 8:45	36	0	3	2	0	1	6	42	
8:45 - 9:00	27	2	3	3	0	0	6	35	
9:00 - 9:15	34	0	3	1	0	0	4	38	155
9:15 - 9:30	33	3	2	0	0	1	3	39	
9:30 - 9:45	23	1	6	2	0	3	11	35	
9:45 - 10:00	30	0	7	4	1	1	13	43	
10:00 - 10:15	30	0	5	3	0	3	11	41	161
10:15 - 10:30	29	0	0	2	0	0	2	31	
10:30 - 10:45	37	0	6	0	0	0	6	43	
10:45 - 11:00	41	0	1	2	0	2	5	46	
11:00 - 11:15	30	1	4	0	0	0	4	35	158
11:15 - 11:30	34	3	2	2	0	0	4	41	
11:30 - 11:45	28	1	4	1	0	0	5	34	
11:45 - 12:00	42	3	3	0	0	0	3	48	
12:00 - 12:15	30	2	2	1	0	0	3	35	133
12:15 - 12:30	34	0	0	4	0	0	4	38	
12:30 - 12:45	29	0	1	0	0	0	1	30	
12:45 - 13:00	27	0	1	2	0	0	3	30	
13:00 - 13:15	25	0	3	3	0	0	6	31	139
13:15 - 13:30	32	0	0	2	0	1	3	35	
13:30 - 13:45	35	1	2	0	0	0	2	38	
13:45 - 14:00	34	0	1	0	0	0	1	35	
14:00 - 14:15	27	1	0	0	0	0	0	28	128
14:15 - 14:30	31	0	2	1	0	0	3	34	
14:30 - 14:45	32	3	0	0	0	0	0	35	
14:45 - 15:00	26	0	2	2	0	1	5	31	
15:00 - 15:15	28	0	6	4	0	0	10	38	162
15:15 - 15:30	33	0	3	5	0	0	8	41	
15:30 - 15:45	46	1	2	0	1	0	3	50	
15:45 - 16:00	31	0	2	0	0	0	2	33	
16:00 - 16:15	31	0	4	2	0	0	6	37	150
16:15 - 16:30	29	0	1	1	0	0	2	31	
16:30 - 16:45	44	0	2	1	0	0	3	47	
16:45 - 17:00	33	1	1	0	0	0	1	35	
17:00 - 17:15	41	0	2	0	0	0	2	43	206
17:15 - 17:30	44	0	5	2	0	0	7	51	
17:30 - 17:45	45	1	3	0	0	1	4	50	
17:45 - 18:00	58	1	2	0	0	1	3	62	
TOTAL	1545	49	118	66	2	20	206	1800	

Anexo A.9 Aforo vehicular jornada nocturna de la vía Camino Real (Norte) tramo km 3+800 al km 7+600 – miércoles a jueves



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



PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	08/junio/2022 - 09/junio/2022
ESTACIÓN:	1	SENTIDO:	Ambos Sentidos
ABSCISA:	3+800	CLIMA:	Nublado

CONTEO VEHICULAR - DÍA 1

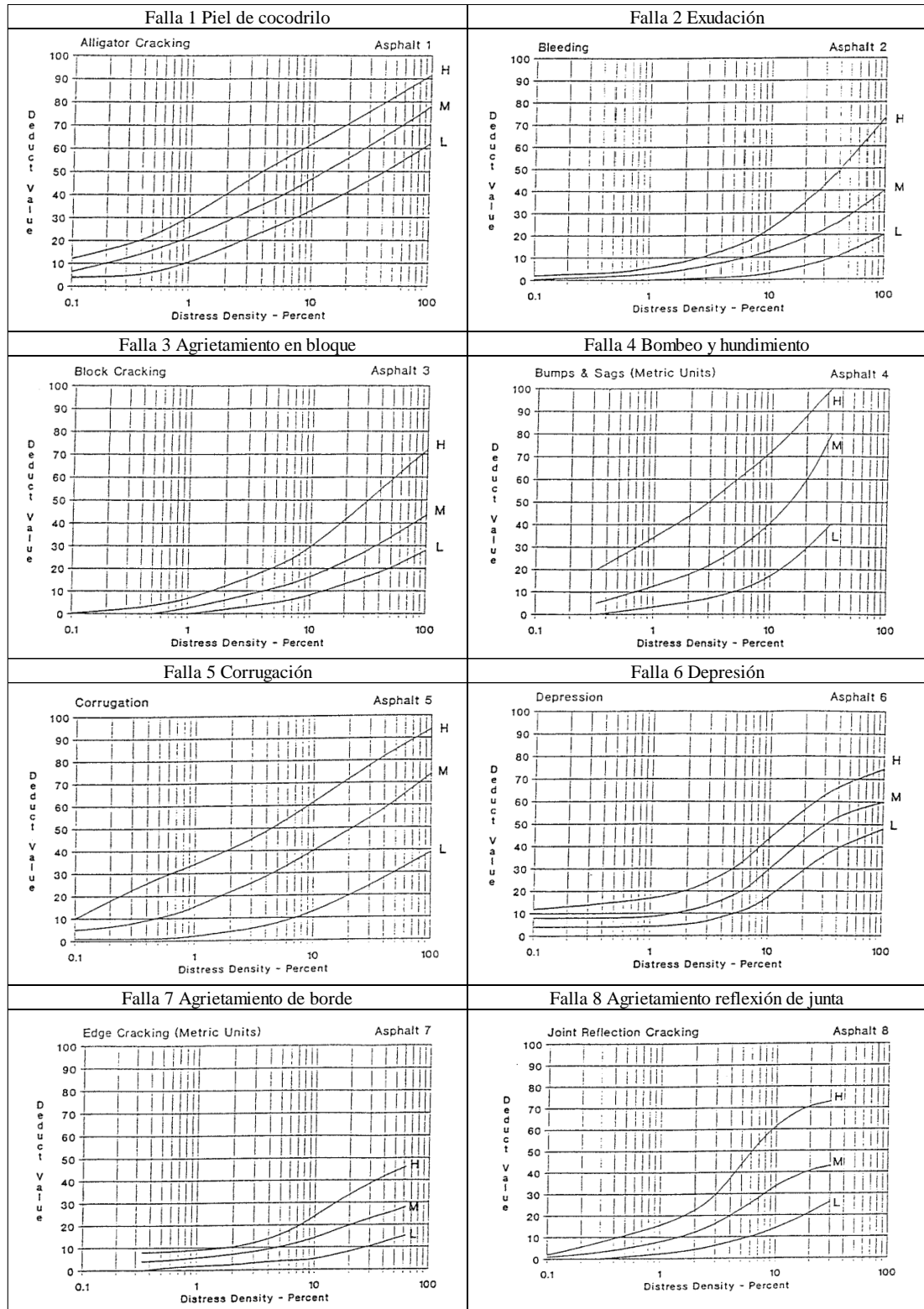
HORA	VEHÍCULOS TIPO					TOTAL CAMIONES	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	LIVIANOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)					
			2 EJES (C-2)	3 EJES (C-3)	>3 EJES (C>3)			
18:00 - 18:15	63	0	7	0	0	7	70	
18:15 - 18:30	70	2	2	0	0	2	74	
18:30 - 18:45	64	4	2	0	0	2	70	
18:45 - 19:00	62	2	4	0	0	4	68	282
19:00 - 19:15	63	1	2	0	0	2	66	278
19:15 - 19:30	22	1	1	0	0	1	24	228
19:30 - 19:45	31	4	0	0	0	0	35	193
19:45 - 20:00	35	0	1	0	0	1	36	161
20:00 - 20:15	25	0	1	0	0	1	26	121
20:15 - 20:30	22	1	0	0	0	0	23	120
20:30 - 20:45	17	1	1	0	0	1	19	104
20:45 - 21:00	10	0	1	0	0	1	11	79
21:00 - 21:15	18	2	0	0	0	0	20	73
21:15 - 21:30	12	0	0	0	0	0	12	62
21:30 - 21:45	13	0	1	0	0	1	14	57
21:45 - 22:00	6	0	0	0	0	0	6	52
22:00 - 22:15	11	0	0	1	0	1	12	44
22:15 - 22:30	10	0	1	0	0	1	11	43
22:30 - 22:45	6	0	0	0	0	0	6	35
22:45 - 23:00	6	0	0	1	0	1	7	36
23:00 - 23:15	1	0	1	0	0	1	2	26
23:15 - 23:30	3	0	0	0	0	0	3	18
23:30 - 23:45	2	0	0	0	0	0	2	14
23:45 - 0:00	3	0	0	0	0	0	3	10
0:00 - 0:15	1	0	0	0	0	0	1	9
0:15 - 0:30	2	0	0	0	0	0	2	8
0:30 - 0:45	2	0	0	0	0	0	2	8
0:45 - 1:00	3	0	0	0	1	1	4	9
1:00 - 1:15	2	0	0	0	0	0	2	10
1:15 - 1:30	1	0	0	0	0	0	1	9
1:30 - 1:45	2	0	0	0	0	0	2	9
1:45 - 2:00	1	0	0	0	0	0	1	6
2:00 - 2:15	0	0	0	0	0	0	0	4
2:15 - 2:30	0	0	0	0	0	0	0	3
2:30 - 2:45	1	0	0	0	0	0	1	2
2:45 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	1
3:00 - 3:15	0	0	0	0	0	0	0	1
3:15 - 3:30	0	0	0	0	0	0	0	1
3:30 - 3:45	1	0	0	0	0	0	1	1
3:45 - 4:00	2	0	0	0	0	0	2	3
4:00 - 4:15	3	0	2	0	0	2	5	8
4:15 - 4:30	2	0	0	0	0	0	2	10
4:30 - 4:45	2	0	1	0	0	1	3	12
4:45 - 5:00	4	0	0	0	0	0	4	14
5:00 - 5:15	5	0	0	0	0	0	5	14
5:15 - 5:30	6	2	0	0	0	0	8	20
5:30 - 5:45	19	2	0	0	0	0	21	38
5:45 - 6:00	17	1	0	1	0	1	19	53
TOTAL	651	23	28	3	1	32	706	

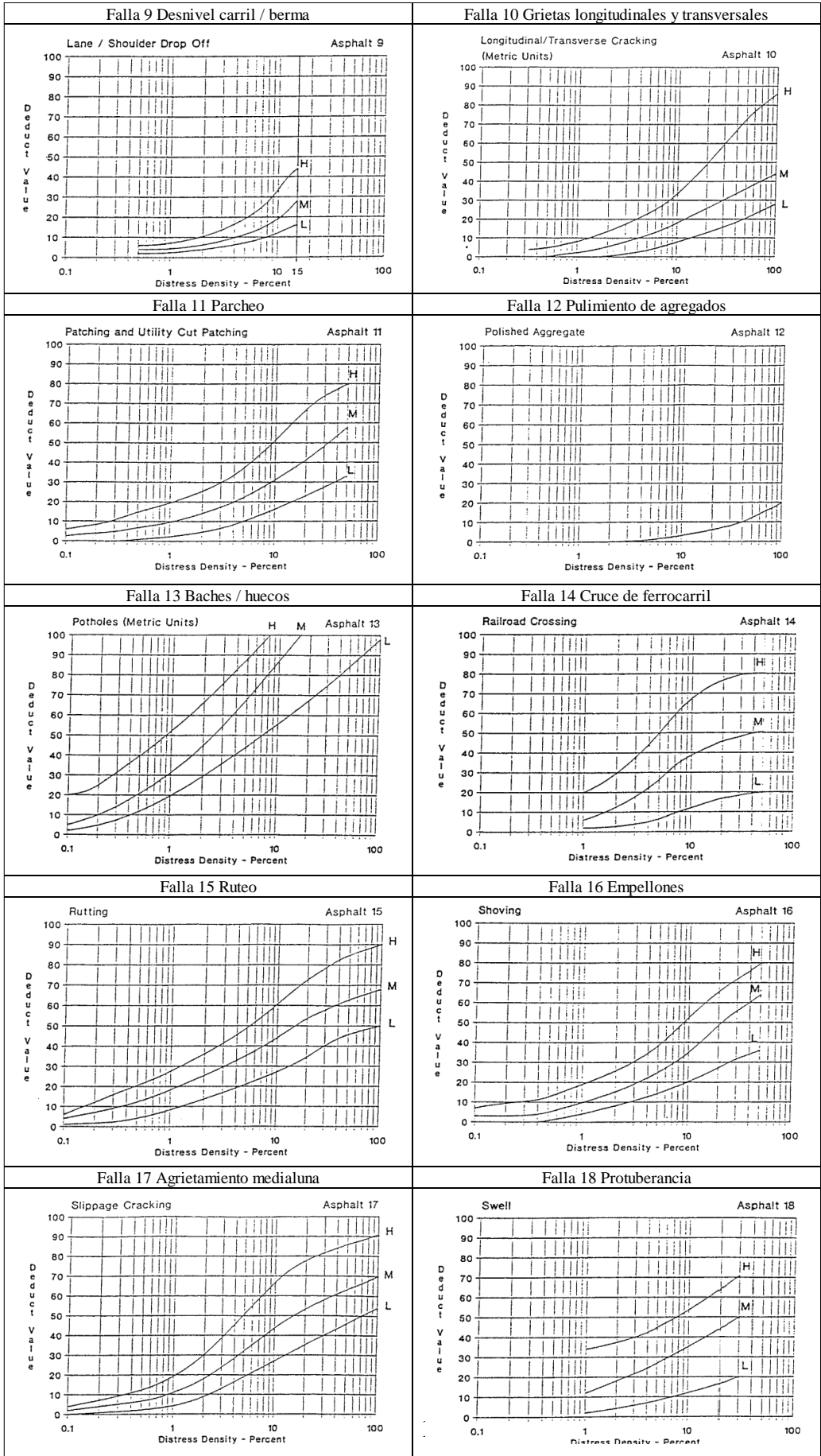
ANEXO B
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO (PCI)

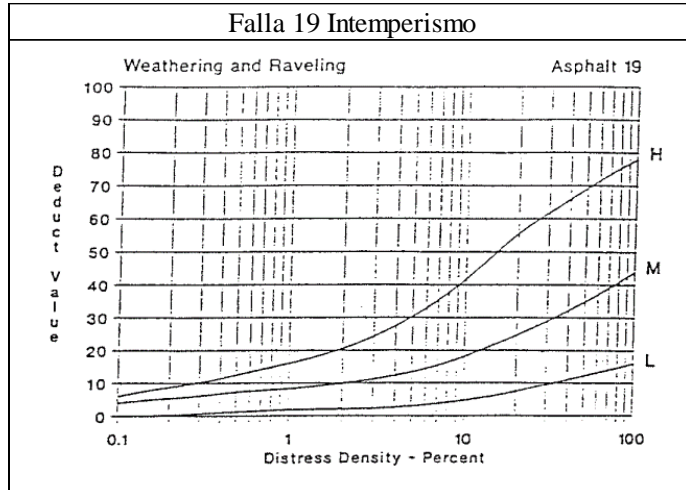
Anexo B.1 Formato de Hojas de campo para el Estudio de PCI

HOJA DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DE CAMINOS Y ÁREAS DE PARQUEO DE SUPERFICIES DE ASFALTO PARA UNIDAD DE PRUEBA									CROQUIS:																							
TRAMO _____ SECCIÓN _____ UNIDAD DE PRUEBA _____																																
INSPECCIONADO POR _____ FECHA _____ ÁREA DE PRUEBA _____																																
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. Piel de Cocodrilo</td> <td style="width: 33%;">8. Agrietamiento Reflejo de Juntas</td> <td style="width: 33%;">15. Ruteo</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación o Sangrado</td> <td>9. Caída Externa de Vía / Hombrera</td> <td>16. Empellones</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en Bloque</td> <td>10. Agrietamiento Long. y Trans.</td> <td>17. Agrietamiento Media Luna</td> </tr> <tr> <td>4. Bombeo y Hundimiento</td> <td>11. Parchados</td> <td>18. Protuberancia</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>12. Agregados Pulidos</td> <td>19. Intemperismo</td> </tr> <tr> <td>6. Depresiones</td> <td>13. Baches</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Agrietamiento de Borde</td> <td>14. Cruce de Ferrocarril</td> <td></td> </tr> </table>									1. Piel de Cocodrilo	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	15. Ruteo	2. Exudación o Sangrado	9. Caída Externa de Vía / Hombrera	16. Empellones	3. Agrietamiento en Bloque	10. Agrietamiento Long. y Trans.	17. Agrietamiento Media Luna	4. Bombeo y Hundimiento	11. Parchados	18. Protuberancia	5. Corrugación	12. Agregados Pulidos	19. Intemperismo	6. Depresiones	13. Baches		7. Agrietamiento de Borde	14. Cruce de Ferrocarril				
1. Piel de Cocodrilo	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	15. Ruteo																														
2. Exudación o Sangrado	9. Caída Externa de Vía / Hombrera	16. Empellones																														
3. Agrietamiento en Bloque	10. Agrietamiento Long. y Trans.	17. Agrietamiento Media Luna																														
4. Bombeo y Hundimiento	11. Parchados	18. Protuberancia																														
5. Corrugación	12. Agregados Pulidos	19. Intemperismo																														
6. Depresiones	13. Baches																															
7. Agrietamiento de Borde	14. Cruce de Ferrocarril																															
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO																						

Anexo B.2 Curvas de valores deducidos para Pavimentos Asfálticos

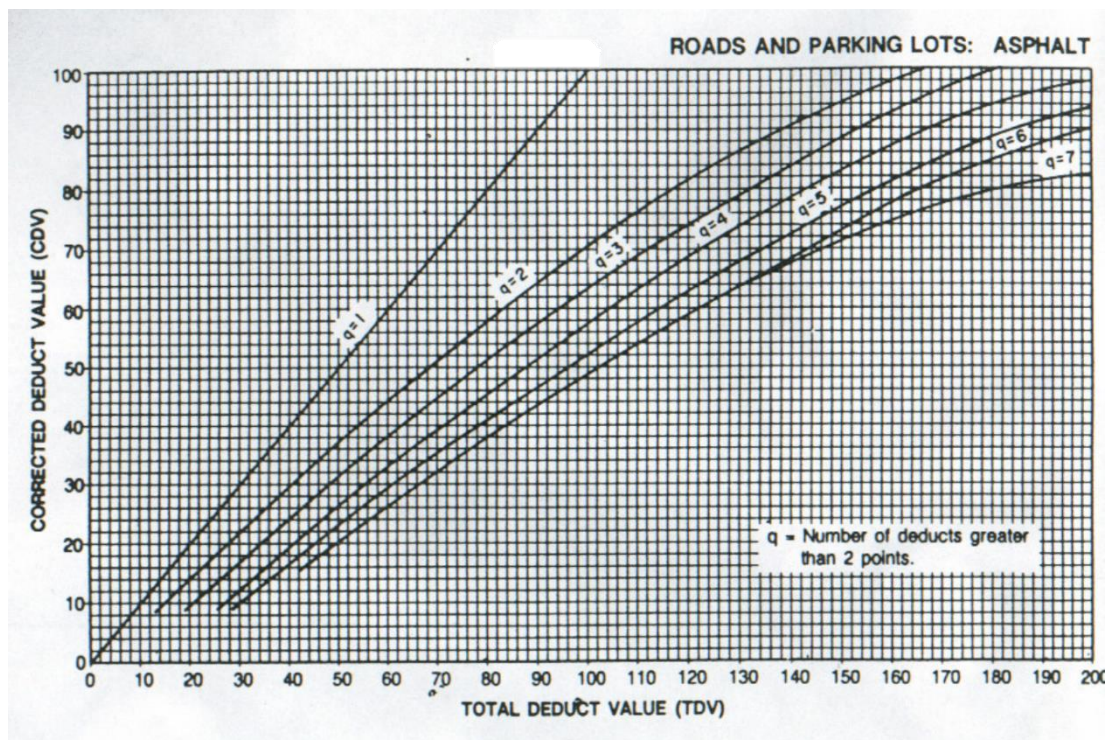








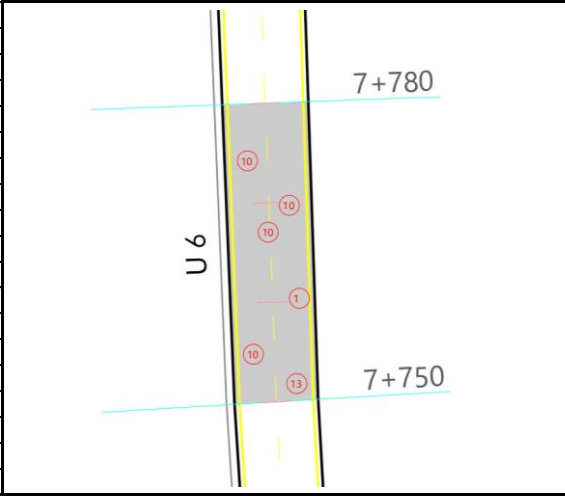
Fuente: ASTM D – 6433, “Procedimiento Estándar para la Inspección del PCI para caminos y estacionamientos”.

Anexo B.3 Curvas de corrección para CDV de pavimentos asfálticos



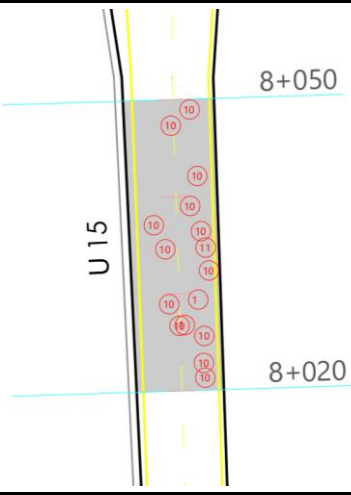


Fuente: ASTM D – 6433, “Procedimiento Estándar para la Inspección del PCI para caminos y estacionamientos”.



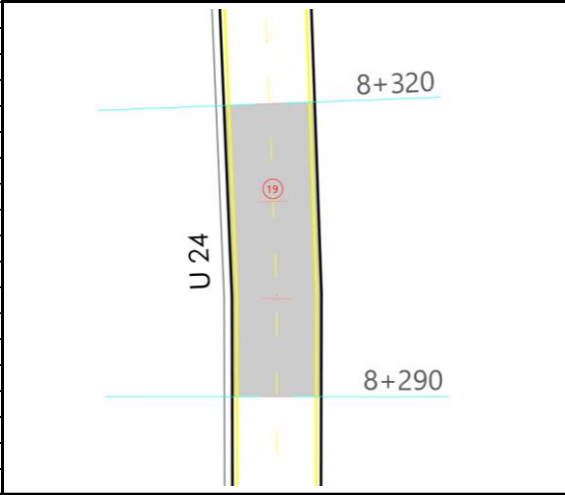
Anexo B.4 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 1.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	7+750	Área muestreo (m²):	251.25			
Sección:	1	Abscisa final:	7+780	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo			
Unidad:	1	Ancho de vía:	8.375	Fecha:	23 de mayo de 2022			
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
10	H	16.2	5.2	1.5	1.5	24.40	9.71	33
1	L	3.2				3.20	1.27	12
10	L	0.9				0.90	0.36	0
Valor Deducido Total:								45
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							2	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							33	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							7.15	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	33	12			45	2	34
	2	33	2			35	1	35
Máximo CDV:								35
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 35 65				Calificación	BUENO		



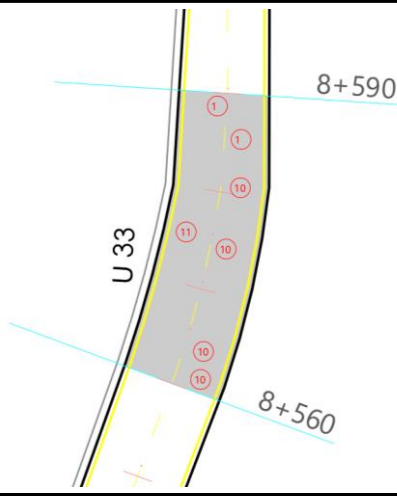
Anexo B.5 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+020	Área muestreo (m²):	261					
Sección:	1	Abscisa final:	8+050	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
Unidad:	2	Ancho de vía:	8.7	Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
10	H	3.05	8.6	1.92			13.57	5.20	23	
10	M	1.5	1.86	1.3	1.2	2.44	2.3	10.60	4.06	10
11	L	0.54						0.54	0.21	0
10	L	7.8	0.65	0.87	1.56			10.88	4.17	2
1	M	1.4495	1.605					3.05	1.17	22
Valor Deducido Total:									57	
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:								3		
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):								23		
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):								8.07		
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos					Total	q	CDV	
	1	23	22	10			55	3	35	
	2	23	22	2			47	2	35	
	3	23	2	2			27	1	27	
							0	0		
							0	0		
							0	0		
							0	0		
Máximo CDV:									35	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 35 65					Calificación	BUENO			



Anexo B.6 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+290	Área muestreo (m²):	275.25				
Sección:	1	Abscisa final:	8+320	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo				
Unidad:	3	Ancho de vía:	9.175	Fecha:	23 de mayo de 2022				
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
No.	Falla	U	ESQUEMA						
1	Piel de cocodrilo	m ²							
2	Exudación o Sangrado	m ²							
3	Agrietamiento en bloque	m ²							
4	Bombeo y hundimiento	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresiones	m ²							
7	Agrietamiento de borde	m							
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m							
9	Caída externa de la vía	m							
10	Agrietamiento long. y transv.	m							
11	Parchados	m ²							
12	Agregados Pulidos	m ²							
13	Baches	cant.							
14	Cruce de ferrocarril	m ²							
15	Ruteo	m ²							
16	Empellones	m ²							
17	Agrietamiento medialuna	m ²							
18	Protuberancia	m ²							
19	Intemperismo	m ²							
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
19	1	79.1					79.12	31.49	9
Valor Deducido Total:								9	
CÁLCULO DEL PCI									
Número de Valores Deducidos > 2:							1		
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							9		
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							9.36		
Máximo CDV:							9		
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 9 91					Calificación	EXCELENTE		



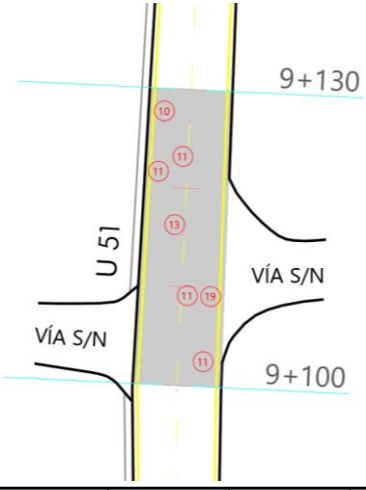
Anexo B.7 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+560					
Sección:	1	Abscisa final:	8+590					
Unidad:	4	Ancho de vía:	9.625					
		Área muestreo (m²):	288.75					
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
		Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	2.6	3.6			6.28	2.17	18
11	L	24.0				24.00	8.31	15
10	M	1.6	4.3			5.92	2.05	6
10	L	1.1	1.3			2.35	0.81	
Valor Deducido Total:								39
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							3	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							18	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.53	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	18	15	6		39	3	23.5
	2	18	15	2		35	2	26
	3	18	2	2		22	1	22
Máximo CDV:								26
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 26 74					Calificación	MUY BUENO	



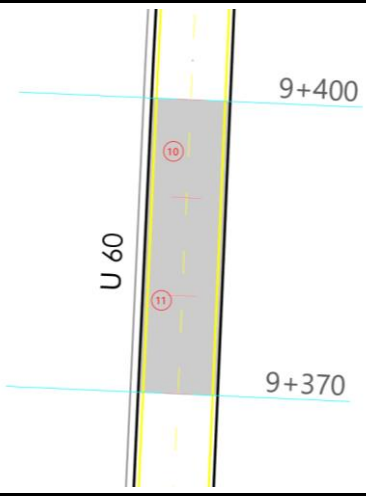
Anexo B.8 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+830	Área muestreo (m²):	237			
Sección:	1	Abscisa final:	8+860	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo			
Unidad:	5	Ancho de vía:	7.9	Fecha:	23 de mayo de 2022			
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	0.6	1.4			1.98	0.84	9
10	L	3.0				2.95	1.24	0
11	L	20.1	0.2			20.32	8.57	16
1	H	0.4				0.36	0.15	14
							Valor Deducido Total:	39
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							3	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							16	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.71	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	16	14	9		40	3	23.5
	2	16	14	2		32	2	23.5
	3	16	2	2		20	1	20
							Máximo CDV:	23.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 23.5 76.5					Calificación	MUY BUENO	



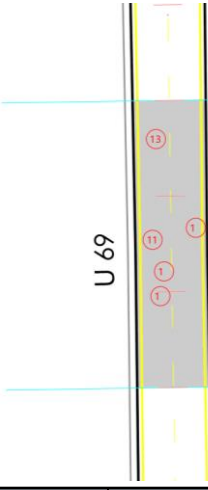
Anexo B.9 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1									
Sección:	1									
Unidad:	6									
Abscisa inicio:	9+100									
Abscisa final:	9+130									
Ancho de vía:	8.35									
Área muestreo (m²):	250.5									
Inspeccionado por:	Erika Jaramillo									
Fecha:	23 de mayo de 2022									
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
10	M	3.7						3.70	1.48	3
11	L	21.6	20.6	31.6	18.0			91.81	36.65	29
13	M	1.0						1.00	0.40	18
19	H	50.4						50.45	20.14	57
Valor Deducido Total:										107
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:										4
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):										57
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):										4.95
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	57	29	18	3			107	4	62
	2	57	29	18	2			106	3	67
	3	57	29	2	2			90	2	64.5
	4	57	2	2	2			63	1	63
Máximo CDV:										67
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 67 33						Calificación	MALO		



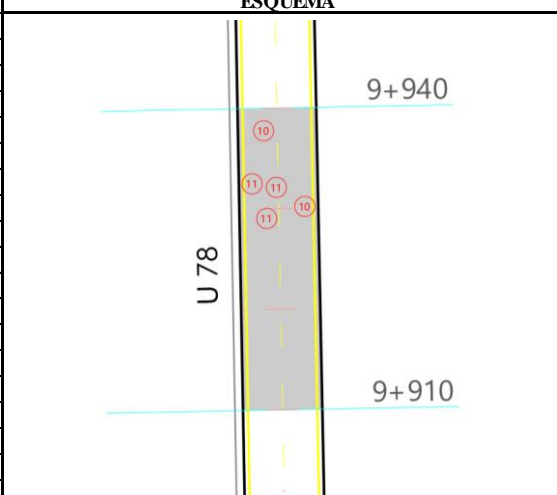
Anexo B.10 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	9+370	Área muestreo (m²):	240			
Sección:	1	Abscisa final:	9+400	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo			
Unidad:	7	Ancho de vía:	8	Fecha:	23 de mayo de 2022			
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
11	L	24.0				24.00	10.00	18
10	L	4.6				4.60	1.92	0
13	L	3.0				3.00	1.25	22
Valor Deducido Total:								40
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							2	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							22	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.16	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	22	18			40	2	29.5
	2	22	2			24	1	24
Máximo CDV:								29.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 29.5 70.5					Calificación	MUY BUENO	



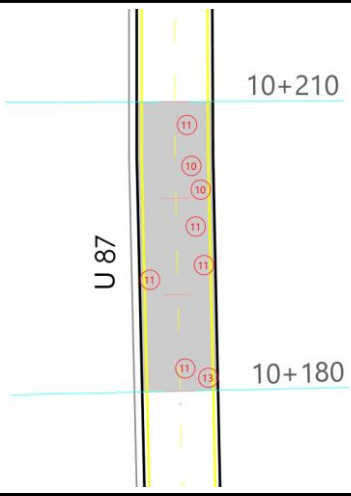
Anexo B.11 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
Tramo:	1	Abscisa inicio:	9+640	Área muestreo (m²):	228				
Sección:	1	Abscisa final:	9+670	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo				
Unidad:	8	Ancho de vía:	7.6	Fecha:	23 de mayo de 2022				
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
No.	Falla	U	ESQUEMA						
1	Piel de cocodrilo	m ²							
2	Exudación o Sangrado	m ²							
3	Agrietamiento en bloque	m ²							
4	Bombeo y hundimiento	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresiones	m ²							
7	Agrietamiento de borde	m							
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m							
9	Caída externa de la vía	m							
10	Agrietamiento long. y transv.	m							
11	Parchados	m ²							
12	Agregados Pulidos	m ²							
13	Baches	cant.							
14	Cruce de ferrocarril	m ²							
15	Ruteo	m ²							
16	Empellones	m ²							
17	Agrietamiento medialuna	m ²							
18	Protuberancia	m ²							
19	Intemperismo	m ²							
Falla	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	9.0	7.0	0.4			16.36	7.18	30
11	L	24.0					24.00	10.53	16
13	L	1.0					1.00	0.44	10
Valor Deducido Total:									56
CÁLCULO DEL PCI									
Número de Valores Deducidos > 2:								3	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):								30	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):								7.43	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos					Total	q	CDV
	1	30	16	10			56	3	35.5
	2	30	16	2			48	2	35.5
	3	30	2	2			34	1	34
Máximo CDV:									35.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 35.5 64.5					Calificación	BUENO		



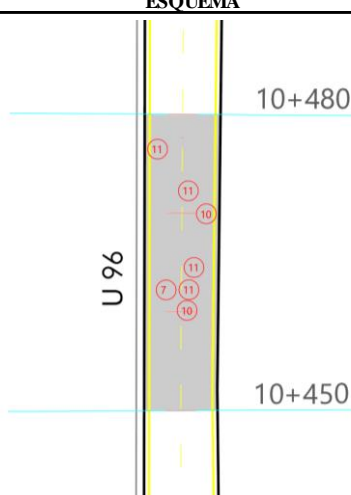
Anexo B.12 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1	Abscisa inicio:	9+910							
Sección:	1	Abscisa final:	9+940							
Unidad:	9	Ancho de vía:	8							
		Área muestreo (m²):	240							
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo							
		Fecha:	23 de mayo de 2022							
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
11	L	24.9	27.9	2.7		55.53	23.14	24		
10	L	30.0	1.1			31.06	12.94	9		
19	M	67.2				67.20	28.00	28		
Valor Deducido Total:								61		
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:							3			
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							28			
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							7.61			
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	28	24	9			61	3	39	
	2	28	24	2			54	2	40	
	3	28	2	2			32	1	32	
Máximo CDV:									40	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 40 60						Calificación	BUENO		



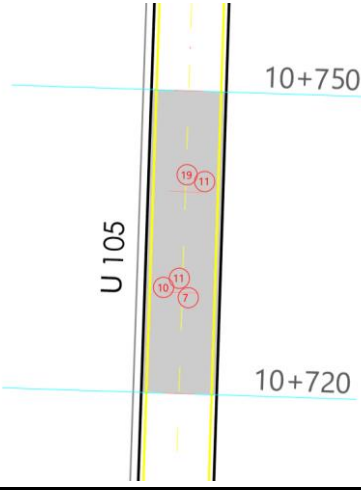
Anexo B.13 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	10+180	Área muestreo (m²):	238.5			
Sección:	1	Abscisa final:	10+210	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo			
Unidad:	10	Ancho de vía:	7.95	Fecha:	23 de mayo de 2022			
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
11	M	24.9	2.4			27.29	11.44	32
11	L	27.9	1.2	2.6		31.69	13.29	18
10	L	1.1	0.8			1.90	0.80	0
13	L	1.0				1.00	0.42	10
Valor Deducido Total:								60
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							3	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							32	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							7.24	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	32	18	10		60	3	38
	2	32	18	2		52	2	38.5
	3	32	2	2		36	1	36
Máximo CDV:								38.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 38.5 61.5					Calificación	BUENO	



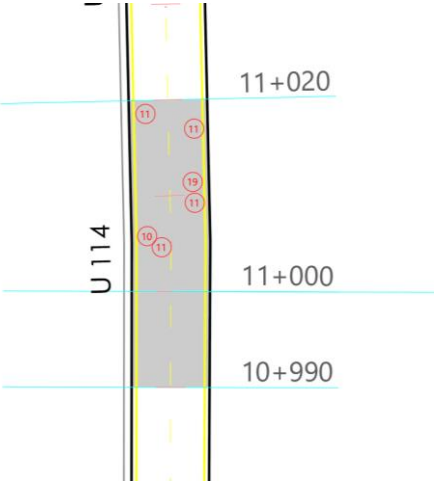
Anexo B.14 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	10+450					
Sección:	1	Abscisa final:	10+480					
Unidad:	11	Ancho de vía:	7.6					
		Área muestreo (m²):	228					
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
		Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
11	L	24.2	2.4	1.0		27.53	12.07	18
10	L	0.7	0.9	2.3	2.5	6.35	2.79	1
11	M	5.6				5.59	2.45	16
7	H	1.3				1.30	0.57	9
Valor Deducido Total:								44
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							3	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							18	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.53	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	18	16	9		43	3	26
	2	18	16	2		36	2	26.5
	3	18	2	2		22	1	22
Máximo CDV:								26.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 26.5 73.5					Calificación	MUY BUENO	



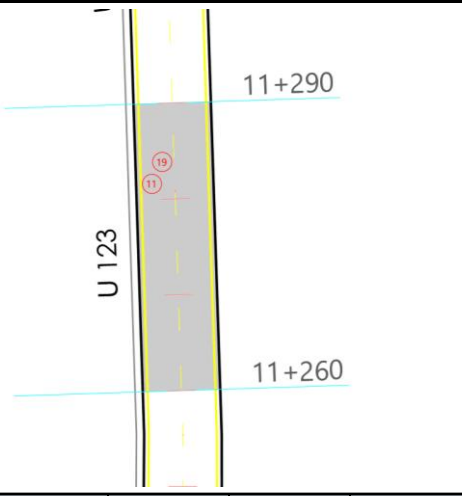
Anexo B.15 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1	Abscisa inicio:	10+720	Área muestreo (m²):	223.5					
Sección:	1	Abscisa final:	10+750	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
Unidad:	12	Ancho de vía:	7.45	Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
19	L	120.0				120.00	53.69	13		
11	L	27.0	2.8			29.81	13.34	19		
10	L	5.8				5.80	2.60	1		
7	H	1.5				1.50	0.67	9		
Valor Deducido Total:								42		
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:							3			
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							19			
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.44			
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	19	13	9			41	3	25	
	2	19	13	2			34	2	25	
	3	19	2	2			23	1	23	
Máximo CDV:									25	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 25 75						Calificación	MUY BUENO		



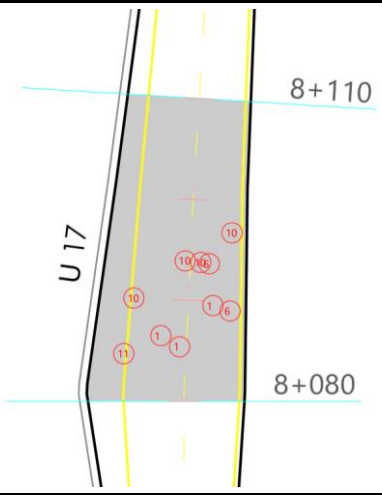
Anexo B.16 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 13

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1	Abscisa inicio:	10+990							
Sección:	1	Abscisa final:	11+020							
Unidad:	13	Ancho de vía:	8.1							
		Área muestreo (m²):	243							
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo							
		Fecha:	23 de mayo de 2022							
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
11	L	28.5	3.1	2.2	2.5			36.35	14.96	20
19	L	120.0						120.00	49.38	12
10	L	3.0						3.00	1.23	0
Valor Deducido Total:										32
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:									2	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):									20	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):									8.35	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	20	12					32	2	23.5
	2	20	2					22	1	22
Máximo CDV:										23.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 23.5 76.5							Calificación	MUY BUENO	



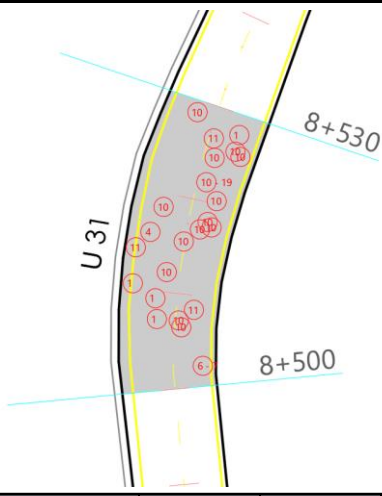
Anexo B.17 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo 14

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
Tramo:	1	Abscisa inicio:	11+260					
Sección:	1	Abscisa final:	11+290					
Unidad:	14	Ancho de vía:	8.1					
		Área muestreo (m²):	243					
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
		Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
No.	Falla	U	ESQUEMA					
1	Piel de cocodrilo	m ²						
2	Exudación o Sangrado	m ²						
3	Agrietamiento en bloque	m ²						
4	Bombeo y hundimiento	m						
5	Corrugación	m ²						
6	Depresiones	m ²						
7	Agrietamiento de borde	m						
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m						
9	Caída externa de la vía	m						
10	Agrietamiento long. y transv.	m						
11	Parchados	m ²						
12	Agregados Pulidos	m ²						
13	Baches	cant.						
14	Cruce de ferrocarril	m ²						
15	Ruteo	m ²						
16	Empellones	m ²						
17	Agrietamiento medialuna	m ²						
18	Protuberancia	m ²						
19	Intemperismo	m ²						
Falla	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
11	L	24.0				24.00	9.88	16
19	L	120.0				120.00	49.38	12
Valor Deducido Total:								28
CÁLCULO DEL PCI								
Número de Valores Deducidos > 2:							2	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):							16	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):							8.71	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos				Total	q	CDV
	1	16	12			28	2	20.5
	2	16	2			18	1	18
Máximo CDV:								20.5
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 20.5 79.5					Calificación	MUY BUENO	



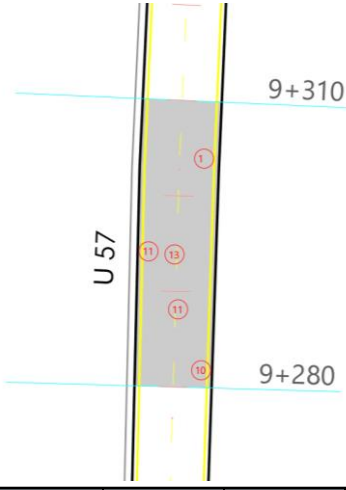
Anexo B.18 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo A1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+080	Área muestreo (m²):	390					
Sección:	1	Abscisa final:	8+110	Inspeccionado por:	Erika Jaramillo					
Unidad:	A1	Ancho de vía:	13	Fecha:	23 de mayo de 2022					
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
11	L	19.1					19.14	4.91	10	
1	H	5.3	34.2	2.5	6.0		48.04	12.32	64	
10	L	1.9					1.85	0.47	0	
10	M	10.5	4.9				15.39	3.95	10	
10	H	2.6					2.63	0.67	6	
6	M	2.5					2.50	0.64	9	
6	H	27.0					26.95	6.91	35	
Valor Deducido Total:									134	
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:								6		
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):								64		
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):								4.31		
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos					Total	q	CDV	
	1	64	35	10	10	2.79		121.79	5	64
	2	64	35	10	10	2		121	4	69.5
	3	64	35	10	2	2		113	3	78
	4	64	35	2	2	2		105	2	74
	5	64	2	2	2	2		72	1	72
Máximo CDV:									78	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 78 22						Calificación	MUY MALO		

Anexo B.19 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo A2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
Tramo:	1	Abscisa inicio:	8+500								
Sección:	1	Abscisa final:	8+530								
Unidad:	A2	Ancho de vía:	9.95								
		Área muestreo (m²):	298.5								
		Inspeccionado por:	Erika Jaramillo								
		Fecha:	23 de mayo de 2022								
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO											
No.	Falla	U	ESQUEMA								
1	Piel de cocodrilo	m ²									
2	Exudación o Sangrado	m ²									
3	Agrietamiento en bloque	m ²									
4	Bombeo y hundimiento	m									
5	Corrugación	m ²									
6	Depresiones	m ²									
7	Agrietamiento de borde	m									
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m									
9	Caída externa de la vía	m									
10	Agrietamiento long. y transv.	m									
11	Parchados	m ²									
12	Agregados Pulidos	m ²									
13	Baches	cant.									
14	Cruce de ferrocarril	m ²									
15	Ruteo	m ²									
16	Empellones	m ²									
17	Agrietamiento medialuna	m ²									
18	Protuberancia	m ²									
19	Intemperismo	m ²									
Falla	Severidad	Cantidades parciales							Total	Densidad (%)	Valor Deducido
19	L	145.5							145.50	48.74	12
10	L	1.3	2.4	5.1	0.6	3.9			13.19	4.42	3
1	H	5.1	1.0						6.02	2.02	40
11	L	0.4	20.8	0.5					21.64	7.25	13
10	M	2.7	2.0	2.4	1.4	2.7	1.5	0.7	13.39	4.49	10
19	M	74.6							74.63	25.00	27
10	H	6.0	2.2	10.0	9.2				27.36	9.17	32
4	L	1.4							1.43	0.48	1
1	M	1.8							1.80	0.60	17
1	L	3.0							2.99	1.00	11
7	H	2.7							2.70	0.90	9
6	H	3.4							3.39	1.14	17
Valor Deducido Total:										192	
CÁLCULO DEL PCI											
Número de Valores Deducidos > 2:										11	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):										40	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):										6.51	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos							Total	q	CDV
	1	40	32	27	17	17	13	6.12	152.12	7	73
	2	40	32	27	17	17	13	2	148	6	73
	3	40	32	27	17	17	2	2	137	5	71.5
	4	40	32	27	17	2	2	2	122	4	70
	5	40	32	27	2	2	2	2	107	3	67.5
	6	40	32	2	2	2	2	2	82	2	59
	7	40	2	2	2	2	2	52	1	52	
Máximo CDV:										73	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 73 27							Calificación	MALO		

Anexo B.20 Registro visual y determinación del PCI - Unidad de muestreo A3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
Tramo:	1									
Sección:	1									
Unidad:	A3									
Abscisa inicio:	9+280									
Abscisa final:	9+310									
Ancho de vía:	8									
Área muestreo (m²):	240									
Inspeccionado por:	Erika Jaramillo									
Fecha:	23 de mayo de 2022									
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
No.	Falla	U	ESQUEMA							
1	Piel de cocodrilo	m ²								
2	Exudación o Sangrado	m ²								
3	Agrietamiento en bloque	m ²								
4	Bombeo y hundimiento	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresiones	m ²								
7	Agrietamiento de borde	m								
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m								
9	Caída externa de la vía	m								
10	Agrietamiento long. y transv.	m								
11	Parchados	m ²								
12	Agregados Pulidos	m ²								
13	Baches	cant.								
14	Cruce de ferrocarril	m ²								
15	Ruteo	m ²								
16	Empellones	m ²								
17	Agrietamiento medialuna	m ²								
18	Protuberancia	m ²								
19	Intemperismo	m ²								
Falla	Severidad	Cantidades parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido
13	H	1.0						1.00	0.42	38
11	L	27.0	2.0	10.5				39.45	16.44	20
1	L	0.2						0.23	0.09	4
10	M	3.8						3.75	1.56	4
Valor Deducido Total:										66
CÁLCULO DEL PCI										
Número de Valores Deducidos > 2:									4	
Mayor Valor Deducido Individual (HDVi):									38	
Número máximo admisible de "Valores Deducidos" (mi):									6.69	
Cálculo del máximo CDV	No.	Valores deducidos						Total	q	CDV
	1	38	20	4	4			66	4	36.5
	2	38	20	4	2			64	3	40.5
	3	38	20	2	2			62	2	45.5
	4	38	2	2	2			44	1	44
Máximo CDV:									45.5	
PCI	100 - Máx. CDV 100 - 45.5 54.5						Calificación	REGULAR		



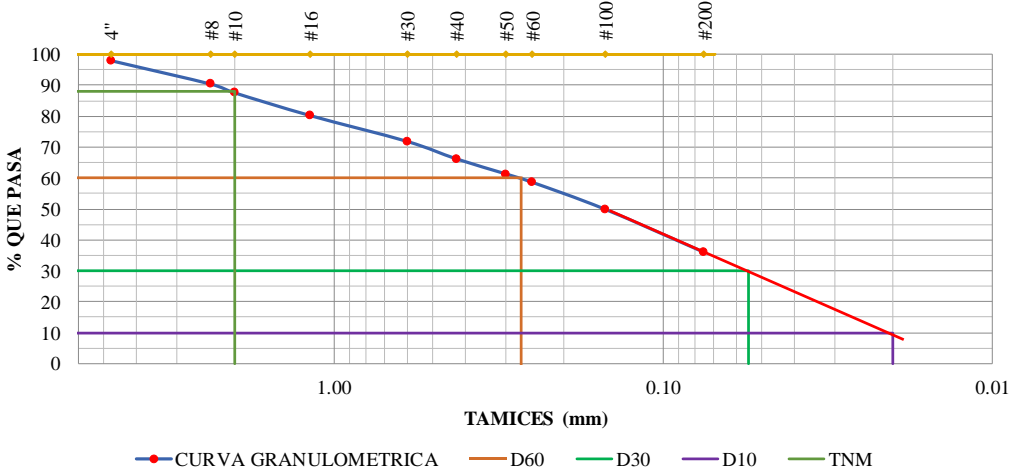
ANEXO C

ESTUDIOS DE SUELOS



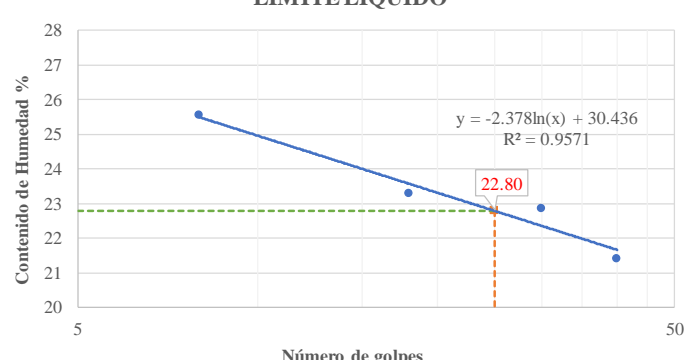
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Proctor modificado tipo B
 - Ensayo CBR
- Densidad de campo
- Humedad Natural

MUESTRA 1



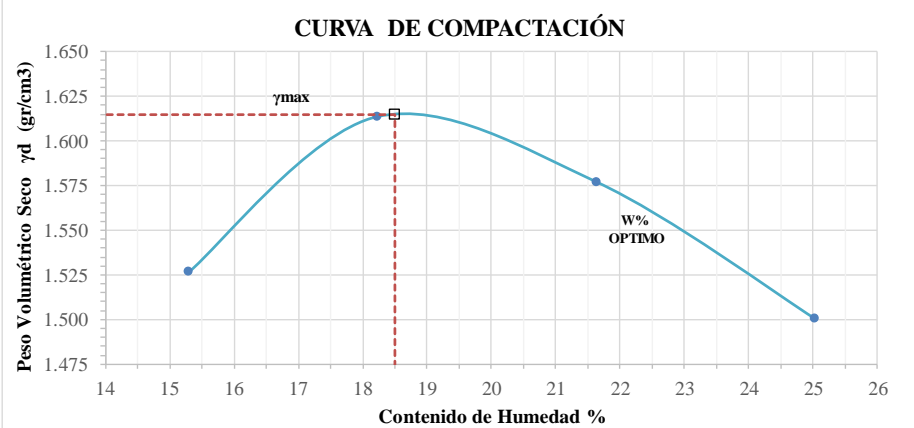
Anexo C.1 Análisis Granulométrico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	martes, 5 de julio de 2022		
ABSCISA:	7+610	MUESTRA:	I		
NORMAS:	ASTM C 136	CAPA:	Subrasante		
ENSAYO GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4.76	9.50	9.50	1.90	98.10
#8	2.36	38.30	47.80	9.56	90.44
#10	2.00	14.10	61.90	12.38	87.62
#16	1.18	36.80	98.70	19.74	80.26
#30	0.60	41.80	140.50	28.10	71.90
#40	0.425	28.30	168.80	33.76	66.24
#50	0.30	24.60	193.40	38.68	61.32
#60	0.25	13.40	206.80	41.36	58.64
#100	0.15	43.80	250.60	50.12	49.88
#200	0.075	69.90	320.50	64.10	35.90
PASA #200		178.00	Peso Seco (gr):		500.00
Total		498.50	Error <2%		0.30%
PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA					
Diámetro Efectivo (D10)			0.020 mm		
Diámetro Equiparable (D30)			0.055 mm		
Diámetro Dimensional (D60)			0.270 mm		
Tamaño Nominal Máximo (TNM)			2.000 mm		
Coeficiente de uniformidad (Cu)			13.500		
Coeficiente de curvatura (Cc)			0.560		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación		
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno		
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.	-		
CURVA GRANULOMÉTRICA					
 <p style="text-align: center;"> ● CURVA GRANULOMETRICA — D60 — D30 — D10 — TNM </p>					



Anexo C.2 Límites de Atterberg

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACION DE UN PROCESO DE CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	06 de julio de 2022
ABSCISA:	7+610
MUESTRA:	1
NORMAS:	AASHTO T-90, ASTM D 4318
CAPA:	Subrasante
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO	
Recipiente	41 37 33A 74 71 64 31 61
Peso muestra húmeda + rec (gr)	26.07 27.21 23.01 23.17 27.19 26.73 30.46 27.22
Peso muestra seca + rec (gr)	23.39 24.45 20.80 21.00 24.19 23.81 26.87 24.00
Peso recipiente (gr)	11.02 11.34 11.08 11.52 11.28 11.28 12.77 11.40
Peso agua (gr) Ww	2.68 2.77 2.21 2.17 3.00 2.92 3.59 3.23
Peso sólidos (gr) Ws	12.37 13.11 9.72 9.48 12.91 12.53 14.10 12.60
Contenido de humedad (w%)	21.71 21.10 22.78 22.89 23.25 23.34 25.47 25.61
Promedio de (w%)	21.40 22.83 23.29 25.54
Número de golpes	40 30 18 8
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	22.8
LÍMITE LÍQUIDO 	
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO	
Recipiente	3B 10 P5 3 3B1-17 202
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11.79 11.65 11.53 11.78 12.06 12.01
Peso muestra seca + rec (gr)	11.60 11.50 11.38 11.62 11.86 11.78
Peso recipiente (gr)	10.71 10.74 10.66 10.80 10.89 10.69
Peso agua (gr) Ww	0.19 0.15 0.15 0.17 0.21 0.23
Peso sólidos (gr) Ws	0.89 0.76 0.72 0.82 0.97 1.09
Contenido de humedad (w%)	21.19 19.66 20.72 20.51 21.33 21.32
Promedio de (w%)	20.79
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	20.79
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)	2.01

Anexo C.3 Proctor modificado Tipo B

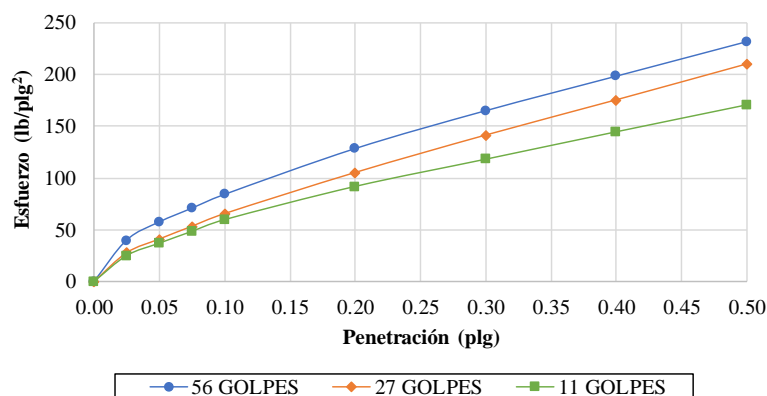
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	lunes, 4 de julio de 2022
ABSCISA:	7+610
MUESTRA:	1
NORMAS:	AASHTO T-180, ASTM D-1557
CAPA:	Subrasante
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	
Número de Golpes	56
Número de Capas	5
Peso del Martillo	10 lb
Peso Inicial Deseado	7000
Peso del Molde	5822 gr
Volumen del Molde	3243.33 cm ³
Altura de Caída	18"
Peso Inicial Deseado	7000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo Numero	1
Humedad inicial añadida en %	0
P. molde+Suelo húmedo (gr)	11530
Peso suelo humedo Wm (gr)	5708
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1.760
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD	
Recipiente N°	1
Peso del recipiente W _r	31.54
Rec+suelo humedo W _r +W _m	123.95
Rec+suelo seco W _s + W _m	111.74
Peso solidos W _s	80.20
Peso del agua W _w	12.22
Cont. Humedad ω %	15.24
Cont. Humedad promedio ω %	15.29
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.527
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA	
<p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p> 	
Densidad Seca Maxima	1.615 gr/cm³
Humedad Óptima	18.50 %

Anexo C.4 Ensayo de soporte de california (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	26 de agosto de 2022			
ABSCISA:	7+610	MUESTRA:	1			
NORMAS:	ASTM D 1883	CAPA:	Subrasante			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		18.50				
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	12657	12426	12227			
Masa Molde (gr)	8430	8269	8042			
Masa Muestra Humeda (gr)	4227	4157	4185			
Volumen Muestra (cm ³)	2293.51	2255.44	2293.51			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.843	1.843	1.825			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	4	62	95	17	28	46
P. Hum. + Recipiente	150.84	116.73	152.90	183.24	153.97	126.30
P. Seco + Recipiente	131.82	103.02	133.28	158.51	132.74	109.69
Peso Recipiente	31.95	30.59	33.39	31.10	23.12	24.85
Peso Agua	19.02	13.70	19.62	24.73	21.23	16.61
Peso de Sólidos	99.87	72.44	99.89	127.41	109.62	84.84
Contenido Humedad %	19.04	18.92	19.64	19.41	19.36	19.57
Con. Hum. Prom. %	18.98		19.52		19.47	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.549		1.542		1.527	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12697		12620		12305	
Masa Molde (gr)	8430		8269		8042	
Masa Muestra Humeda (gr)	4267		4351		4263	
Masa Agua Absorbida	40		194		78	
% Agua Absorbida	0.95%		4.67%		1.86%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	76	H24	46A	Z	105	70
P. Hum. + Recipiente	182.10	173.22	146.74	135.21	122.94	127.86
P. Seco + Recipiente	151.79	145.69	124.62	113.99	102.95	107.51
Peso Recipiente	32.60	31.64	30.71	30.73	28.81	25.22
Peso Agua	30.31	27.53	22.12	21.22	19.99	20.35
Peso de Sólidos	119.19	114.05	93.92	83.26	74.14	82.29
Contenido Humedad %	25.43	24.14	23.55	25.48	26.96	24.73
Con. Hum. Prom. %	24.79		24.51		25.84	
DATOS DE ESPONJAMIENTO						
FECHA		TIEMPO		LECTURAS DIAL (plg *10-2)		
DIA Y MES	HORA	DIAS	HORAS	56 Golpes	27 Golpes	11 Golpes
26-jul-22	17:15	0	0	80.0	60.0	10.0
27-jul-22	14:08	1	24	81.0	96.0	75.0
28-jul-22	14:45	2	48	81.0	96.0	75.0
29-jul-22	12:15	3	72	81.0	96.0	75.0
Altura de la muestra (plg)				5.0	5.0	5.0
Esponjamiento lineal absoluto (pulg *10-2)				1.0	36.0	65.0
Esponjamiento lineal relativo (%)				0.20	7.27	13.00

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	120.3	40.1	83.3	27.8	75.3	25.1
0.050	173.0	57.7	123.0	41.0	111.3	37.1
0.075	213.0	71.0	160.0	53.3	145.6	48.5
0.100	253.0	84.3	196.6	65.5	179.6	59.9
0.200	386.0	128.7	315.6	105.2	276.0	92.0
0.300	496.0	165.3	424.0	141.3	355.0	118.3
0.400	596.3	198.8	526.0	175.3	434.6	144.9
0.500	696.6	232.2	630.0	210.0	512.8	170.9

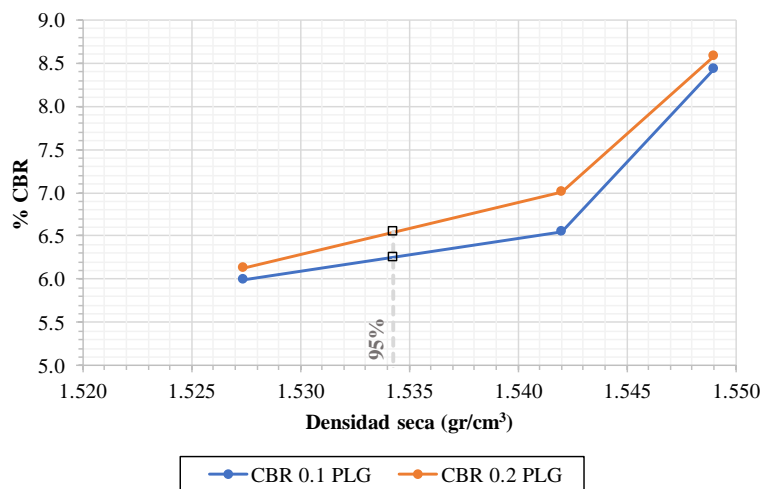
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)



MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	84.33	8.43	1.549	128.67	8.58	1.549
2	65.53	6.55	1.542	105.20	7.01	1.542
3	59.87	5.99	1.527	92.00	6.13	1.527

% CBR vs. DENSIDAD SECA





DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1.615	1.534	6.25	6.6

Anexo C.5 Densidad de campo

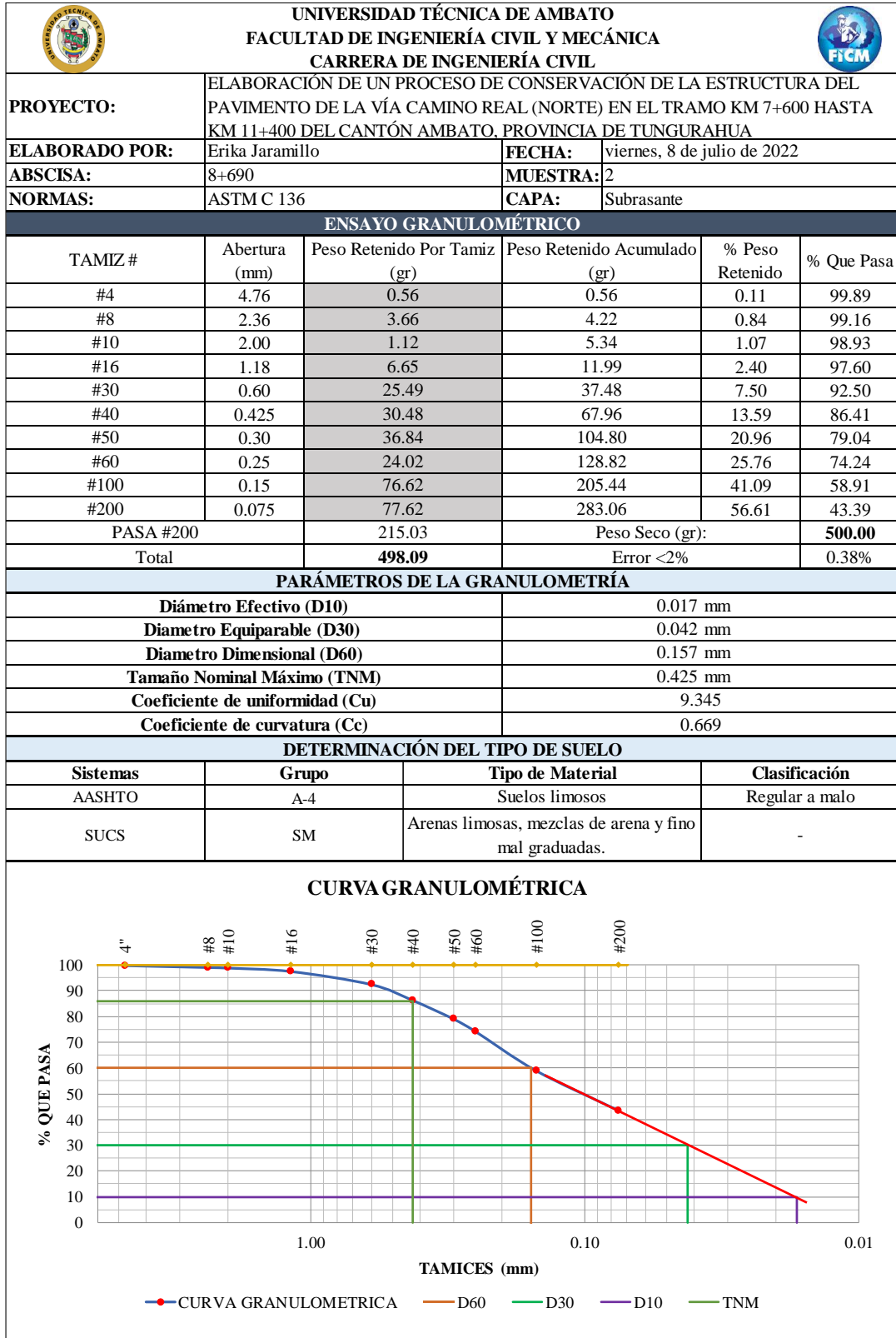
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	6 de agosto de 2022
ABSCISA:	7+610	MUESTRA:	1
NORMAS:	ASTM D 1556	CAPA:	Subrasante
ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO			
MÉTODO CONO Y ARENA			
1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente	2569.00	gr	
Peso del recipiente (funda plástica)	2.50	gr	
Peso de la masa del suelo W_m	2566.50	gr	
2. VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO			
Lectura inicial frasco + cono + Arena	7120.00	gr	
Lectura final frasco + cono + Arena	3250.00	gr	
Peso de la arena en el cono W_m	1591.00	gr	
Peso de la arena en el hueco W_{cono}	2279.00	gr	
Calibración de la Arena de Ottawa: γ_{sand}	1.583	gr/cm ³	
Volumen del hueco (de la masa) V_m	1439.67	cm ³	
3. CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente N°	59		58
Peso suelo húmedo + recipiente W_m+W_r	117.75		127.62
Peso suelo seco + recipiente W_s+W_r	105.85		114.35
Peso del recipiente W_r	30.78		30.90
Peso de Agua W_w	11.90		13.27
Peso muestra seca W_s	75.08		83.46
Contenido de humedad $w\% = 100*(W_w/W_s)$	15.84		15.90
Promedio $W\%$		15.87	
4. DENSIDAD HÚMEDA			
$\gamma_m = W_m / V_m$	1.783		gr/cm ³
5. DENSIDAD SECA			
$\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1.539		gr/cm ³
6. DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR			
Densidad Max Proctor γ_d	1.615		gr/cm ³
Porcentaje de Compactación Exigido MTOP %		95%	
Porcentaje de Compactación Alcanzado %		95.3	

Anexo C.6 Humedad Natural



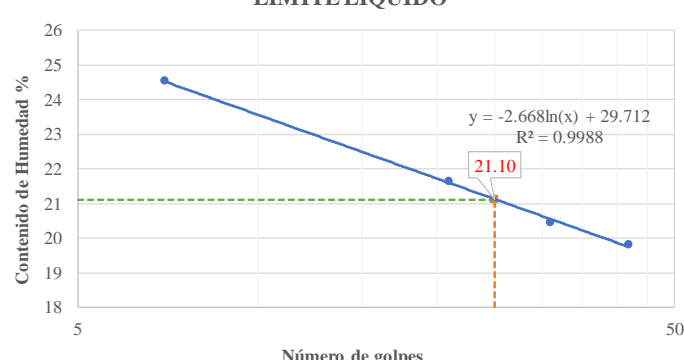
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
ABSCISA:	7+610
NORMAS:	ASTM D 2216
FECHA:	6 de agosto de 2022
MUESTRA:	1
CAPA:	Subrasante
ENSAYO HUMEDAD NATURAL	
Recipiente N°	59
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	117.75
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	105.85
Peso del recipiente Wr	30.78
Peso de Agua Ww	11.90
Peso muestra seca Ws	75.08
Contenido de humedad $w\% = 100 \cdot (Ww/Ws)$	15.84
Promedio W%	15.90

MUESTRA 2



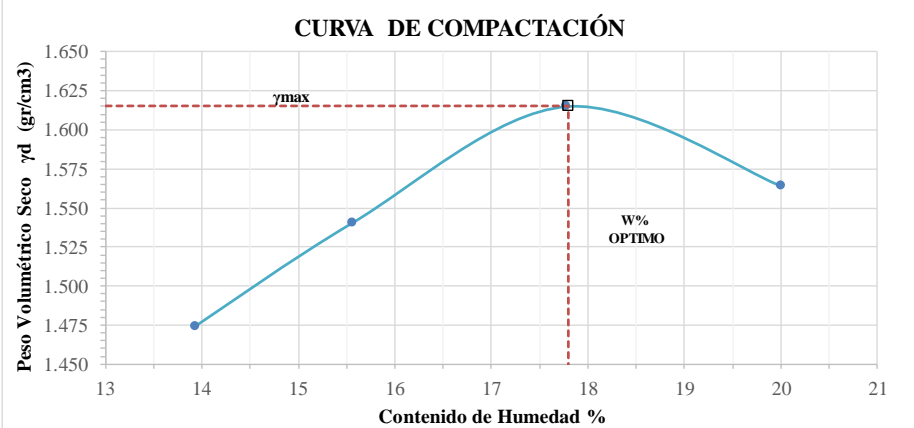
Anexo C.7 Análisis Granulométrico





Anexo C.8 Límites de Atterberg

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACION DE UN PROCESO DE CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	06 de julio de 2022
ABSCISA:	8+690
MUESTRA:	2
NORMAS:	AASHTO T-90, ASTM D 4318
CAPA:	Subrasante
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO	
Recipiente	31 67 62 47 28 29 12 97
Peso muestra húmeda + rec (gr)	21.06 21.20 15.98 15.67 24.35 21.09 19.80 20.43
Peso muestra seca + rec (gr)	18.80 18.92 14.52 14.28 21.33 18.66 17.36 17.87
Peso recipiente (gr)	7.45 7.38 7.44 7.43 7.47 7.37 7.46 7.44
Peso agua (gr) Ww	2.26 2.28 1.46 1.39 3.02 2.43 2.43 2.56
Peso sólidos (gr) Ws	11.35 11.55 7.07 6.85 13.86 11.29 9.90 10.43
Contenido de humedad (w%)	19.88 19.72 20.67 20.23 21.76 21.49 24.55 24.50
Promedio de (w%)	19.80 20.45 21.62 24.52
Número de golpes	42 31 21 7
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	21.1
<p style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO</p>  <p style="text-align: center;">Contenido de Humedad %</p> <p style="text-align: center;">Número de golpes</p>	
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO	
Recipiente	1PM 73AI 2EI 2 10P 3AM
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11.33 11.47 11.37 11.51 11.26 11.89
Peso muestra seca + rec (gr)	11.19 11.30 11.23 11.32 11.13 11.68
Peso recipiente (gr)	10.56 10.57 10.63 10.52 10.58 10.75
Peso agua (gr) Ww	0.14 0.17 0.13 0.19 0.13 0.21
Peso sólidos (gr) Ws	0.63 0.72 0.60 0.80 0.55 0.94
Contenido de humedad (w%)	21.61 23.37 22.02 23.50 23.49 21.90
Promedio de (w%)	22.65
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	22.65
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)	0 - No plástico

Anexo C.9 Proctor modificado Tipo B

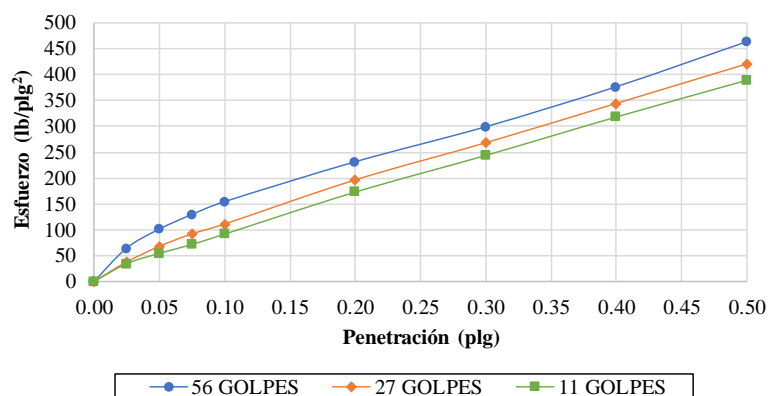
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo										
FECHA:	martes, 5 de julio de 2022										
ABSCISA:	8+690										
MUESTRA:	2										
NORMAS:	AASHTO T-180, ASTM D-1557										
CAPA:	Subrasante										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO											
Número de Golpes	56										
Número de Capas	5										
Peso del Martillo	10 lb										
Peso Inicial Deseado	7000										
Peso del Molde	5826 gr										
Volumen del Molde	3243.33 cm ³										
Altura de Caída	18"										
Peso del Molde	7000										
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN											
Ensayo Numero	1										
Humedad inicial añadida en %	0										
P. molde+Suelo húmedo (gr)	11275										
Peso suelo humedo Wm (gr)	5449										
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1.680										
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD											
Recipiente N°	1										
Peso del recipiente W _r	30.76										
Rec+suelo humedo W _r +W _m	100.65										
Rec+suelo seco W _s + W _m	92.12										
Peso solidos W _s	61.36										
Peso del agua W _w	8.54										
Cont. Humedad ω %	13.91										
Cont. Humedad promedio ω %	13.94										
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.475										
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA											
<p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>  <table border="1"> <caption>Datos de la Curva de Compactación</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>1.475</td> </tr> <tr> <td>15.5</td> <td>1.540</td> </tr> <tr> <td>17.8</td> <td>1.615</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>1.564</td> </tr> </tbody> </table>		Contenido de Humedad (%)	Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	14	1.475	15.5	1.540	17.8	1.615	20	1.564
Contenido de Humedad (%)	Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)										
14	1.475										
15.5	1.540										
17.8	1.615										
20	1.564										
Densidad Seca Maxima	1.615 gr/cm³										
Humedad Óptima	17.80 %										

Anexo C.10 Ensayo de soporte de california (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	5 de agosto de 2022			
ABSCISA:	8+690	MUESTRA:	2			
NORMAS:	ASTM D 1883	CAPA:	Subrasante			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		17.80				
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	11404	11967	12019			
Masa Molde (gr)	7653	8268	8430			
Masa Muestra Humeda (gr)	3751	3699	3589			
Volumen Muestra (cm ³)	1992.37	1992.37	1992.37			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.883	1.857	1.801			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	61	64	74	76	16	CA3
P. Hum. + Recipiente	117.58	108.54	105.65	112.23	152.95	163.92
P. Seco + Recipiente	104.54	96.98	94.15	99.61	133.65	143.15
Peso Recipiente	30.16	30.76	31.19	30.77	30.58	33.40
Peso Agua	13.04	11.56	11.50	12.63	19.30	20.77
Peso de Sólidos	74.38	66.22	62.96	68.84	103.07	109.75
Contenido Humedad %	17.53	17.45	18.27	18.35	18.72	18.93
Con. Hum. Prom. %	17.49		18.31		18.82	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.602		1.569		1.516	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11547		12196		12267	
Masa Molde (gr)	7653		8268		8430	
Masa Muestra Humeda (gr)	3894		3928		3837	
Masa Agua Absorbida	143		229		248	
% Agua Absorbida	3.81%		6.19%		6.91%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	61	64	74	76	16	CA3
P. Hum. + Recipiente	110.55	120.50	111.62	125.20	134.72	149.25
P. Seco + Recipiente	96.67	104.36	97.03	106.23	114.70	125.25
Peso Recipiente	30.16	30.76	31.19	30.77	30.58	33.40
Peso Agua	13.88	16.14	14.59	18.97	20.02	23.99
Peso de Sólidos	66.52	73.60	65.84	75.46	84.12	91.86
Contenido Humedad %	20.87	21.93	22.16	25.14	23.79	26.12
Con. Hum. Prom. %	21.40		23.65		24.96	
DATOS DE ESPONJAMIENTO						
FECHA		TIEMPO		LECTURAS DIAL (plg *10-2)		
DIA Y MES	HORA	DIAS	HORAS	56 Golpes	27 Golpes	11 Golpes
2-ago-22	18:15	0	0	0.0	0.0	0.0
3-ago-22	12:00	1	24	0.0	20.0	51.0
4-ago-22	11:30	2	48	0.0	20.0	51.0
5-ago-22	8:30	3	72	0.0	20.0	51.0
Altura de la muestra (plg)				5.0	5.0	5.0
Esponjamiento lineal absoluto (pulg *10-2)				0.0	20.0	51.0
Esponjamiento lineal relativo (%)				0.00	4.04	10.30

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	193.3	64.4	113.3	37.8	103.5	34.5
0.050	303.3	101.1	203.7	67.9	163.5	54.5
0.075	388.3	129.4	276.8	92.3	214.9	71.6
0.100	462.5	154.2	333.5	111.2	275.3	91.8
0.200	693.5	231.2	589.8	196.6	519.5	173.2
0.300	896.5	298.8	805.6	268.5	733.0	244.3
0.400	1128.4	376.1	1034.2	344.7	956.3	318.8
0.500	1389.4	463.1	1263.6	421.2	1170.0	390.0

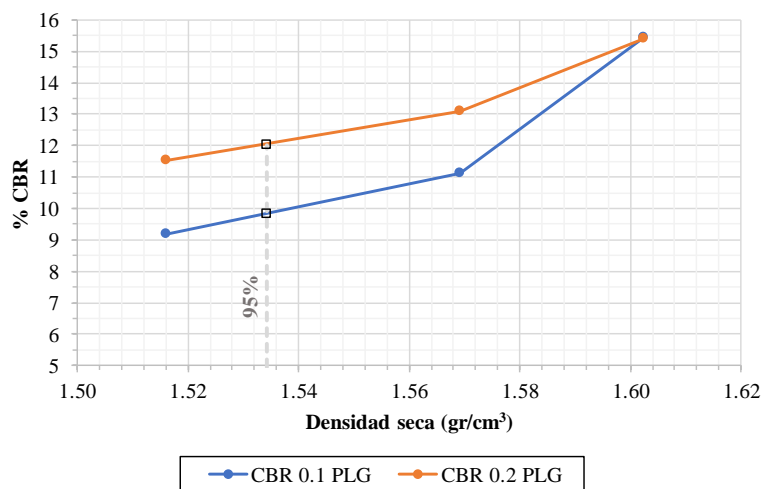
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)



MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	154.17	15.42	1.602	231.17	15.41	1.602
2	111.17	11.12	1.569	196.60	13.11	1.569
3	91.77	9.18	1.516	173.17	11.54	1.516

% CBR vs. DENSIDAD SECA





DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1.615	1.534	9.80	12.0

Anexo C.11 Densidad de campo



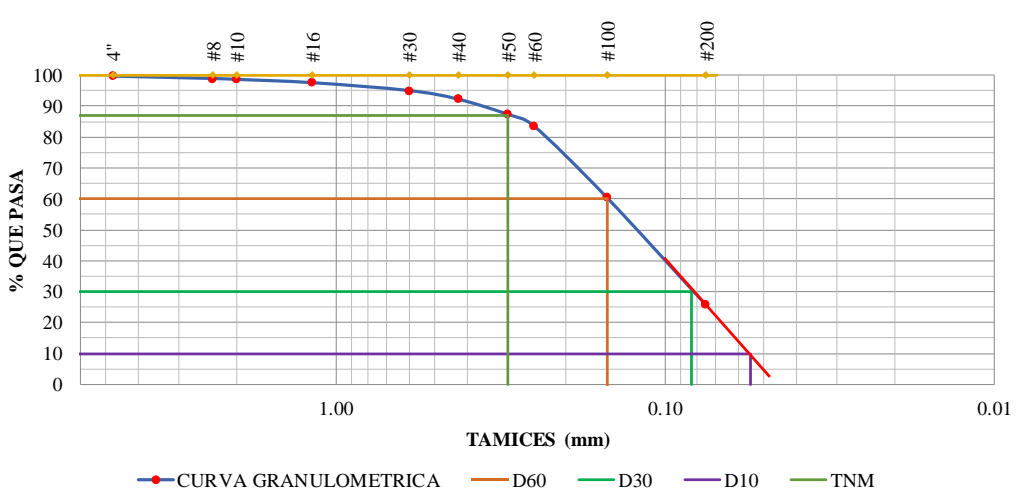
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	6 de agosto de 2022
ABSCISA:	8+690	MUESTRA:	2
NORMAS:	ASTM D 1556	CAPA:	Subrasante
ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO			
MÉTODO CONO Y ARENA			
1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente	2565.00	gr	
Peso del recipiente (funda plástica)	2.50	gr	
Peso de la masa del suelo W_m	2562.50	gr	
2. VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO			
Lectura inicial frasco + cono + Arena	7118.00	gr	
Lectura final frasco + cono + Arena	2980.00	gr	
Peso de la arena en el cono W_m	1591.00	gr	
Peso de la arena en el hueco W_{cono}	2547.00	gr	
Calibración de la Arena de Ottawa: γ_{sand}	1.583	gr/cm ³	
Volumen del hueco (de la masa) V_m	1608.97	cm ³	
3. CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente N°	85		AN1-3
Peso suelo húmedo + recipiente W_m+W_r	151.64		149.77
Peso suelo seco + recipiente W_s+W_r	138.47		136.73
Peso del recipiente W_r	33.24		33.46
Peso de Agua W_w	13.17		13.05
Peso muestra seca W_s	105.24		103.27
Contenido de humedad $w\% = 100*(W_w/W_s)$	12.51		12.63
Promedio $W\%$		12.57	
4. DENSIDAD HÚMEDA			
$\gamma_m = W_m / V_m$	1.593		gr/cm ³
5. DENSIDAD SECA			
$\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1.415		gr/cm ³
6. DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR			
Densidad Max Proctor γ_d	1.615		gr/cm ³
Porcentaje de Compactación Exigido MTOP %		95%	
Porcentaje de Compactación Alcanzado %		87.6	

Anexo C.12 Humedad Natural



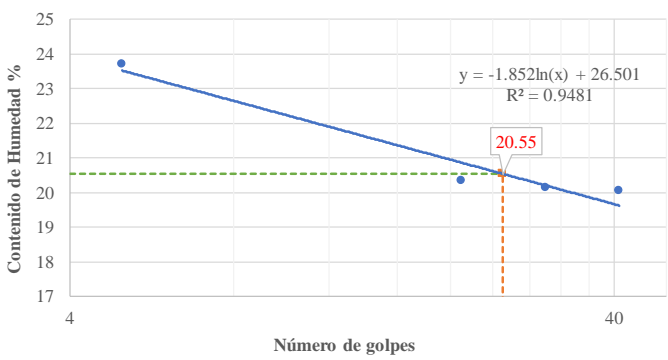
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	6 de agosto de 2022
ABSCISA:	8+690
MUESTRA:	2
NORMAS:	ASTM D 2216
CAPA:	Subrasante
ENSAYO HUMEDAD NATURAL	
Recipiente N°	85
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	151.64
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	138.47
Peso del recipiente Wr	33.24
Peso de Agua Ww	13.17
Peso muestra seca Ws	105.24
Contenido de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	12.51
Promedio W%	12.60

MUESTRA 3



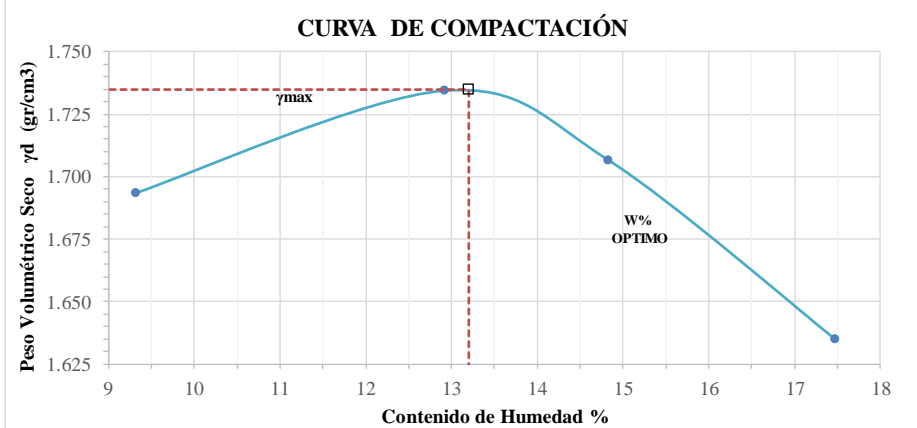
Anexo C.13 Análisis Granulométrico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	jueves, 14 de julio de 2022		
ABSCISA:	9+930	MUESTRA:	3		
NORMAS:	ASTM C 136	CAPA:	Subrasante		
ENSAYO GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4.76	2.20	2.20	0.44	99.56
#8	2.36	3.90	6.10	1.22	98.78
#10	2.00	1.40	7.50	1.50	98.50
#16	1.18	5.30	12.80	2.56	97.44
#30	0.60	12.70	25.50	5.10	94.90
#40	0.425	13.90	39.40	7.88	92.12
#50	0.30	24.60	64.00	12.80	87.20
#60	0.25	18.60	82.60	16.52	83.48
#100	0.15	115.40	198.00	39.60	60.40
#200	0.075	173.30	371.30	74.26	25.74
PASA #200		128.40	Peso Seco (gr):		500.00
Total		499.70	Error <2%		0.06%
PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA					
Diámetro Efectivo (D10)			0.055 mm		
Diámetro Equiparable (D30)			0.083 mm		
Diámetro Dimensional (D60)			0.150 mm		
Tamaño Nominal Máximo (TNM)			0.300 mm		
Coeficiente de uniformidad (Cu)			2.727		
Coeficiente de curvatura (Cc)			0.835		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación		
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno		
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.	-		
CURVA GRANULOMÉTRICA					
					



Anexo C.14 Límites de Atterberg

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO:	ELABORACION DE UN PROCESO DE CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	06 de julio de 2022					
ABSCISA:	9+930	MUESTRA:	3					
NORMAS:	AASHTO T-90, ASTM D 4318	CAPA:	Subrasante					
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	37	26A	18	12I	77LA	33A	36	64
Peso muestra húmeda + rec (gr)	22.84	24.86	26.21	20.71	26.11	24.92	24.81	26.68
Peso muestra seca + rec (gr)	20.91	22.60	23.76	19.06	23.63	22.58	22.22	23.71
Peso recipiente (gr)	11.34	11.21	11.50	10.97	11.41	11.07	11.25	11.27
Peso agua (gr) Ww	1.93	2.27	2.45	1.64	2.48	2.35	2.59	2.97
Peso sólidos (gr) Ws	9.57	11.39	12.26	8.09	12.22	11.51	10.97	12.44
Contenido de humedad (w%)	20.15	19.92	19.95	20.32	20.26	20.41	23.57	23.83
Promedio de (w%)	20.04		20.14		20.33		23.70	
Número de golpes	41		30		21		5	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	20.55							
LÍMITE LÍQUIDO 								
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente	73	104M	202	17	2EI	1		
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11.16	11.29	11.40	11.74	11.25	11.38		
Peso muestra seca + rec (gr)	11.06	11.20	11.29	11.60	11.14	11.28		
Peso recipiente (gr)	10.57	10.69	10.70	10.89	10.63	10.77		
Peso agua (gr) Ww	0.10	0.09	0.11	0.14	0.11	0.10		
Peso sólidos (gr) Ws	0.49	0.51	0.59	0.71	0.52	0.51		
Contenido de humedad (w%)	19.96	17.97	19.08	19.92	20.46	19.22		
Promedio de (w%)	19.43							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	19.43							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)	1.12							

Anexo C.15 Proctor modificado Tipo B

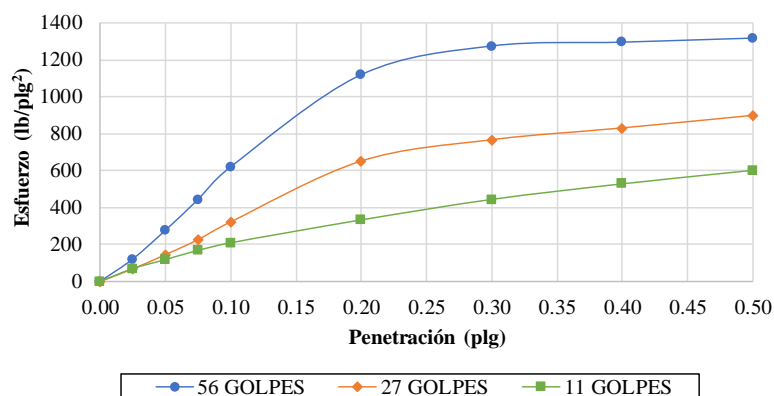
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	miércoles, 6 de julio de 2022
ABSCISA:	9+930
MUESTRA:	3
NORMAS:	AASHTO T-180, ASTM D-1557
CAPA:	Subrasante
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	
Número de Golpes	56
Número de Capas	5
Peso del Martillo	10 lb
Peso Inicial Deseado	7000
Peso del Molde	6632 gr
Volumen del Molde	3150.67 cm ³
Altura de Caída	18"
Peso Inicial Deseado	7000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo Numero	1
Humedad inicial añadida en %	0
P. molde+Suelo húmedo (gr)	12465
Peso suelo humedo Wm (gr)	5833
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1.851
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD	
Recipiente N°	1
Peso del recipiente W _r	45.70
Rec+suelo humedo W _r +W _m	134.40
Rec+suelo seco W _s + W _m	126.76
Peso solidos W _s	81.06
Peso del agua W _w	7.64
Cont. Humedad ω %	9.42
Cont. Humedad promedio ω %	9.32
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.693
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA	
	
Densidad Seca Maxima	1.735 gr/cm³
Humedad Óptima	13.20 %

Anexo C.16 Ensayo de soporte de california (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	5 de agosto de 2022			
ABSCISA:	9+930	MUESTRA:	3			
NORMAS:	ASTM D 1883	CAPA:	Subrasante			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):			13.20			
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	11480	12080	12167			
Masa Molde (gr)	7651	8268	8430			
Masa Muestra Humeda (gr)	3829	3812	3737			
Volumen Muestra (cm ³)	1992.37	1992.37	1992.37			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.922	1.913	1.876			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	CA3	16	76	50	74	51
P. Hum. + Recipiente	139.44	194.34	129.32	93.97	113.68	131.97
P. Seco + Recipiente	126.31	173.77	117.31	86.25	103.35	119.17
Peso Recipiente	33.40	30.58	30.77	31.20	31.19	30.36
Peso Agua	13.14	20.57	12.02	7.72	10.33	12.79
Peso de Sólidos	92.91	143.19	86.54	55.05	72.16	88.81
Contenido Humedad %	14.14	14.37	13.89	14.02	14.32	14.40
Con. Hum. Prom. %	14.25		13.96		14.36	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.682		1.679		1.640	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11771		12369		12406	
Masa Molde (gr)	7651		8268		8430	
Masa Muestra Humeda (gr)	4120		4101		3976	
Masa Agua Absorbida	291		289		239	
% Agua Absorbida	7.60%		7.58%		6.40%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	23	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	CA3	16	76	50	74	51
P. Hum. + Recipiente	172.47	164.79	119.47	141.20	119.17	129.49
P. Seco + Recipiente	151.71	144.86	104.51	123.71	103.37	112.57
Peso Recipiente	33.40	30.58	30.77	31.20	31.19	30.36
Peso Agua	20.76	19.93	14.97	17.49	15.79	16.92
Peso de Sólidos	118.31	114.27	73.74	92.51	72.18	82.21
Contenido Humedad %	17.55	17.44	20.30	18.90	21.88	20.58
Con. Hum. Prom. %	17.50		19.60		21.23	
DATOS DE ESPONJAMIENTO						
FECHA		TIEMPO		LECTURAS DIAL (plg *10-2)		
DIA Y MES	HORA	DIAS	HORAS	56 Golpes	27 Golpes	11 Golpes
8-ago-22	18:15	0	0	0.0	0.0	0.0
9-ago-22	12:00	1	24	0.0	10.0	11.0
10-ago-22	11:30	2	48	0.0	10.0	11.0
11-ago-22	8:30	3	72	0.0	10.0	11.0
Altura de la muestra (plg)				5.0	5.0	5.0
Esponjamiento lineal absoluto (pulg *10-2)				0.0	10.0	11.0
Esponjamiento lineal relativo (%)				0.00	2.02	2.22

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	363.6	121.2	203.3	67.8	208.0	69.3
0.050	829.9	276.6	433.3	144.4	356.6	118.9
0.075	1330.8	443.6	676.9	225.6	506.0	168.7
0.100	1860.7	620.2	965.0	321.7	630.0	210.0
0.200	3359.5	1119.8	1952.8	650.9	1002.3	334.1
0.300	3826.3	1275.4	2298.7	766.2	1336.5	445.5
0.400	3887.9	1296.0	2489.6	829.9	1590.3	530.1
0.500	3953.8	1317.9	2693.3	897.8	1809.9	603.3

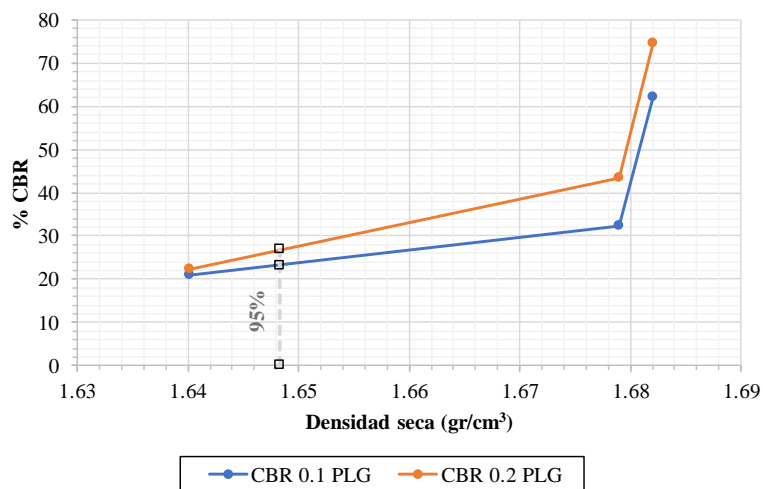
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)



MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	620.23	62.02	1.682	1119.83	74.66	1.682
2	321.67	32.17	1.679	650.93	43.40	1.679
3	210.00	21.00	1.640	334.10	22.27	1.640

% CBR vs. DENSIDAD SECA





DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1.735	1.648	23.0	27.0

Anexo C.17 Densidad de campo

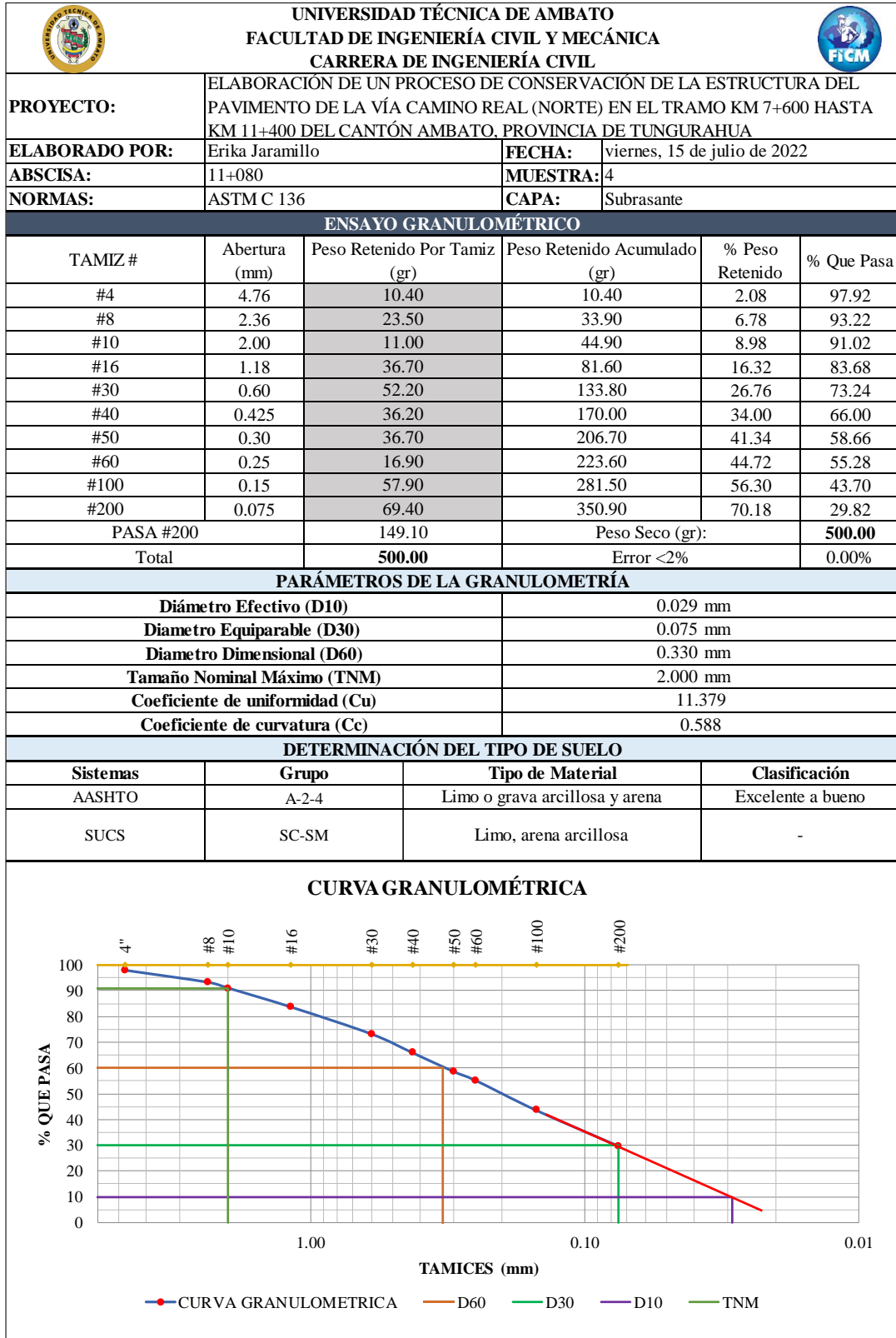
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	6 de agosto de 2022
ABSCISA:	9+930	MUESTRA:	3
NORMAS:	ASTM D 1556	CAPA:	Subrasante
ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO			
MÉTODO CONO Y ARENA			
1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente	2974.00	gr	
Peso del recipiente (funda plástica)	2.50	gr	
Peso de la masa del suelo Wm	2971.50	gr	
2. VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO			
Lectura inicial frasco + cono + Arena	7120.00	gr	
Lectura final frasco + cono + Arena	3028.00	gr	
Peso de la arena en el cono Wm	1591.00	gr	
Peso de la arena en el hueco Wcono	2501.00	gr	
Calibración de la Arena de Ottawa: γ_{sand}	1.583	gr/cm ³	
Volumen del hueco (de la masa) Vm	1579.91	cm ³	
3. CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente N°	20	104	
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	136.93	125.31	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	127.08	117.36	
Peso del recipiente Wr	24.69	30.11	
Peso de Agua Ww	9.86	7.94	
Peso muestra seca Ws	102.39	87.26	
Contenido de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	9.63	9.10	
Promedio W%	9.36		
4. DENSIDAD HÚMEDA			
$\gamma_m = W_m / V_m$	1.881	gr/cm ³	
5. DENSIDAD SECA			
$\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1.720	gr/cm ³	
6. DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR			
Densidad Max Proctor γ_d	1.735	gr/cm ³	
Porcentaje de Compactación Exigido MTOP %	95%		
Porcentaje de Compactación Alcanzado %	99.1		

Anexo C.18 Humedad Natural



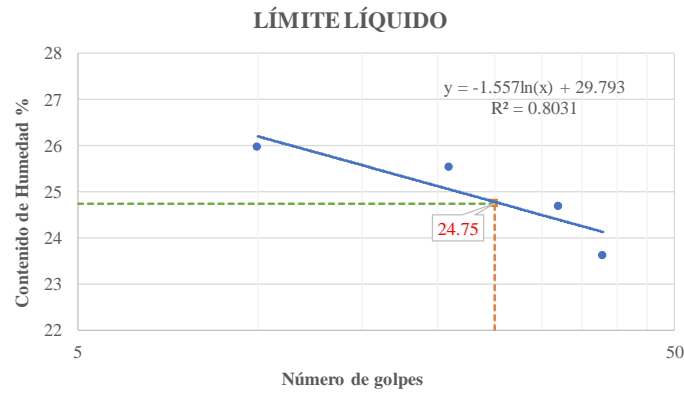
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
ABSCISA:	9+930
NORMAS:	ASTM D 2216
FECHA:	6 de agosto de 2022
MUESTRA:	3
CAPA:	Subrasante
ENSAYO HUMEDAD NATURAL	
Recipiente N°	20 104 42 88A
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	136.93 125.31 139.67 124.31
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	127.08 117.36 130.33 116.07
Peso del recipiente Wr	24.69 30.11 24.80 30.55
Peso de Agua Ww	9.86 7.94 9.34 8.24
Peso muestra seca Ws	102.39 87.26 105.53 85.52
Contenido de humedad $w\% = 100 \cdot (Ww/Ws)$	9.63 9.10 8.85 9.64
Promedio W%	9.31

MUESTRA 4



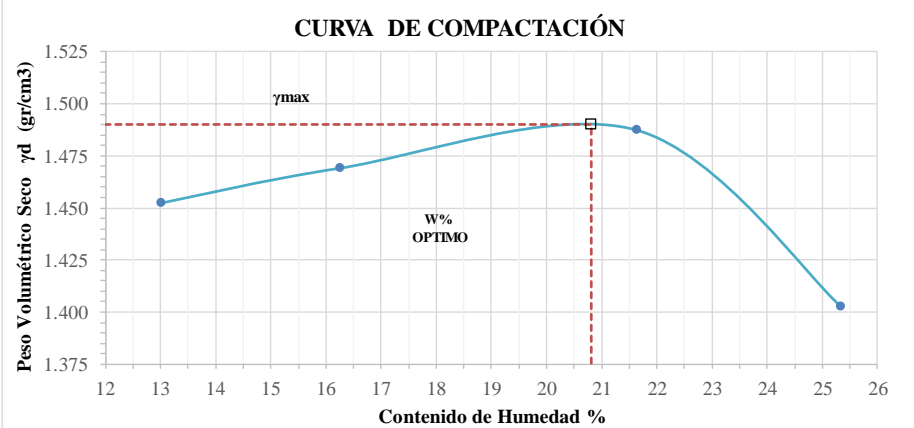
Anexo C.19 Análisis Granulométrico





Anexo C.20 Límites de Atterberg

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO:	ELABORACION DE UN PROCESO DE CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	06 de julio de 2022					
ABSCISA:	11+080	MUESTRA:	4					
NORMAS:	AASHTO T-90, ASTM D 4318	CAPA:	Subrasante					
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	74	65	14A	2	47	8	17	10
Peso muestra húmeda + rec (gr)	26.00	25.34	27.12	25.18	21.22	23.76	22.57	25.35
Peso muestra seca + rec (gr)	23.22	22.58	23.95	22.36	19.14	21.24	20.26	22.40
Peso recipiente (gr)	11.52	10.86	11.10	10.92	10.97	11.39	11.41	10.98
Peso agua (gr) Ww	2.77	2.76	3.17	2.82	2.08	2.53	2.31	2.95
Peso sólidos (gr) Ws	11.71	11.72	12.84	11.44	8.17	9.85	8.85	11.42
Contenido de humedad (w%)	23.68	23.55	24.70	24.67	25.39	25.67	26.06	25.86
Promedio de (w%)	23.62		24.68		25.53		25.96	
Número de golpes	38		32		21		10	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)								24.75
								
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente	3AL	15	3	P5	P6	10		
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11.13	11.39	11.38	11.54	11.62	11.51		
Peso muestra seca + rec (gr)	11.05	11.27	11.26	11.42	11.47	11.39		
Peso recipiente (gr)	10.66	10.66	10.64	10.76	10.75	10.74		
Peso agua (gr) Ww	0.08	0.13	0.12	0.12	0.15	0.13		
Peso sólidos (gr) Ws	0.39	0.61	0.62	0.66	0.71	0.65		
Contenido de humedad (w%)	21.07	20.85	19.84	18.72	21.29	19.66		
Promedio de (w%)								20.24
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)								20.24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)								4.51

Anexo C.21 Proctor modificado Tipo B

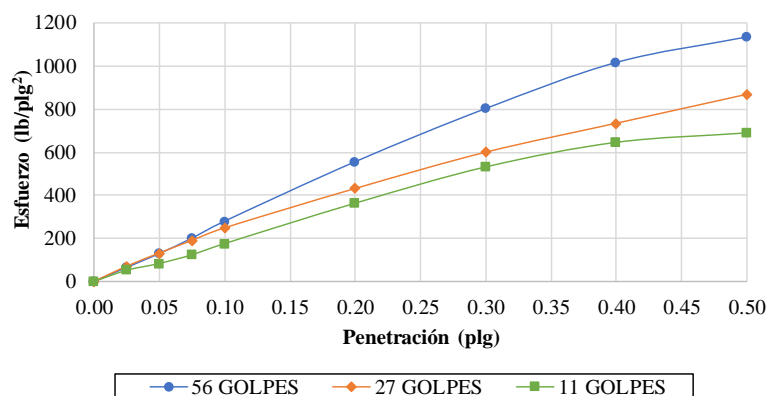
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo
FECHA:	jueves, 7 de julio de 2022
ABSCISA:	11+080
MUESTRA:	4
NORMAS:	AASHTO T-180, ASTM D-1557
CAPA:	Subrasante
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	
Número de Golpes	56
Número de Capas	5
Peso del Martillo	10 lb
Peso Inicial Deseado	7000
Peso del Molde	5826 gr
Volumen del Molde	3243.33 cm ³
Altura de Caída	18"
Peso del Molde	7000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo Numero	1 2 3 4
Humedad inicial añadida en %	2 4 9 14
P. molde+Suelo húmedo (gr)	11149 11365 11693 11528
Peso suelo humedo Wm (gr)	5323 5539 5867 5702
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1.641 1.708 1.809 1.758
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD	
Recipiente N°	1 2 3 4 5 6 7 8
Peso del recipiente W _r	31.53 32.45 30.71 30.09 31.19 31.15 26.12 24.85
Rec+suelo humedo W _r +W _m	126.23 133.34 106.26 111.87 125.85 133.51 126.01 116.27
Rec+suelo seco W _s + W _m	115.50 121.54 95.69 100.43 108.96 115.35 105.45 98.12
Peso solidos W _s	83.97 89.09 64.98 70.34 77.77 84.21 79.34 73.27
Peso del agua W _w	10.73 11.81 10.57 11.44 16.88 18.16 20.56 18.16
Cont. Humedad ω %	12.78 13.25 16.26 16.26 21.71 21.56 25.91 24.78
Cont. Humedad promedio ω %	13.01 16.26 21.64 25.35
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.452 1.469 1.487 1.403
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA	
<p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>  <p style="text-align: center;">Densidad Seca Maxima 1.490 gr/cm³ Humedad Óptima 20.80 %</p>	

Anexo C.22 Ensayo de soporte de california (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	5 de agosto de 2022			
ABSCISA:	11+080	MUESTRA:	4			
NORMAS:	ASTM D 1883	CAPA:	Subrasante			
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)						
DATOS DE MOLDEO						
Contenido de Humedad Óptima (%):		20.80				
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	11269	11801	11802			
Masa Molde (gr)	7651	8268	8430			
Masa Muestra Humeda (gr)	3618	3533	3372			
Volumen Muestra (cm ³)	1992.37	1992.37	1992.37			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.816	1.773	1.692			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	85	83	10p	81	8	92
P. Hum. + Recipiente	105.00	135.15	173.36	146.80	164.78	164.38
P. Seco + Recipiente	92.39	117.40	149.64	127.21	142.28	141.44
Peso Recipiente	30.69	30.86	32.62	30.27	31.64	33.15
Peso Agua	12.61	17.75	23.72	19.59	22.50	22.95
Peso de Sólidos	61.70	86.54	117.02	96.93	110.64	108.28
Contenido Humedad %	20.44	20.52	20.27	20.21	20.34	21.19
Con. Hum. Prom. %	20.48		20.24		20.76	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.507		1.475		1.401	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11456		12126		12205	
Masa Molde (gr)	7651		8268		8430	
Masa Muestra Humeda (gr)	3805		3858		3775	
Masa Agua Absorbida	187		325		403	
% Agua Absorbida	5.17%		9.20%		11.95%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	85	83	79F	61	8	92
P. Hum. + Recipiente	135.79	137.45	153.43	139.15	170.64	176.44
P. Seco + Recipiente	116.17	118.98	132.65	119.08	141.64	150.12
Peso Recipiente	30.69	30.86	30.91	30.16	31.64	33.15
Peso Agua	19.62	18.47	20.78	20.07	29.00	26.32
Peso de Sólidos	85.48	88.12	101.74	88.92	110.00	116.97
Contenido Humedad %	22.96	20.96	20.42	22.57	26.36	22.50
Con. Hum. Prom. %	21.96		21.50		24.43	
DATOS DE ESPONJAMIENTO						
FECHA		TIEMPO		LECTURAS DIAL (plg *10-2)		
DIA Y MES	HORA	DIAS	HORAS	56 Golpes	27 Golpes	11 Golpes
15-ago-22	13:00	0	0	0.0	0.0	0.0
16-ago-22	13:00	1	24	0.0	0.0	1.0
17-ago-22	17:30	2	48	0.0	0.0	1.0
18-ago-22	12:15	3	72	0.0	0.0	1.0
Altura de la muestra (plg)				5.0	5.0	5.0
Esponjamiento lineal absoluto (pulg *10-2)				0.0	0.0	1.0
Esponjamiento lineal relativo (%)				0.00	0.00	0.20

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	196.3	65.4	213.5	71.2	156.3	52.1
0.050	387.3	129.1	396.8	132.3	251.9	84.0
0.075	602.2	200.7	573.6	191.2	373.3	124.4
0.100	837.3	279.1	748.3	249.4	529.2	176.4
0.200	1663.9	554.6	1296.8	432.3	1093.8	364.6
0.300	2402.8	800.9	1803.3	601.1	1600.5	533.5
0.400	3043.3	1014.4	2206.9	735.6	1943.8	647.9
0.500	3397.3	1132.4	2610.3	870.1	2075.6	691.9

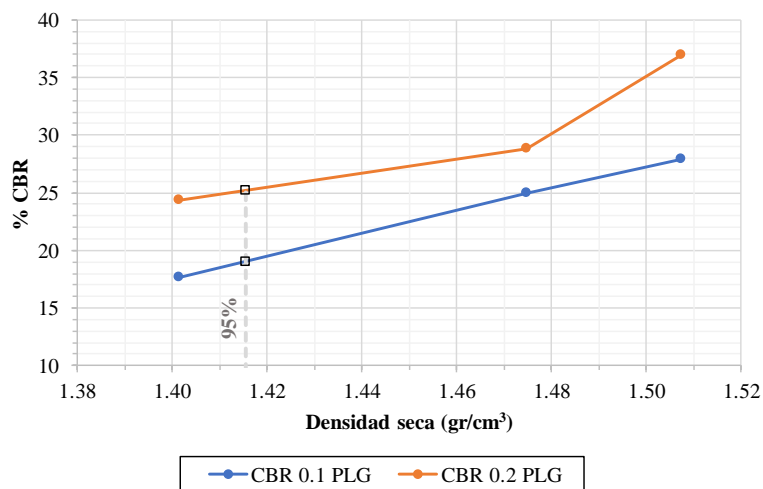
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)



MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	279.10	27.91	1.507	554.63	36.98	1.507
2	249.43	24.94	1.475	432.27	28.82	1.475
3	176.40	17.64	1.401	364.60	24.31	1.401

% CBR vs. DENSIDAD SECA





DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1.490	1.416	19.0	25.2

Anexo C.23 Densidad de campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo	FECHA:	6 de agosto de 2022
ABSCISA:	11+080	MUESTRA:	4
NORMAS:	ASTM D 1556	CAPA:	Subrasante
ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO			
MÉTODO CONO Y ARENA			
1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente	2428.00	gr	
Peso del recipiente (funda plástica)	2.50	gr	
Peso de la masa del suelo Wm	2425.50	gr	
2. VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO			
Lectura inicial frasco + cono + Arena	7120.00	gr	
Lectura final frasco + cono + Arena	3076.00	gr	
Peso de la arena en el cono Wm	1591.00	gr	
Peso de la arena en el hueco Wcono	2453.00	gr	
Calibración de la Arena de Ottawa: γ_{sand}	1.583	gr/cm ³	
Volumen del hueco (de la masa) Vm	1549.59	cm ³	
3. CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente N°	H3-3cn	88	
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	155.63	163.72	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	146.76	154.19	
Peso del recipiente Wr	31.95	32.61	
Peso de Agua Ww	8.87	9.53	
Peso muestra seca Ws	114.81	121.58	
Contenido de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	7.73	7.84	
Promedio W%	7.78		
4. DENSIDAD HÚMEDA			
$\gamma_m = W_m / V_m$	1.565	gr/cm ³	
5. DENSIDAD SECA			
$\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1.452	gr/cm ³	
6. DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR			
Densidad Max Proctor γ_d	1.490	gr/cm ³	
Porcentaje de Compactación Exigido MTOP %	95%		
Porcentaje de Compactación Alcanzado %	97.5		



Anexo C.24 Humedad Natural

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo			
FECHA:	6 de agosto de 2022			
ABSCISA:	11+080			
MUESTRA:	4			
NORMAS:	ASTM D 2216			
CAPA:	Subrasante			
ENSAYO HUMEDAD NATURAL				
Recipiente N°	H3-3cn	88	103	14
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	155.63	163.72	163.32	138.10
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	146.76	154.19	153.10	129.88
Peso del recipiente Wr	31.95	32.61	30.77	26.65
Peso de Agua Ww	8.87	9.53	10.22	8.22
Peso muestra seca Ws	114.81	121.58	122.33	103.23
Contenido de humedad w%= 100*(Ww/Ws)	7.73	7.84	8.36	7.96
Promedio W%	7.97			

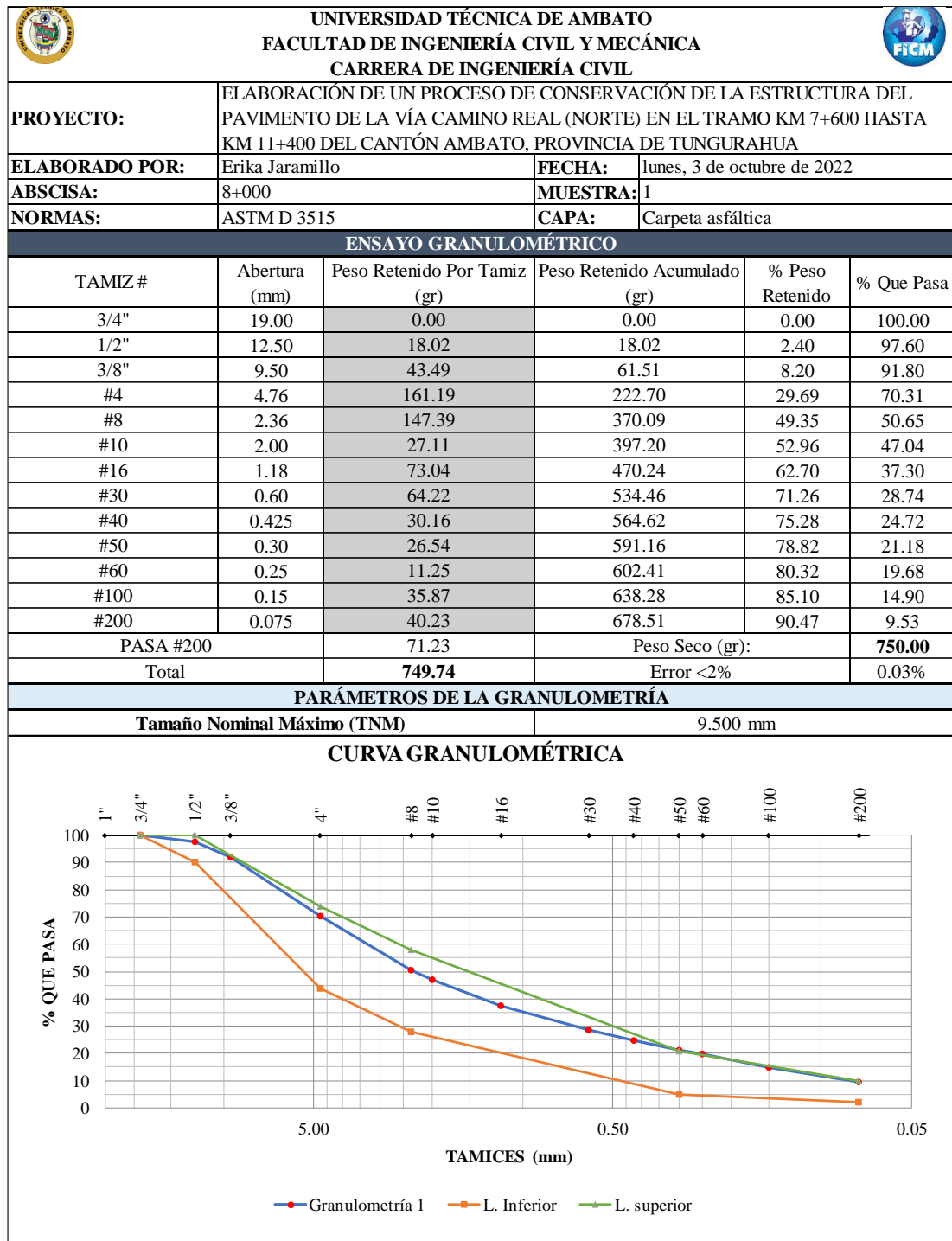
ANEXO D
ESTUDIO DE LA CARPETA
ASFÁLTICA

- Extracción de asfalto
- Granulometría de los agregados

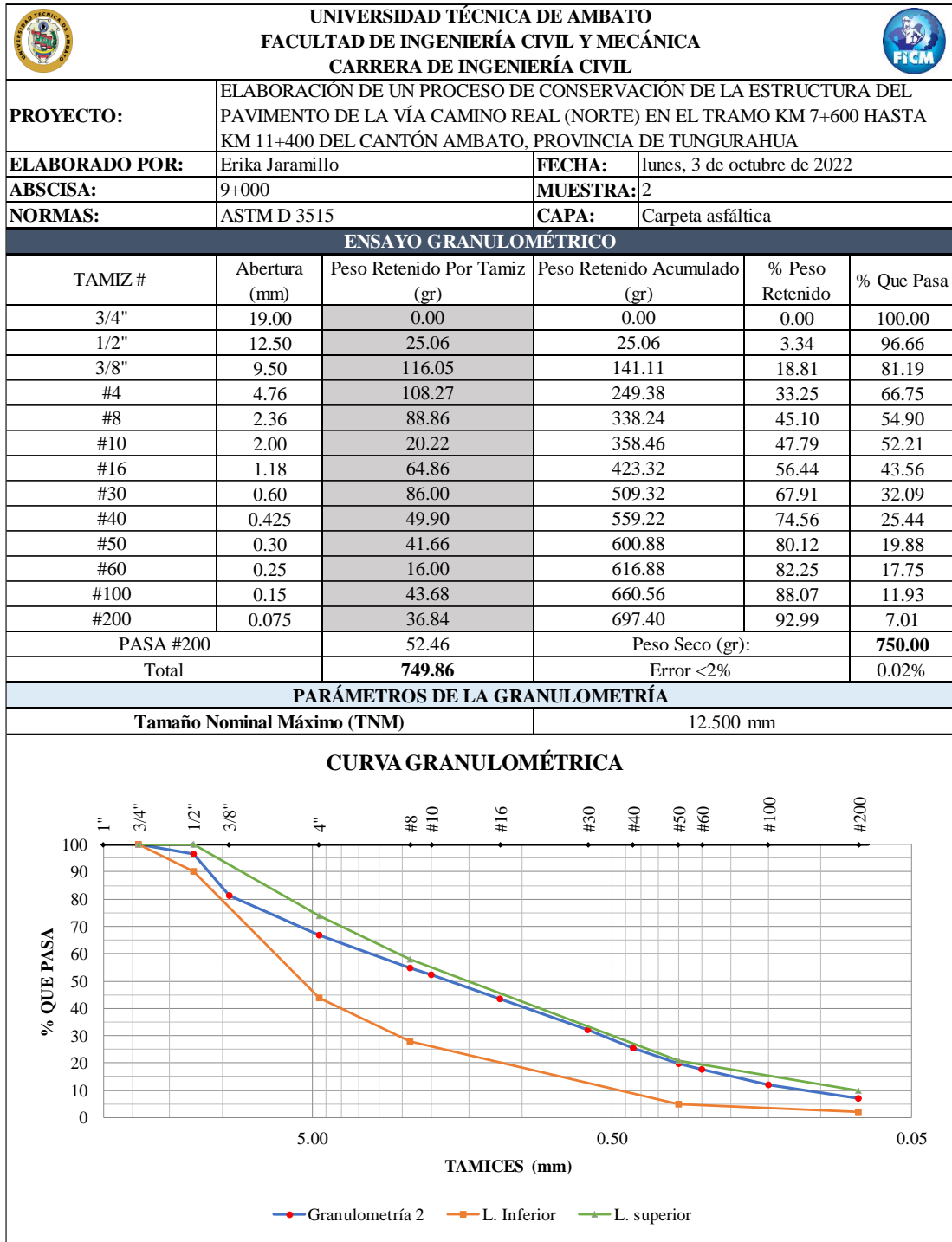
Anexo D.1 Resultados de Extracción de muestras de asfalto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
ELABORADO POR:	Erika Jaramillo			FECHA:	26 de septiembre de 2022			
NORMAS:	ASTM D-2172			CAPA:	Carpeta Asfáltica			
ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO								
Muestra	1		2		3		4	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
W muestra inicial (gr)	500.00	500.00	600.00	600.00	600.00	650.00	600.00	600.00
W muestra final (gr)	474.50	471.75	565.95	564.90	571.85	619.54	575.61	577.94
W filtro inicial (gr)	21.67	21.40	22.98	22.52	23.59	23.92	23.82	24.66
W filtro final (gr)	22.52	21.67	23.92	22.97	23.82	24.08	25.02	25.41
W asfalto (gr)	26.35	28.52	34.99	35.55	28.38	30.61	25.59	22.81
Contenido de asfalto (%)	5.27	5.70	5.83	5.92	4.73	4.71	4.26	3.80
Promedio de % asfalto	5.49		5.88		4.72		4.03	

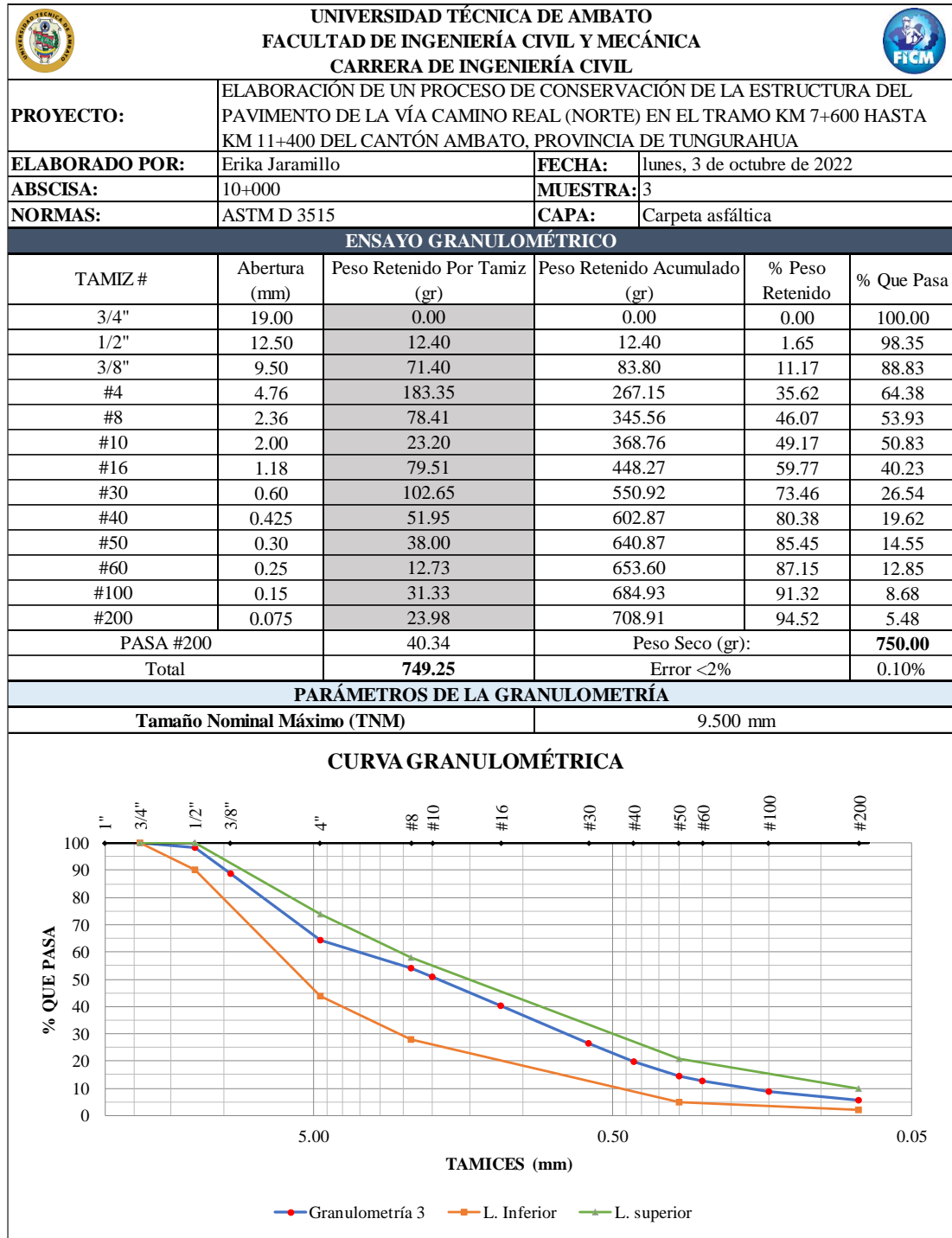
Anexo D.2 Análisis granulométrico – Muestra 1



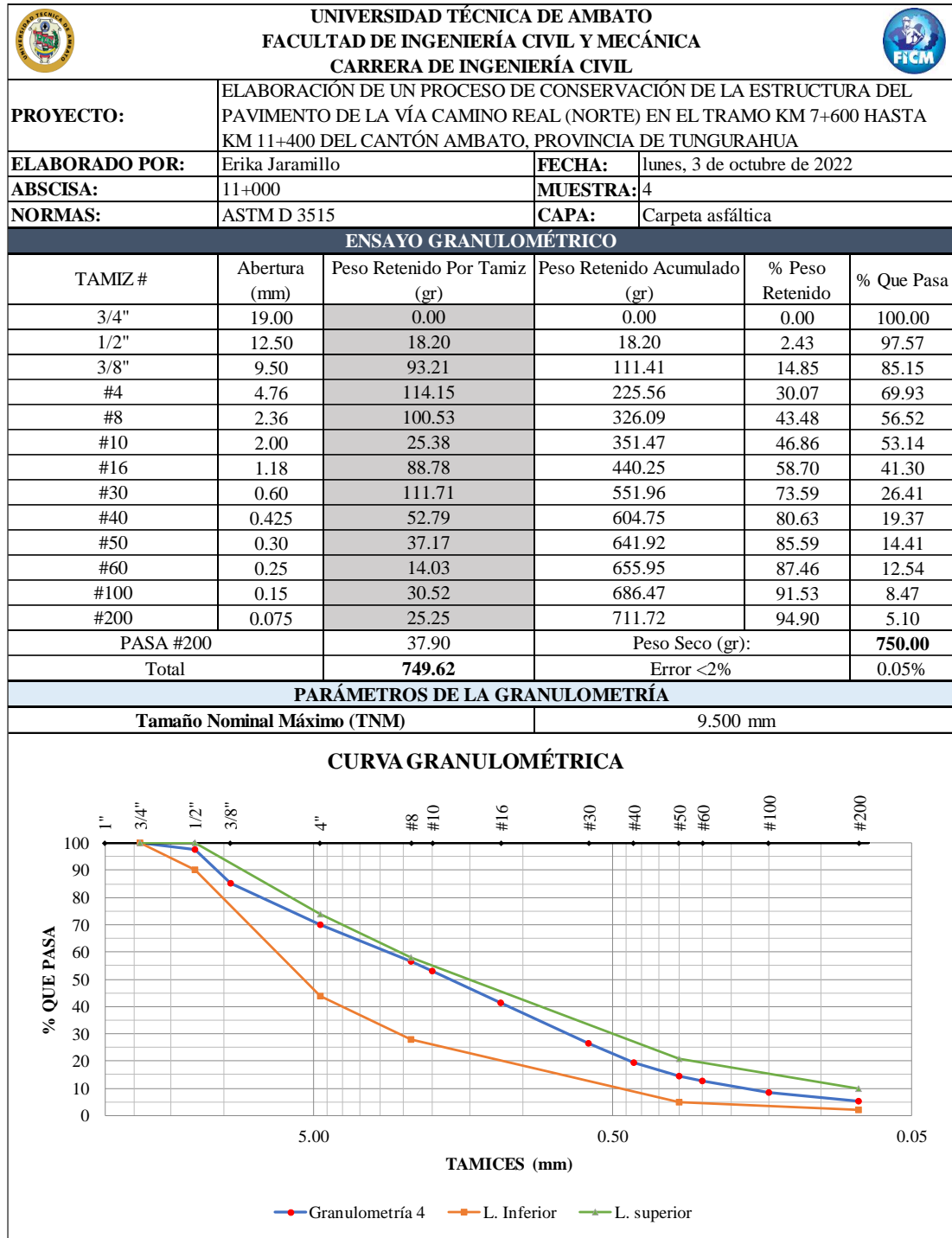
Anexo D.3 Análisis granulométrico – Muestra 2



Anexo D.4 Análisis granulométrico – Muestra 3



Anexo D.5 Análisis granulométrico – Muestra 4



ANEXO E
ARCHIVO FOTOGRÁFICO

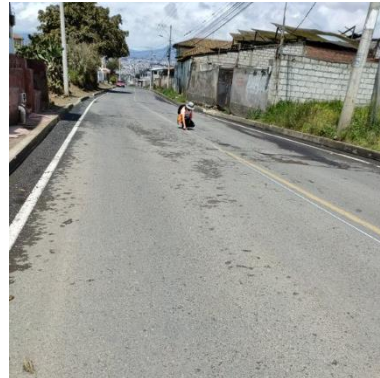


PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

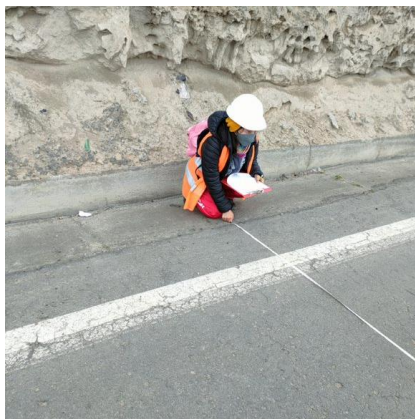
ANEXO E.1: Levantamiento topográfico



FOTOGRAFÍA 1: GPS para levantamiento marca GARMIN modelo Oregon 650.



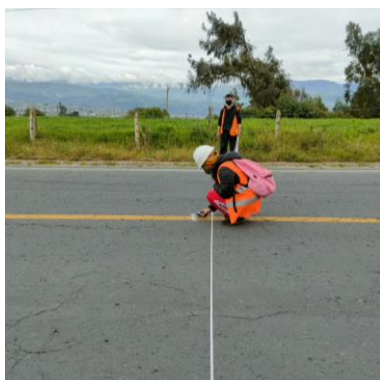
FOTOGRAFÍA 2: Medición vertical en sitio con cinta.



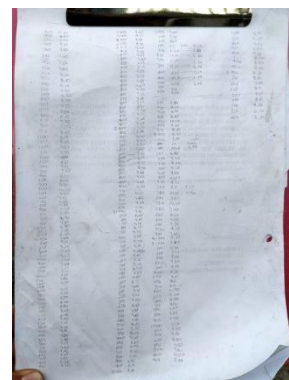
FOTOGRAFÍA 3: Medición horizontal en sitio con cinta.



FOTOGRAFÍA 4: Abscisado de vía



FOTOGRAFÍA 5: Toma de puntos georreferenciados para el abscisado



FOTOGRAFÍA 6: Hoja de campo con los datos de las abscisas.



PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ANEXO E.2: Calicatas y ensayo de densidad de campo



FOTOGRAFÍA 1: Delimitación de área para la calicata (1m x 1m)



FOTOGRAFÍA 2: Retiro de capa vegetal de la zona para la toma de muestras.



FOTOGRAFÍA 3: Excavación completa de la calicata y toma de muestras.



FOTOGRAFÍA 4: Ensayo de densidad de campo (método de cono y arena)



FOTOGRAFÍA 5: Extracción de muestra para ensayo de cono y arena.



FOTOGRAFÍA 6: Final del ensayo de densidad de campo.



PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ANEXO E.3: Ensayos de suelos en laboratorio



FOTOGRAFÍA 1: Ensayo de granulometría del suelo.



FOTOGRAFÍA 2: Ensayo Límite Líquido con la Copa Casagrande



FOTOGRAFÍA 3: Ensayo de límite plástico



FOTOGRAFÍA 4: Preparación de muestra para ensayo Proctor modificado



FOTOGRAFÍA 5: Preparación de diferentes capas para próctor modificado



FOTOGRAFÍA 6: Extracción de muestras de Proctor modificado.



FOTOGRAFÍA 7: Ensayo de CBR en máquina para medición de esfuerzos



FOTOGRAFÍA 8: Ensayo de CBR sumergido

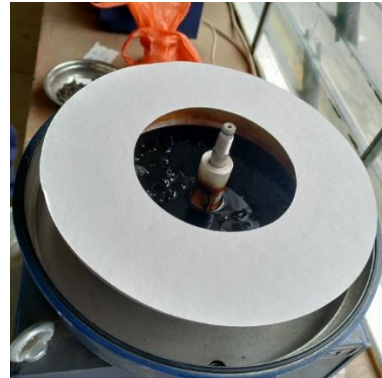


PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ANEXO E.4: Ensayos con muestras de asfalto



FOTOGRAFÍA 1: Disgregación de las muestras de asfalto



FOTOGRAFÍA 2: Colocación de la muestra y anillo filtrante en extractor centrífugo



FOTOGRAFÍA 3: Adición de gasolina a la muestra de asfalto



FOTOGRAFÍA 4: Obtención de muestra de asfalto después del ensayo



FOTOGRAFÍA 5: Muestras de agregado del asfalto para granulometría.



FOTOGRAFÍA 6: Granulometría del agregado restante.



PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

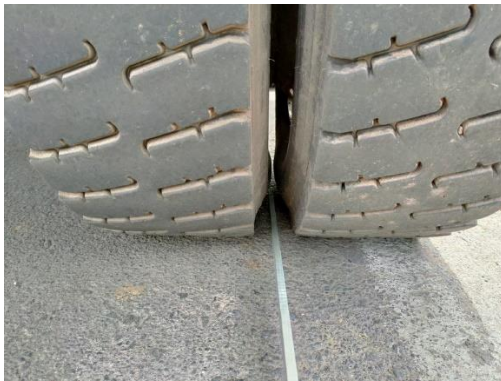
ANEXO E.5: Ensayos Viga Benkelman



FOTOGRAFÍA 1: Viga Benkelman armada.



FOTOGRAFÍA 2: Colocación de varilla en la parte trasera de la volqueta.



FOTOGRAFÍA 3: Colocación del extremo de la viga en medio de las ruedas traseras de la volqueta.



FOTOGRAFÍA 4: Señalización del punto de ensayo.



FOTOGRAFÍA 5: Ejecución del ensayo.



FOTOGRAFÍA 6: Toma de lectura del dial.



PROYECTO: ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ANEXO E.6: Identificación y medición de fallas para PCI



FOTOGRAFÍA 1: Piel de cocodrilo – Abscisa 8+100.



FOTOGRAFÍA 2: Intemperismo – Abscisa 9+100.



FOTOGRAFÍA 3: Grieta longitudinal – Abscisa 8+020



FOTOGRAFÍA 4: Parchado de la vía – Abscisa 10+450

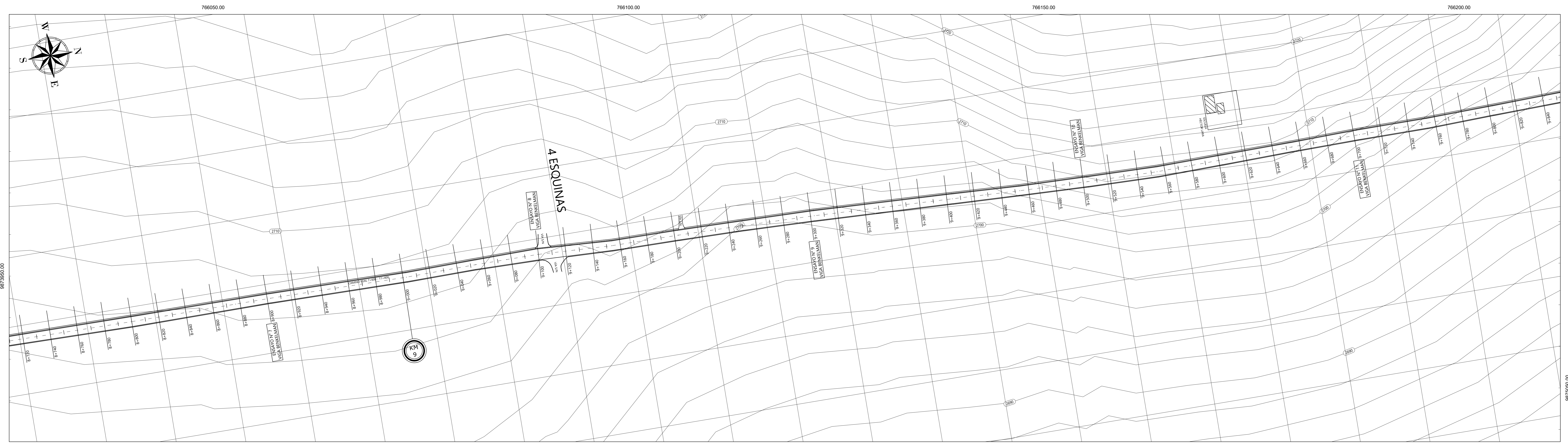
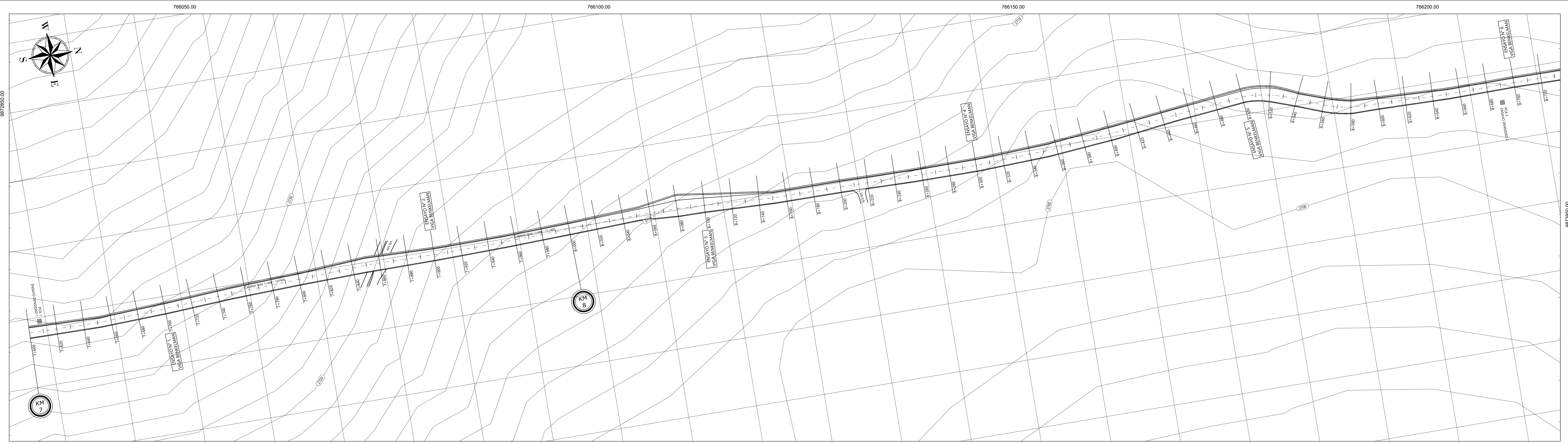


FOTOGRAFÍA 5: Bache – Abscisa 9+280



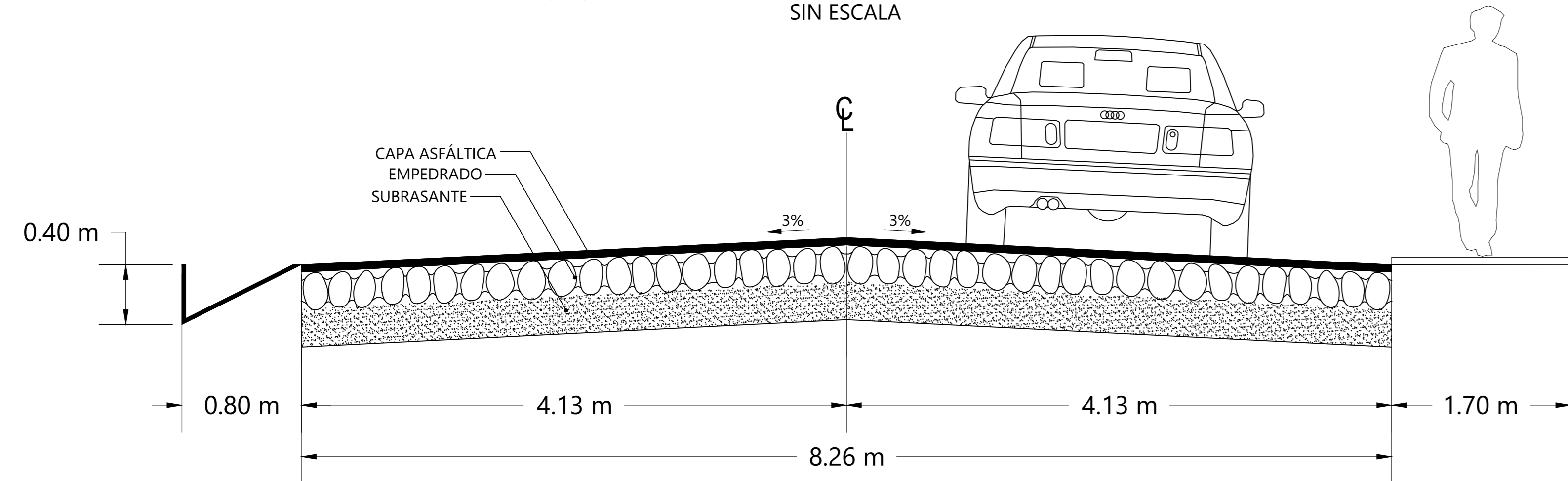
FOTOGRAFÍA 6: Agrietamiento de borde – Abscisa 8+500

ANEXO F
PLANOS DEL PROYECTO



SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



UBICACIÓN



CUADRO DE COORDENADAS UTM				
Punto Inicial y Punto Final del Tramo de Vía				
Iden.	Abscisa	Coordenadas (m)		
		Este	Norte	Altitud
PI	7+600	766259.71	987284.55	2732.80
PF	11+400	766257.19	987663.75	2690.30
Pozo a Cielo Abierto y Ensayo Densidad de Campo				
No.	Abscisa	Coordenadas		
		Este	Norte	Altitud
1	7+610	766255.79	987284.55	2738.78
2	8+690	766272.57	987392.00	2706.64
3	9+930	766265.52	9875167.70	2699.98
4	11+080	766258.32	9876310.32	2683.37



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



PROYECTO:
ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

CONTIENE:
PLANIMETRÍA DE LA VÍA EN ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE PCA, ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO Y ENSAYO VIGA BENKELMAN

ELABORADO POR:
ERIKA JARAMILLO

ESCALA:
1:1000

FECHA:
8 DE SEPTIEMBRE DE 2022

DIBUJO:
ERIKA JARAMILLO

HOJA:
1 DE 2

LONGITUD:
3800 m

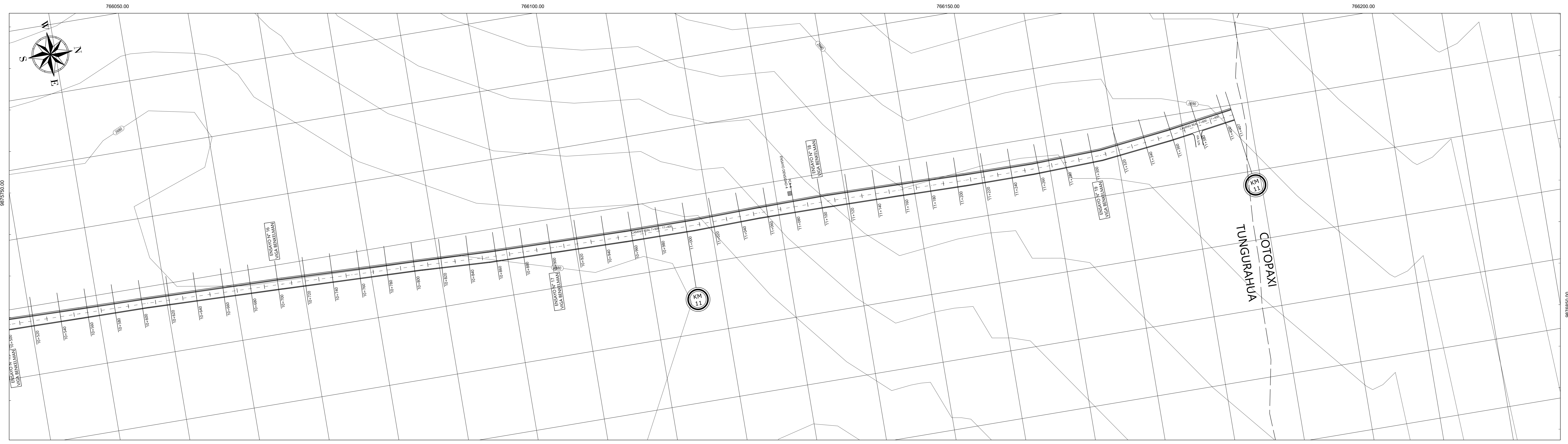
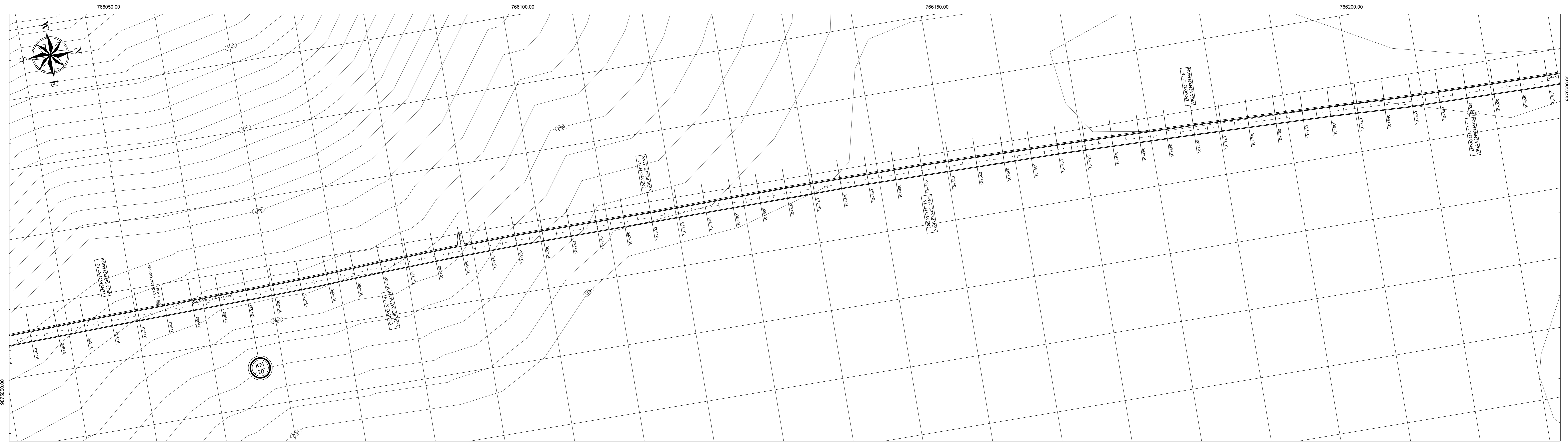
ABSCISA INICIAL:
7+600

ABSCISA FINAL:
11+400

TIPO DE PAVIMENTO:
FLEXIBLE (ASFALTO)

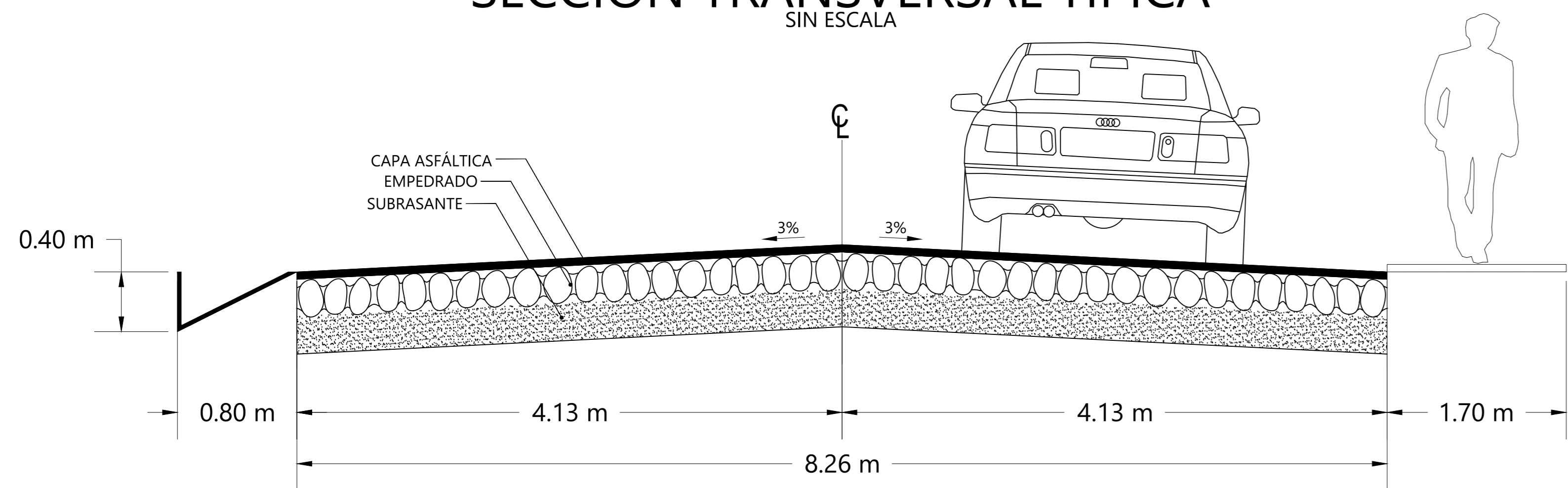
PROVINCIA:
TUNGURAHUA

REVISADO Y APROBADO:
ING. FAVO PORTILLA, MSC



SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



CUADRO DE COORDENADAS UTM				
Punto Inicial y Punto Final del Tramo de Vía				
Iden.	Abscisa	Coordenadas (m)		
		Este	Norte	Altitud
PI	7+600	766259.71	9872831.73	2732.80
PF	11+400	766257.19	9876637.75	2690.30
Pozo a Cielo Abierto y Ensayo Densidad de Campo				
No.	Abscisa	Coordenadas		
		Este	Norte	Altitud
1	7+610	766255.79	9872845.55	2738.78
2	8+690	766272.57	9873922.00	2706.64
3	9+930	766265.52	9875167.70	2699.98
4	11+080	766258.32	9876310.32	2683.37

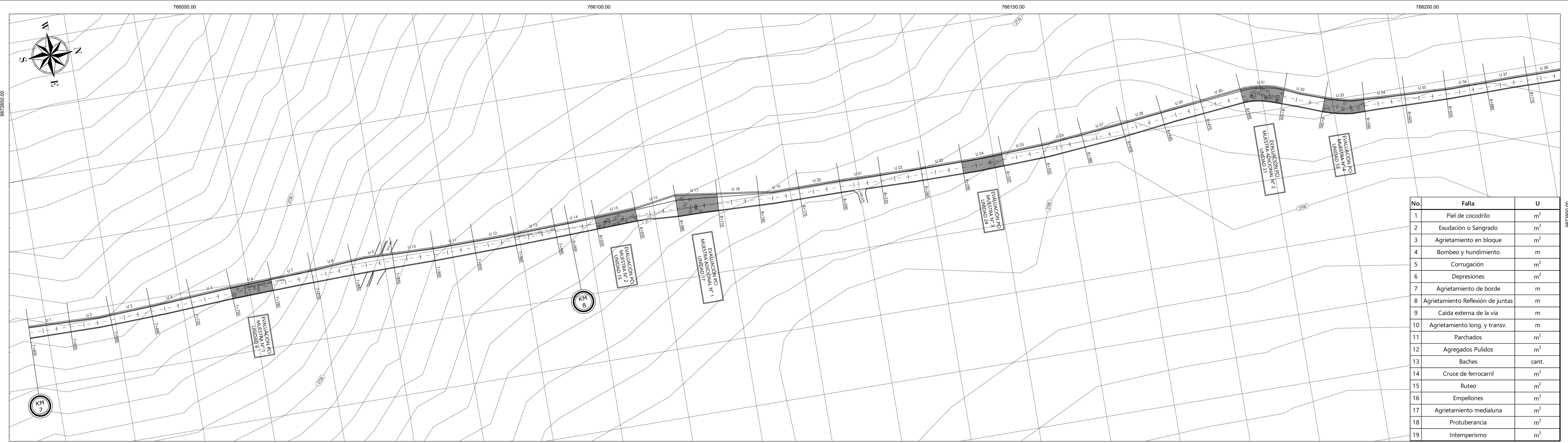
UBICACIÓN



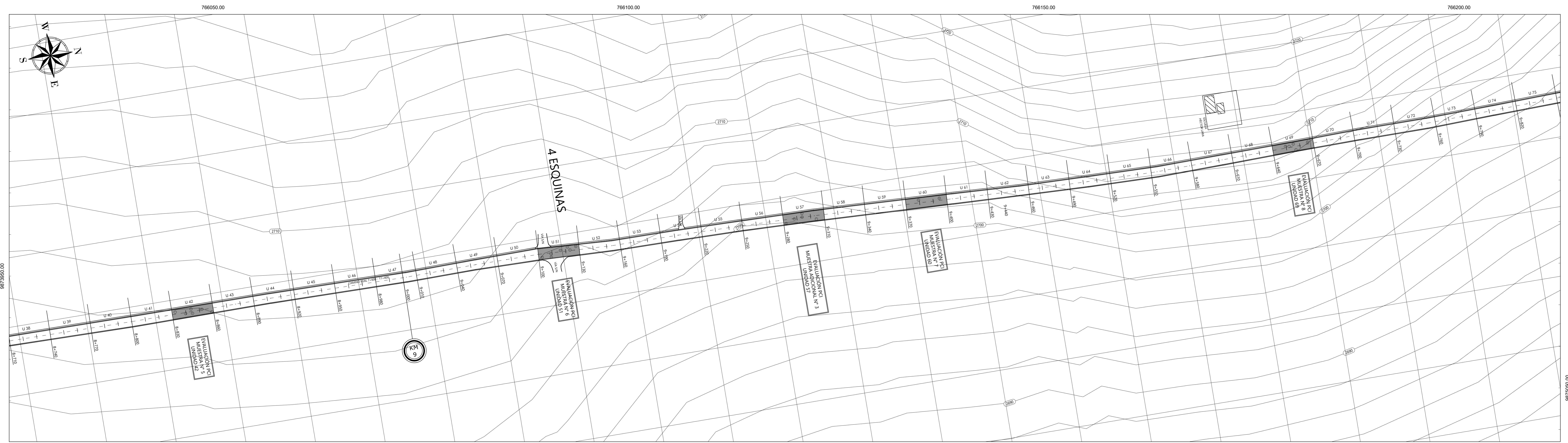
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	ESCALA:	1:1000
CONTIENE:	PLANIMETRÍA DE LA VÍA EN ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE PCA, ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO Y ENSAYO VIGA BENKELMAN	FECHA:	8 DE SEPTIEMBRE DE 2022
ELABORADO POR:	ERIKA JARAMILLO	DIBUJO:	ERIKA JARAMILLO
REVISADO Y APROBADO:	ING. FAVO PORTILLA, MSC	HOJA:	2 DE 2
LONGITUD:	3800 m	ABSCISA INICIAL:	7+600
ABSCISA FINAL:	11+400	TIPO DE PAVIMENTO:	FLEXIBLE (ASFALTO)
PROVINCIA:	TUNGURAHUA		

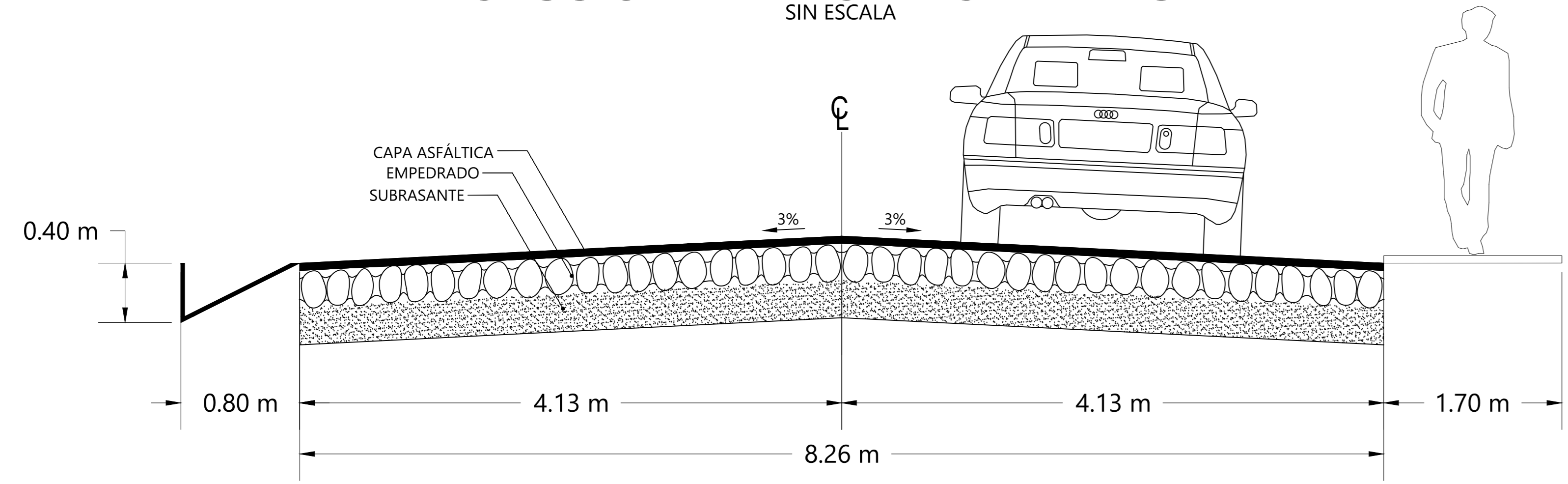


No.	Falla	U
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación o Sangrado	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Bombeo y hundimiento	m
5	Corrugación	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Agrietamiento de borde	m
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m
9	Caida externa de la vía	m
10	Agrietamiento long. y transv.	m
11	Parchados	m ²
12	Agregados Pulidos	m ²
13	Baches	cant.
14	Cruce de ferrocarril	m ²
15	Ruteo	m ²
16	Empellones	m ²
17	Agrietamiento medialuna	m ²
18	Protuberancia	m ²
19	Intemperismo	m ²



SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



CUADRO DE COORDENADAS UTM				
Punto Inicial y Punto Final del Tramo de Vía				
Iden.	Abscisa	Coordenadas (m)		
		Este	Norte	Altitud
PI	7+600	766259.71	9872831.73	2732.80
PF	11+400	766257.19	9876637.75	2690.30

UBICACIÓN





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



PROYECTO:
ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

CONTIENE:
UNIDADES DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

ESCALA: 1:1000

FECHA: 8 DE SEPTIEMBRE DE 2022

DIBUJO: ERIKA JARAMILLO

HOJA: 1 DE 2

LONGITUD: 3800 m

ABSCISA INICIAL: 7+600

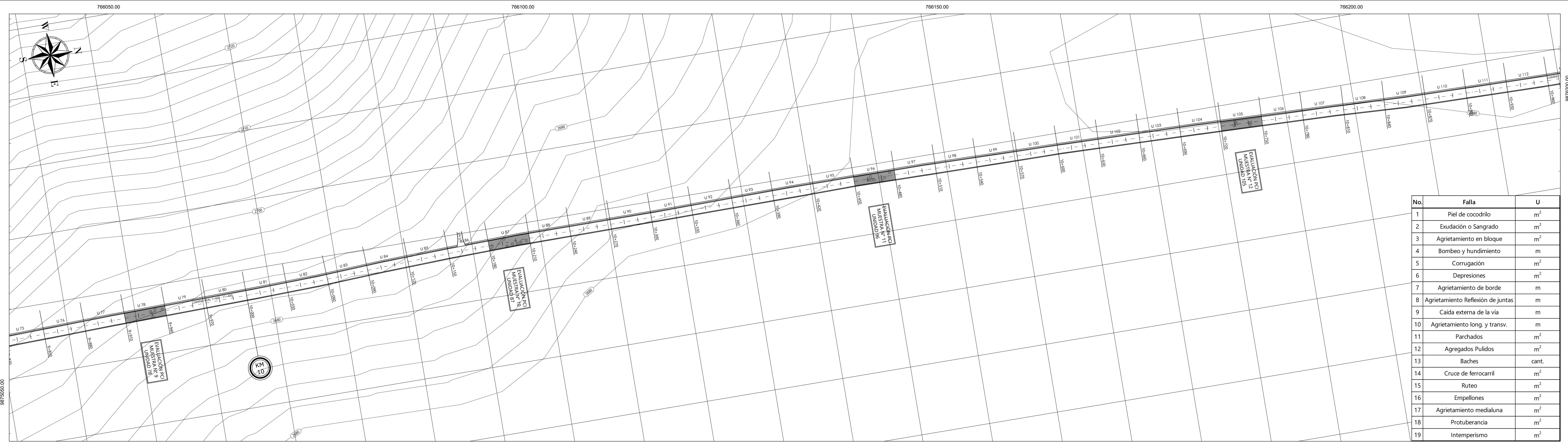
ABSCISA FINAL: 11+400

TIPO DE PAVIMENTO: FLEXIBLE (ASFALTO)

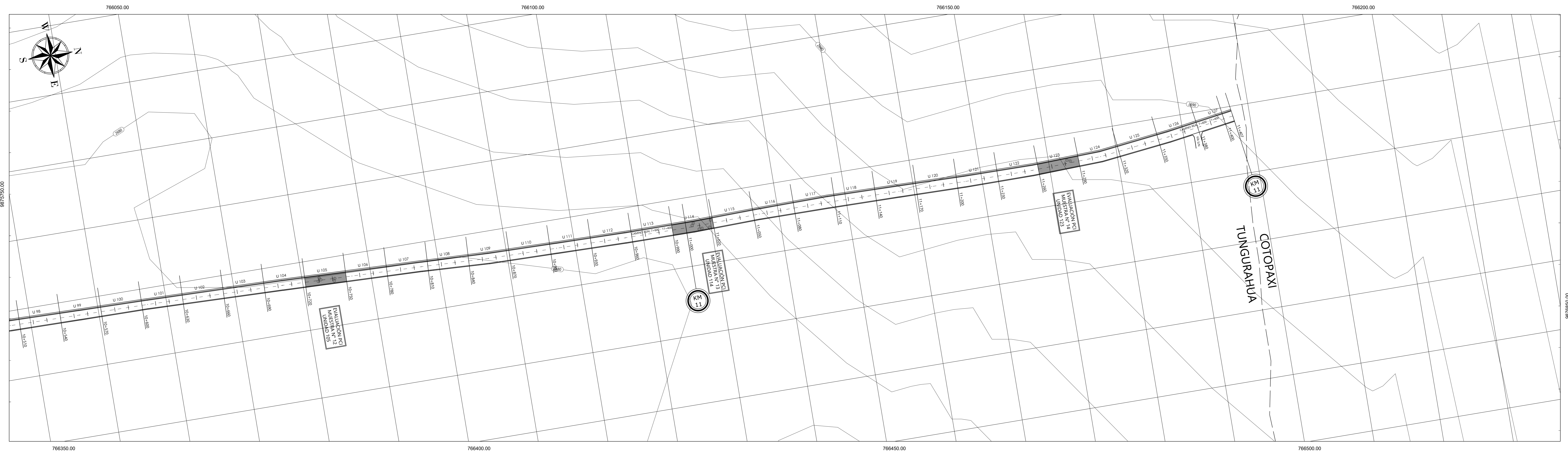
PROVINCIA: TUNGURAHUA

ELABORADO POR: ERIKA JARAMILLO

REVISADO Y APROBADO: ING. FAVO PORTILLA, MSC

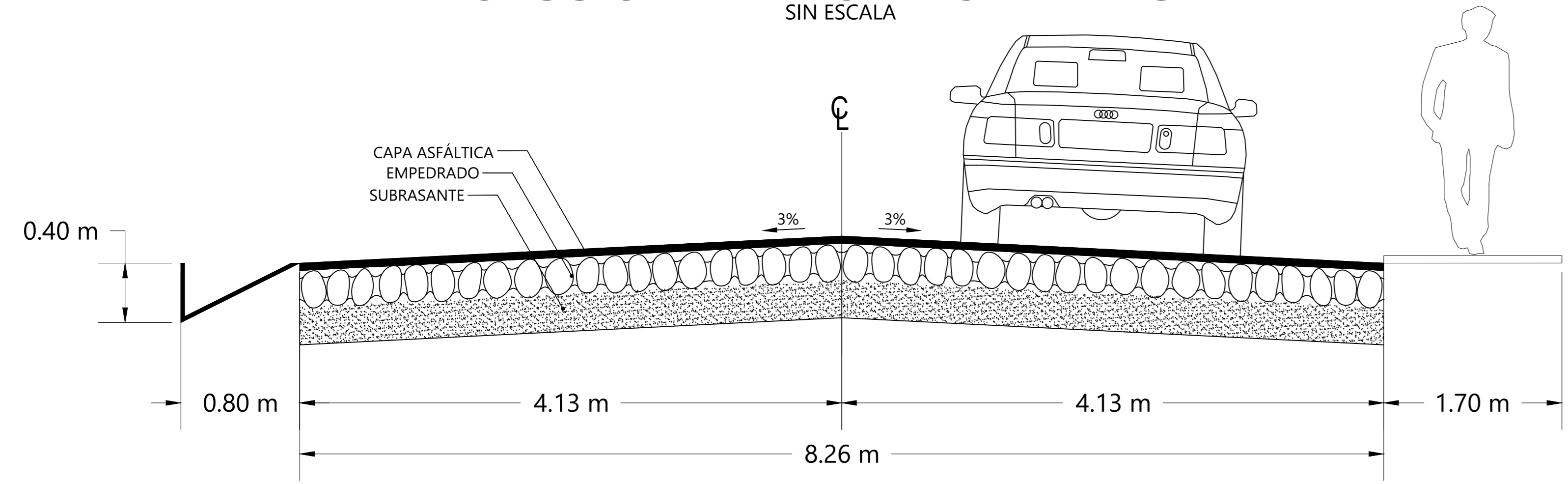


No.	Falla	U
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación o Sangrado	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Bombeo y hundimiento	m
5	Corrugación	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Agrietamiento de borde	m
8	Agrietamiento Reflexión de juntas	m
9	Calda externa de la vía	m
10	Agrietamiento long. y transv.	m
11	Parchados	m ²
12	Agregados Pulidos	m ²
13	Baches	cant.
14	Cruce de ferrocarril	m ²
15	Ruteo	m ²
16	Empellones	m ²
17	Agrietamiento medialuna	m ²
18	Protuberancia	m ²
19	Intemperismo	m ²



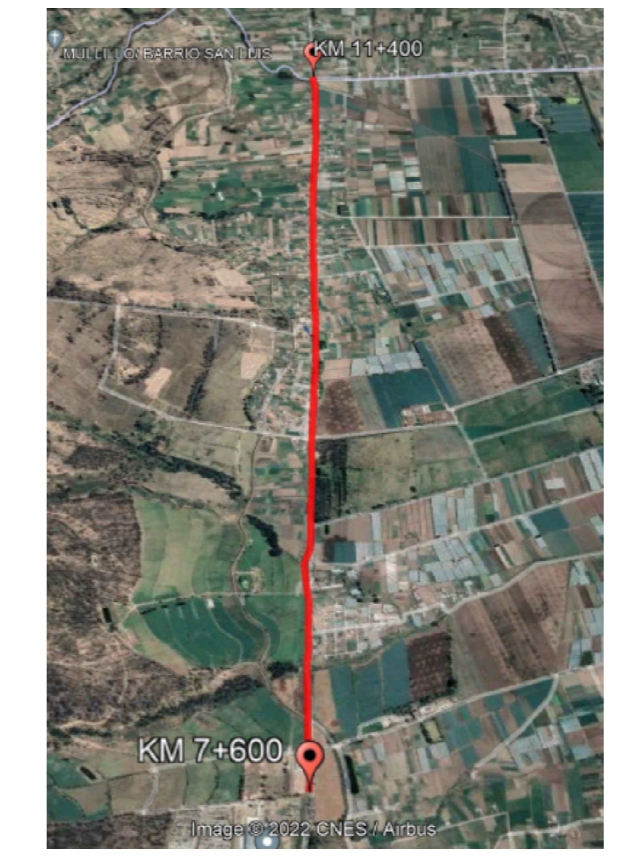
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



CUADRO DE COORDENADAS UTM				
Punto Inicial y Punto Final del Tramo de Vía				
Iden.	Abscisa	Coordenadas (m)		
		Este	Norte	Altitud
PI	7+600	766259.71	9872831.73	2732.80
PF	11+400	766257.19	9876637.75	2690.30

UBICACIÓN





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



PROYECTO:
ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 7+600 HASTA KM 11+400 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

CONTIENE:
UNIDADES DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

LONGITUD: 3800 m	ABSCISA INICIAL: 7+600	ABSCISA FINAL: 11+400	TIPO DE PAVIMENTO: FLEXIBLE (ASFALTO)	PROVINCIA: TUNGURAHUA
---------------------	---------------------------	--------------------------	--	--------------------------

ELABORADO POR: ERIKA JARAMILLO REVISADO Y APROBADO: ING. FAVO PORTILLA, MSC