



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

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

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA
ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL
SECTOR HUACHI GRANDE –MONTALVO EN EL TRAMO DE LA
ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE
TUNGURAHUA.”**

Autor: Andrés Benjamín Pérez Salinas

Tutor: Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D.

AMBATO – ECUADOR

Junio – 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE –MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Andrés Benjamín Pérez Salinas, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804813135, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

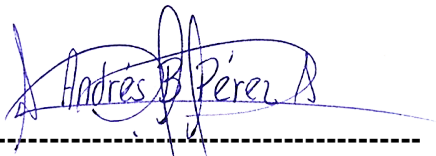
Ambato, Junio 2022

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez. Ph.D.
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Andrés Benjamín Pérez Salinas**, con C.I. 1804813135 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema, **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE –MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2022



Andrés Benjamín Pérez Salinas

C.I. 1804813135

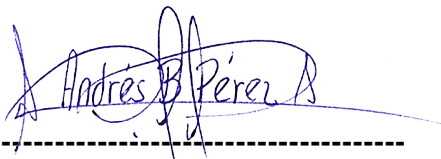
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Junio 2022



Andrés Benjamín Pérez Salinas

C.I. 1804813135

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Andrés Benjamín Pérez Salinas de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE –MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Junio 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Byron Genaro Cañizares Proaño.
Miembro Calificador

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda.
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Lleno de satisfacción dedico este proyecto de titulación a Dios primeramente por darme la dicha de haber llegado a la culminación de este proceso, brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante, guiarme por el sendero correcto a pesar de todas las adversidades y sabiduría para afrontar las situaciones difíciles durante el transcurso de mi vida.

A mi padre Celio Benjamín Pérez Villacis por todo el apoyo de mi etapa estudiantil pilar fundamental para la culminación de este propósito, que no hubiese sido posible sin sus consejos y enseñanzas, en especial su ayuda en la medición de la vía de mi tesis, pequeños actos que lo recordare toda mi vida.

A mi madre María lucía Salinas Salinas, por ser la persona más importante en mi vida, la persona que me ha acompañado durante toda mi existencia y ha velado por mí en este camino para convertirme en un profesional.

A mis hermanas Marco, Karina, Christian que son la motivación, ejemplo a seguir avanzando y siempre estuvieron dispuestos a ayudarme.

A mis sobrinos Doménica, Sebastián, Melanie, Alison, Valeria, Valentina (+) y Alejandro que son parte esencial de mi vida.

A mis Cuñados, familiares y amigos que me brindaron palabras de apoyo y me extendieron la mano, gracias por el cariño y apoyo.

Andrés Pérez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a DIOS, que con su bendición llena siempre mi vida y de toda mi familia. Gracias a mis padres por haberme forjado como persona y ser la motivación de mi vida. Quienes me han apoyado para conseguir esta meta. Les agradeceré toda mi vida por todo lo que han hecho por mí.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO y a la FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA, que a través de sus docentes inculcaron enseñanzas no solo académicas, sino también morales que permitieron enaltecendo mi formación profesional.

A mi tutor Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez PhD por sus conocimientos impartidos durante el proceso del desarrollo para la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

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 IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	2
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
PAVIMENTO	4
TIPOS DE PAVIMENTOS	4
CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ...	5
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	6
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES	8
FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS	22
CAUSAS DE LA PRESENCIA DE FALLAS	23
CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	23
MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL.....	25

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	29
TRÁFICO VEHICULAR	30
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	32
LÍMITES ATTERBERG O LÍMITES DE CONSISTENCIA.....	33
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	34
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO	36
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR.....	38
DEFLEXIONES – VIGA BENKELMAN	39
1.2 OBJETIVOS:	41
1.2.1 Objetivo General.....	41
1.2.2 Objetivos Específicos	41
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.	42
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	42
TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
POBLACIÓN.....	43
MUESTRA.....	43
2.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	43
2.2 MÉTODOS	46
ENSAYOS DE LABORATORIO	46
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	46
LÍMITES ATTERBERG	46
PROCTOR MODIFICADO.....	48
RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA – CBR	49
ENSAYO DE CAMPO	51
MEDICIONES DE DEFLEXIONES - VIGA BENKELMAN	51
2.2.1 Plan de recolección de datos.....	52
2.2.2 Plan de procesamiento y análisis de información	53
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54

3.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	54
3.1.1	Recolección de datos.....	54
3.1.2.	Zona de estudio	54
3.1.3.	Levantamiento georreferenciado (Sistema WGS 84)	55
3.1.4.	Análisis e interpretación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	55
3.1.4.1.	Conteo Vehicular	55
3.1.4.2.	Cálculos.....	56
3.1.5.	Análisis e interpretación de los resultados del Índice de Condición del Pavimento PCI	65
3.1.5.1.	Cálculos.....	65
3.1.6.	Análisis e interpretación de los resultados del Ensayo de Deflexiones con la viga Benkelman.....	69
3.1.6.1.	Cálculos.....	70
3.1.6.2.	Interpretación de los resultados de las deflexiones de la vía en estudio	77
3.1.7.	Análisis e interpretación de resultados de los ensayos de laboratorio	79
3.1.7.1.	Cuadro resumen de ensayos de limites Atterberg y Análisis Granulométrico	80
3.1.7.2.	Clasificación de las muestras de suelo	81
3.1.8.	Análisis e interpretación de resultados del Proctor Modificado Tipo B	82
3.1.9.	Análisis e interpretación de resultados del ensayo de Relación de Soporte de California – CBR	82
3.1.10.	Conservación y mantenimiento vial.....	83
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
4.1	CONCLUSIONES	87
4.2	RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA		89

ANEXOS	94
ANEXO A: Ubicación del tramo en estudio.....	94
ANEXO B. Ficha de registro del conteo vehicular.....	97
ANEXO C. Ficha de análisis de los valores PCI.....	105
ANEXO D. Estudios de suelo.....	134
ANEXO E. Archivo Fotográfico.....	155
ANEXO F. Planos.....	162

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen N° 1: Pavimento Flexible</i>	4
<i>Imagen N° 2: Pavimento Rígido</i>	5
<i>Imagen N° 3: Distribución de cargas en el Pavimento Flexible</i>	6
<i>Imagen N° 4: Detalle de la estructura del pavimento flexible</i>	6
<i>Imagen N° 5: Piel de cocodrilo</i>	9
<i>Imagen N° 6: Fisura por bloque</i>	9
<i>Imagen N° 7: Fisura parabólica</i>	10
<i>Imagen N° 8: Fisura de borde</i>	11
<i>Imagen N° 9: Fisura por reflexión de junta</i>	11
<i>Imagen N° 10: Fisura longitudinal y transversal</i>	12
<i>Imagen N° 11: Ahuellamiento</i>	13
<i>Imagen N° 12: Corrugación</i>	14
<i>Imagen N° 13: Abultamiento y hundimiento</i>	14
<i>Imagen N° 14: Hinchamiento</i>	15
<i>Imagen N° 15: Depresión</i>	16
<i>Imagen N° 16: Bache</i>	16
<i>Imagen N° 17: Desintegración de bordes</i>	17
<i>Imagen N° 18: Perdida de agregado</i>	18
<i>Imagen N° 19: Desgaste superficial</i>	18
<i>Imagen N° 20: Bache</i>	19
<i>Imagen N° 21: Surcos</i>	20
<i>Imagen N° 22: Separación de la berma</i>	20
<i>Imagen N° 23: Afloramiento de finos</i>	21
<i>Imagen N° 24: Afloramiento de agua</i>	21
<i>Imagen N° 25: Equipo de compactación</i>	37
<i>Imagen N° 26: Esquema y principio de operación de la viga Benkelman</i>	40
<i>Imagen N° 27: Estación de conteo vehicular</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento rutinario.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 2: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento periódico.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla N° 3: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento periódico.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla N° 4: Rangos de clasificación de los valores PCI.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla N° 5: Tipos de daños en los pavimentos flexibles.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla N° 6: Clasificación de funcional de las vías en base al TPDA.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla N° 7: Tamaño de malla estándar.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla N° 8: Sistema de Clasificación de la AASHTO.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla N° 9: Clasificación del suelo con base en el CBR.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla N° 10: Materiales, equipos y normas.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla N° 11: Distancias recomendadas desde el borde del pavimento.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla N° 12: Coordenadas del Proyecto – Vía Camino Real.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 13: Coordenadas de la Estación de Conteo Manual.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla N° 14: Resumen semanal del número de vehículos por día y hora.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla N° 15: Resumen de Hora Pico.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 16: Constante k de TPDA.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla N° 17: Tránsito Existente Actual (TPDA actual).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla N° 18: Tráfico Atraído (Tat).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla N° 19: Tráfico Promedio Diario Anual Total).....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla N° 20: Índice de crecimiento vehicular.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla N° 21: Tráfico Futuro Total de la Vía Camino Real.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla N° 22: Clasificación de funcional de las vías en base al TPDA.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla N° 23: Valores de factores de daño en relación al tipo de vehículo.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla N° 24: Ejes equivalentes W_{18} del tramo en estudio.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla N° 25: Datos del tramo de vía.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla N° 26: Rangos de clasificación de los valores PCI.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla N° 27: Resumen del Análisis de los Valores PCI.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla N° 28: Lecturas de la deflexión en campo.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla N° 29: Deflexiones corregidas según la relación de brazos.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla N° 30: Deflexiones corregidas por efecto de la temperatura.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla N° 31: Factores para corrección por estacionalidad.....</i>	<i>72</i>

<i>Tabla N° 32: Deflexiones corregidas por efecto de la estacionalidad</i>	<i>72</i>
<i>Tabla N° 33: Radio de Curvatura</i>	<i>73</i>
<i>Tabla N° 34: Desviación estándar</i>	<i>74</i>
<i>Tabla N° 35: Valor de t y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$</i>	<i>75</i>
<i>Tabla N° 36: Resultado de las deflexiones y radio de curvatura</i>	<i>76</i>
<i>Tabla N° 37: Comportamiento de la estructura del pavimento según deflexión</i>	<i>77</i>
<i>Tabla N° 38: Resumen de deflexiones obtenidas con la viga Benkelman</i>	<i>78</i>
<i>Tabla N° 39: Resumen de deflexiones en los años proyectados</i>	<i>79</i>
<i>Tabla N° 40: Ubicación de los pozos a cielo abierto</i>	<i>80</i>
<i>Tabla N° 41: Límites de consistencia y análisis granulométrico de las muestras</i>	<i>80</i>
<i>Tabla N° 42: Clasificación del suelo, según el Sistema AASHTO.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla N° 43: Resultados del ensayo de compactación</i>	<i>82</i>
<i>Tabla N°44: Resultados del ensayo Relación de Soporte de California - CBR</i>	<i>82</i>
<i>Tabla N°45: Soluciones a las fallas existentes en la Vía Camino Real tramo 0+000 hasta 4+000</i>	<i>85</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N° 1: Condición de la vía sin mantenimiento.....</i>	<i>23</i>
<i>Gráfico N° 2: Condición de la vía con y sin mantenimiento</i>	<i>25</i>
<i>Gráfico N° 3: Curva de distribución granulométrica.....</i>	<i>33</i>
<i>Gráfico N° 4: Límites de consistencia</i>	<i>33</i>
<i>Gráfico N° 5: Carta de plasticidad de la AASHTO</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico N° 6: Curva de compactación y 100% de saturación</i>	<i>38</i>
<i>Gráfico N° 7: Porcentaje del TPDA_{total}, según el tipo de vehículo.....</i>	<i>60</i>
<i>Gráfico N° 8: Deflectograma de la vía Camino Real, en el año 2022</i>	<i>79</i>
<i>Gráfico N° 9: Carta de Plasticidad del Sistema AASHTO</i>	<i>81</i>

RESUMEN

Las carreteras de un país son fundamentales para su desarrollo económico, es por ello que los gobiernos actualmente han tomado conciencia en la elaboración e implementación de planes de conservación y mantenimiento vial, para que estas vías cumplan con la vida útil para la cual se diseñaron.

Para desarrollar el plan de conservación vial en el tramo desde la abscisa 0+000 hasta la 4+000 en la vía Camino Real sector Huachi Grande – Montalvo, se realizó un levantamiento topográfico, un estudio de tráfico, ensayos de laboratorio para obtener las propiedades del suelo, ensayos de campo para determinar el estado superficial, estructural del pavimento y la capacidad de soporte de la subrasante.

Con los resultados obtenidos con el estudio de tráfico actual y futuro la vía en estudio presenta características de una Autovía o Carretera Multicarril AV1, el tipo de suelo que se encuentra es grava y arena arcillosas y limosas (A-2-4 y A-2-6), con comportamiento de regular a bueno si se usa como subrasante (valor de CBR promedio de 9.83 por ciento), con un buen comportamiento estructural tanto en la subrasante como en el pavimento, su deflexión es tipo I, es decir con un estado de deterioro regular.

Tomado como referencia los resultados de la deflexión (Viga Benkelman) y del Índice de Condición del Pavimento (PCI), se establece el plan de conservación vial, el cual consta de un mantenimiento rutinario y periódico para conservar y mantener la estructura de la capa de rodadura por más años y evitar la reconstrucción antes de cumplir con su vida útil y ocasionar inconformidad a los usuarios.

Palabra clave: Benkelman, Conservación Vial, Capa de Rodadura, Deflexión, Mantenimiento Vial, PCI, TPDA.

ABSTRACT

A country's roads are fundamental for its economic development, which is why governments have become aware of the need to develop and implement road conservation and maintenance plans to ensure that these roads fulfill the useful life for which they were designed.

For develop the road maintenance plan for the section from abscissa 0+000 to 4+000 on the Camino Real Road in the Huachi Grande - Montalvo sector, a topographic survey, a traffic study, laboratory tests to obtain soil properties, and field tests to determine the surface and structural condition of the pavement and the bearing capacity of the subgrade were conducted.

With the results obtained from the current and future traffic study, the road under study has the characteristics of a highway or AV1 multi-lane road, the type of soil found is clayey and silty gravel and sand (A-2-4 and A-2-6), with regular to good performance if used as subgrade (average CBR value of 9.83 percent), with good structural performance both in the subgrade and in the pavement, its deflection is type I, i.e. with a regular state of deterioration.

Based on the results of the deflection (Benkelman Beam) and the Pavement Condition Index (PCI), the road maintenance plan is established, which consists of routine and periodic maintenance to preserve and maintain the structure of the wearing course for more years and avoid reconstruction before it reaches its useful life and causes dissatisfaction to users.

Keywords: Benkelman, Road Conservation, Wearing Layer, Deflection, Maintenance, PCI, TPDA.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 Antecedentes

Los sistemas de transporte aéreo, marítimo, terrestre son elementos que influyen en el desarrollo de un país o región; entre los cuales las carreteras y caminos son parte fundamental, ya que son la infraestructura para todo el transporte automotor que permite desplazarse de un lugar a otro, uniendo ciudades, puertos y países para satisfacer las necesidades de la población. [1]

En las primeras décadas del siglo XIX, los ingenieros británicos Telford y McAdam y el ingeniero de caminos francés Trésaguet perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras, pues con el aumentando del tráfico de automotores los métodos antiguos eran muy ineficientes, siendo así que la construcción de carreteras incluía el drenaje del subsuelo, cimentación adecuada, una base de hormigón y una capa superficial de hormigón o pavimento bituminoso para soportar el tráfico. [1]

Tanto en países de Europa como en América debido al aumento de tráfico pesado y para adaptar las carreteras a las necesidades de la población, se empezó a utilizar nuevas tecnologías y métodos de diseño y construcción de carreteras, siendo el más conocido el de AASHO Road Test publicado en 1961 donde se encuentra conceptos como nivel de servicio, ejes equivalentes, etc., mismos que han sido empleados hasta el día de hoy alrededor del mundo. [2]

En Ecuador la infraestructura vial ha ido mejorando desde rutas coloniales hasta la actualidad una red vial nacional que integra vías primarias y secundarias, a través de las cuales permiten el crecimiento de la actividad comercial y económica de cada región. [3] Debido a la ubicación geográfica y geomorfológica de nuestro país hace que las carreteras de esta red vial se vean propensas a sufrir amenazas como deslizamientos, terremotos, inundaciones e incluso la actividad volcánica lo que provoca el colapso de las mismas o su deterioro antes de cumplir la vida útil, esto afecta negativamente al desarrollo económico y productivo del país. Es por ello en Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para el diseño,

construcción y mantenimiento de proyectos viales, ha implementado el uso de la Norma Ecuatoriana Vial, NEVI -12 misma que se desarrolló en con base en las prácticas y principios de las normativas y especificaciones internacionales, de esta manera se busca garantizar el buen funcionamiento de la red vial y el desarrollo del país. [4]

El mantenimiento y la conservación vial en los últimos años ha ido adquiriendo más importancia, pues permite que se cumpla la vida útil en las mejores condiciones posibles y que no se detenga el desarrollo tan local como nacional de un país.

1.1.2 Justificación

El sistema vial de un país tiene gran importancia en el desarrollo comercial, social e industrial pues contribuye en la actividad económica nacional, [5] por lo que es fundamental que se encuentre en buen estado, pues una infraestructura deteriorada ocasiona tiempos de viaje prolongados, mayor consumo de combustibles y mayor índice de accidentes, [6] es por ello que se vuelve tan importante el mantenimiento del pavimento asfáltico pero a menudo estos mantenimientos se realizan cuando el deterioro está muy avanzado, llegando al punto de que reconstruirlos o restaurarlos cuesta 3 a 5 veces más que realizar un mantenimiento oportuno. [6]

La gestión vial compete de diferentes disciplinas, en la cual trabajan profesionales especializados: ingenieros y técnicos de viales. [7] [8] Por lo tanto, la gestión vial requiere de organización contestando a problemas particulares de la red de carreteras. La información geográfica georreferenciada, permite la integración de la información hacia los usuarios con herramientas de Sistemas de Información Geográfica con ayuda de un software, [9] [10] [11] acoplándose a la realidad. Para conocer la posición aproximada de los puntos del área de interés se debe determinar sus coordenadas de latitud, longitud y elevación.

Elementos importantes para la toma de decisiones son los volúmenes de tránsito, realizar el estudio del tráfico en un valor importante para determinar el uso anual como justificación de costos, dimensiones estructurales, funcionales [12], y el estado físico de la infraestructura actual de la vía.

Para la valoración de los componentes físicos, es muy útil la inspección visual de las carreteras para investigar el tipo, nivel de severidad y extensión de la falla sobre la vía, con esto determinamos el Índice de Condición de Pavimento (Pavement Condition Index) (PCI). [13] El estado estructural del pavimento es parte fundamental para que una vía sea funcional, la carencia de capacidad estructural tiene por resultado que la carretera tenga un deterioro más precipitado, dando paso a niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, lo cual requerirá mayor trabajo y costo. [14] Para la evaluación estructural del pavimento existen métodos no destructivos. La metodología interpretativa de la viga Benkelman consiste en comparar las curvas de deflexiones medidas con las curvas de deflexiones teóricas, en el cual se obtiene deflexiones bajo cargas estáticas, estas deformaciones desaparecen una vez que se retira la carga aplicada. [15] La Relación de Soporte de California (California Bearing ratio) CBR, es un ensayo de medición indirecta de la resistencia del suelo o material que se utilizará para las diferentes capas estructurales pavimento y evaluar el módulo de rigidez. [16]

Se menciona frecuentemente la importancia de una buena infraestructura vial para el crecimiento y desarrollo de un país, sin embargo, a medida que la red vial es utilizada por el transporte de carga se va deteriorando y si no se tiene un mantenimiento adecuado y oportuno, puede que sea necesario la reconstrucción de la vía antes de que se cumpla la vida útil para la cual fue diseñada originalmente. [17]

Por eso el presente proyecto técnico tiene varias finalidades siendo la más importante implementar un plan de mantenimiento y conservación vial en función de las características físicas de la Vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000 de la provincia de Tungurahua, realizar un levantamiento georreferenciado que servirá para conocer la topografía del sector y a su vez se detallara el daño del pavimento para que sea fácil identificarlos y repararlos, por ello este proyecto será de gran ayuda y aporte para el desarrollo y crecimiento económico del sector al contar con vías en buen estado.

1.1.3 Fundamentación Teórica

PAVIMENTO

Es un sistema caracterizado por las propiedades, espesor de materiales que forman parte de un conjunto de capas apoyadas sobre la subrasante, el propósito de estas capas es recibir directamente las cargas de tránsito y transmitir las de forma disipada a estratos inferiores, así como también proporcionar una superficie de rodamiento por donde circulan vehículos en condiciones óptimas y de seguridad aceptable bajo las diversas condiciones ambientales que puedan presentarse. [18]

TIPOS DE PAVIMENTOS

- **Pavimentos Asfálticos o Flexibles**

Estructuras que se componen de una capa de mezcla asfáltica construida sobre una capa base y sub-base mismas que son de material granular y estas capas están sobre la subrasante. [19] Esta estructural transmite y distribuye las cargas de los vehículos hacia capas inferiores por medio de fricción y cohesión de los materiales y la capa asfáltica sufre pequeñas deformaciones sin romperse. [20] Su construcción inicial es más económica y es necesario realizar mantenimiento para concluir su vida útil. [18]

Imagen N° 1: Pavimento Flexible



Fuente: Camino Real, Andrés Pérez, 2022 (Autor)

- **Pavimentos de Concreto o Rígidos**

Están contruidos por una capa de hormigón con cemento portland misma que esta sobre una capa base que es de grava y estas capas se apoyan sobre la subrasante suelo compactado. [19] Exceptuando los bordes de las losas de concreto y las juntas, que no tengan pasajuntas, las deflexiones y deformaciones son casi nulas, ya que estos pavimentos no se deforman al igual que las capas inferiores y su mantenimiento es mínimo y solo en las juntas. [18]

Imagen N° 2: Pavimento Rígido



Fuente: Manual de Pavimento Rigidos, MTOP, 2012 [21]

- **Pavimento Mixtos o Compuestos**

Este tipo de pavimento está constituido por una capa de concreto y sobre esta una capa de mezcla asfáltica, se usa cuando se presenta redes y servicios bajo la vía. Puede presentar mayor capacidad estructural y mejor desempeño. [18]

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos tienen como característica principal ofrecer una superficie segura y confortable para la movilidad del usuario. Por ello las capas que conforman la estructura del pavimento flexible se colocan desde la capa con mayor capacidad de soporte de cargas vehiculares, mismas que son transmitidas hacia la subrasante por medio de las capas inferiores. [22]

Imagen N° 3: Distribución de cargas en el Pavimento Flexible



Fuente: *Cartilla Guía del proceso constructivo de pavimentos flexibles*, Garzón y Hernández [22]

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible está conformado por carpeta asfáltica, base, sub-base y subrasante.

Imagen N° 4: Detalle de la estructura del pavimento flexible



Fuente: *Pavimentos*, Ing. Giordani & Ing. Leone, [22]

- Carpeta asfáltica

Constituye la superficie de rodadura, que está compuesta por una mezcla asfáltica fría o caliente y materiales pétreos. Esta capa es la que recibe de manera directa las cargas vehiculares y los efectos ambientales como lluvias y radiación solar [23]. Siendo así que tiene como objetivo proteger la estructura, al impermeabilizar la superficie, evita las filtraciones de agua que pueden saturar las demás capas, por tanto, evita que el material de las capas inferiores se desintegren debido al tránsito vehicular [24].

- **Base granular**

Se compone por material granular mismo que está ubicado bajo la carpeta asfáltica, el material usado debe ser friccionante para garantizar la resistencia y debe contener vacíos. Tiene como función ser un elemento resistent que transmita y distribuya los esfuerzos generados por el tránsito, hacia las capas inferiores. [22] [23] Constituida por piedra de buena calidad dependiendo de la adecuada graduación de las partículas, la forma, densidad, fricción y cohesión [24] para determinar estas propiedades en los materiales se realiza ensayos de laboratorio.

- **Sub-base granular**

Está constituido por materiales económicas comparados con las capas superiores, esta capa facilita el drenaje del agua que se filtra por la superficie [22], controlan la capilaridad del agua que proviene de los niveles freáticos. [25] Si no se dispone de esta capa para controlar los cambios de volumen y elasticidad, en épocas de heladas, se puede producir hinchamientos causados por el congelamiento, provocando que falle el pavimento. [24]

- **Subrasante**

La subrasante recibe y soporta las cargas producidas por el tránsito vehicular que es transmitida por la estructura del pavimento, por el periodo al que fue proyectado, sin deteriorarse o deformarse para no afectar el funcionamiento pavimento. [19] Esta capa se compone de terreno natural mismo al cual en ocasiones se mejora sus características realizando compactaciones [22], ya que de la calidad de la subrasante depende el espesor del pavimento y mientras esta capa sea de mejor calidad, el espesor del pavimento será menor y se reducirá costos sin afectar el buen funcionamiento de la estructura del pavimento. [25]

DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES

El pavimento flexible se diseña para determinado número de repeticiones de carga y al llegar a este número, se estima que la estructura falle, presentando fisuras y grietas en la superficie de rodadura. [20]

Manifestación de fallas

Los daños y fallas presentan señales visuales sobre el defecto, se pueden diferenciar por la severidad es decir la gravedad del problema que varía desde nivel bajo, medio y alto. También tenemos otro factor la extensión que tiene 3 niveles: menos del 20% la superficie afectada es un área localizada, entre 20% y 50% la afectación puede estar a lo largo del tramo y más del 50% la superficie se afectada está en todo el tramo. [24]

Fisuras y grietas

- Fisuras piel de cocodrilo (fatiga)

También conocida como agrietamiento por fatiga, se refiere a fisuras interconectadas causadas por la fatiga de la superficie asfáltica. La fisura empieza en parte inferior de la capa asfáltica donde los valores de esfuerzo por tensión y deformaciones por tracción alcanza el máximo valor y se propagan a la superficie como una serie de fisuras longitudinales en paralelo. [26]

Causas: el espesor es insuficiente, deformación en la subrasante, problemas de drenaje, compactación deficiente, mala elaboración de mezcla asfáltica, reparaciones mal ejecutadas. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** las grietas son finas con el espesor similar a un cabello, estas fisuras no están descascaradas.
- **M (Medio);** Se desarrolla posterior a las fisuras de piel de cocodrilo, finas siguiendo una red de fisuras, puede empezar a descascararse.
- **H (Alto);** Red de grietas que evolucionaron formando piezas bien definidas y descascaradas en los bordes.
- **Medición;** se mide en metros cuadrados la superficie afectada. [26] [24]

Imagen N° 5: Piel de cocodrilo



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- Fisuras en bloque

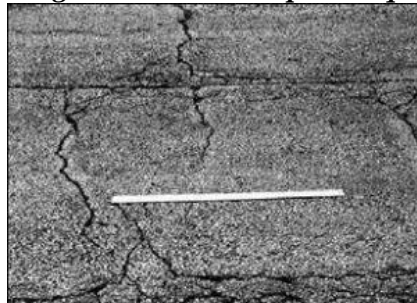
Son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en bloques aproximadamente rectangulares de 30x30cm hasta 3x3m, presentes en gran área del pavimento. [26] [24]

Causas: Principalmente por la contracción del concreto asfáltico y la variación de temperatura. [26] Indican que el asfalto se ha endurecido debido al envejecimiento de la mezcla. [24] No se asocian al tráfico vehicular. [26]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** los bloques con grietas poco severas, rellena con cualquier ancho.
- **M (Medio);** bloques con grietas de severidad media, rodeada de grietas pequeñas adyacentes.
- **H (Alto);** grietas de alta severidad, rodeada de grietas adyacentes severamente fracturadas.
- **Medición;** se mide en metros cuadrados la superficie afectada. [26] [24]

Imagen N° 6: Fisura por bloque



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Fisuras parabólicas o por deslizamiento**

Son fisuras en forma de media luna, se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito o la fuerza de tracción. [26]

Causas: por acción del frenado de las ruedas o el cambio de dirección, capas superpuestas con adherencia pobre entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura [26]. Contenido alto de arena de río o finos triturados. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** Ancho de la fisura menor a 10mm.
- **M (Medio);** ancho de la grieta entre 10 y 38mm, con pequeñas fisuras alrededor.
- **H (Alto);** ancho de grieta mayor a 38mm, y el área alrededor con pedazos removibles.
- **Medición;** se mide en metros cuadrados la superficie. [26] [24]

Imagen N° 7: Fisura parabólica



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Fisura de borde**

Fisuras paralelas al borde externo del pavimento, esta falla es acelerada por las cargas de tráfico [26].

Causas: Puede deberse por el debilitamiento de la base o subrasante por congelamiento en zonas cercanas al borde. [26]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** fisuramiento sin fragmentación.
- **M (Medio);** grietas medias con algo de fragmentación.

- **H (Alto);** fragmentación considerable a lo largo del borde.
- **Medición;** se mide el fisuramiento en metros lineales. [26] [24]

Imagen N° 8: Fisura de borde



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- Fisura por reflexión de junta

Esta falla ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidas sobre losas de concreto. [26] Es una propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, como consecuencia de la reflexión, reproduciendo las juntas longitudinales y transversales. [24]

Causas: principalmente por el movimiento de las losas de concreto debido a los cambios de temperatura, por el tránsito vehicular. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** grieta sin relleno de ancho menor a 10mm.
- **M (Medio);** grieta sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm, y menor a 75mm con fisuras secundarias.
- **H (Alto);** grietas de cualquier ancho severamente fracturadas.
- **Medición;** se mide la superficie en metros lineales. [26] [24]

Imagen N° 9: Fisura por reflexión de junta



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Fisuras longitudinal y transversal**

Son paralelas al eje central del pavimento o la línea direccional en la que se construyó. [26]

Causas: junta de carril pobremente construida, contracción de la superficie asfáltica por bajas temperaturas, endurecimiento del asfalto, fisuras transversales a lo largo del ancho del pavimento. [26]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** grieta sin relleno de ancho menor a 10mm.
- **M (Medio);** grieta sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm, y menor a 75mm con fisuras secundarias.
- **H (Alto);** grietas de cualquier ancho severamente fracturadas.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros lineales. [26] [24]

Imagen N°10: Fisura longitudinal y transversal



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

Deformaciones superficiales

- **Ahuellamiento**

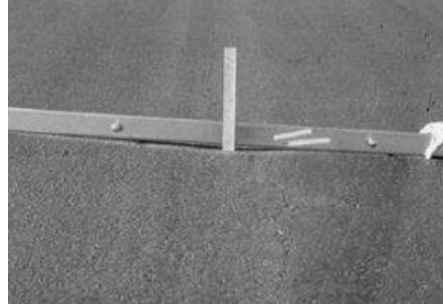
Es una depresión superficial en las huellas de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento, visibles después de la lluvia, deriva una deformación permanente. [26]

Causas: por las repeticiones de cargas de tránsito, capas con deficiente compactación, inestabilidad en las bases y sub-bases, mezcla asfáltica inestable, estacionamiento prolongado de vehículos pesados, exceso de ligantes de riego, bajo control en la calidad de materiales y el proceso constructivo. [24]

Nivel de severidad: definidos por la profundidad del ahuellamiento.

- **L (Bajo);** profundidad entre 6 a 13mm.
- **M (Medio);** profundidad entre 13 a 25mm.
- **H (Alto);** profundidad mayor de 25mm.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [26] [24]

Imagen N° 11: Ahuellamiento



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Corrugación**

También conocida como arqueamiento de la tabla de lavado, es una serie de cimas y depresiones perpendiculares al tráfico, espaciadas a intervalos regulares menores de 3m a lo largo del pavimento. [26]

Causas: debido a la pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes o agregados redondeados, exceso de humedad en la subrasante. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** causa vibración en el vehículo sin causar inconformidad.
- **M (Medio);** causa vibración en el vehículo causando inconformidad.
- **H (Alto);** causa vibración excesiva en el vehículo generando inseguridad y ocasionando reducir la velocidad.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [26] [24]

Imagen N° 12: Corrugación



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Abultamientos y Hundimientos**

Los abultamientos son desplazamientos pequeños localizados y hacia arriba [26] y los hundimientos son depresiones o descensos de la superficie del pavimento, pueden generar problemas de seguridad a los vehículos. [24]

Causas: Deficiencia en la compactación de las capas inferiores del pavimento, falta de drenaje, circulación de tránsito pesado. [24]

Nivel de severidad: definidos por la profundidad.

- **L (Bajo);** profundidad menor a 20mm, poca vibración vehicular, no genera incomodidad.
- **M (Medio);** profundidad entre 20 y 40mm, mayor vibración vehicular, genera incomodidad.
- **H (Alto);** profundidad mayor a 40mm, excesiva vibración vehicular, ocasiona inseguridad al conducir.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros lineales. [26] [24]

Imagen N° 13: Abultamiento y hundimiento



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Hinchamiento**

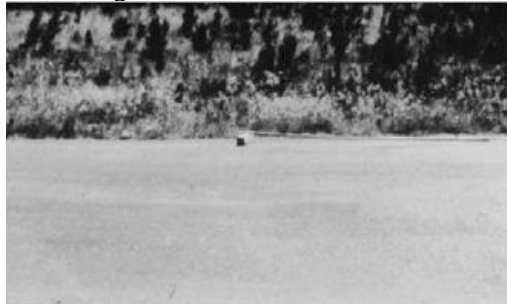
Presenta una protuberancia hacia arriba en la superficie del pavimento una onda larga y gradual de más de 3m, puede ir acompañado de fisuramiento superficial. [26]

Causas: por la expansión de los suelos de la subrasante. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** baja incidencia en la comodidad, detectada en velocidades límites.
- **M (Medio);** moderada incidencia en la comodidad, obligado a disminuir la velocidad.
- **H (Alto);** alta incidencia en la comodidad, la velocidad debe ser moderada.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros lineales. [26] [24]

Imagen N° 14: Hinchamiento



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Depresión**

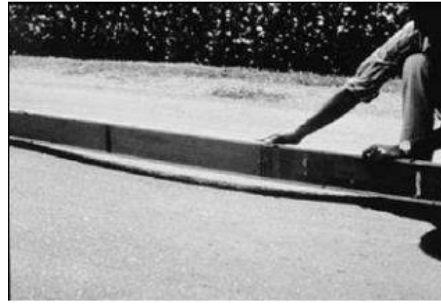
Áreas de la superficie del pavimento con niveles de elevación ligeramente menores, generalmente no son visibles. [26]

Causas: por asentamientos de la subrasante o procesos constructivo defectuosos. [24]

Nivel de severidad: En relación a la profundidad

- **L (Bajo);** entre 13 a 25mm.
- **M (Medio);** entre 25 a 50mm
- **H (Alto);** más de 50mm
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [26] [24]

Imagen N° 15: Depresión



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

Desintegración en los pavimentos

- Bache

Consiste en desintegración total de la capa asfáltica dejando expuesto los materiales granulares y se aumenta por el tránsito vehicular. [26]

Causas: inestabilidad en las capas de estructura del pavimento, espesor de capas insuficientes, mala práctica constructiva, retención de agua en zonas fisuradas. [24]

Nivel de severidad: En relación a la profundidad y diámetro del bache

- **L (Bajo);** profundidad menor de 2.5cm, diámetro menor a 70cm y no mayor a 100cm y profundidad entre 2.5 - 5cm, diámetro menor 70cm.
- **M (Medio);** profundidad menor de 2.5cm, diámetro mayor a 100cm, profundidad entre 2.5 - 5cm, diámetro entre 70 y 100cm y profundidad mayor de 5cm, diámetro menor a 70cm y no mayor a 100cm.
- **H (Alto);** profundidad entre 2.5 - 5cm y mayor a 5cm, diámetro mayor a 100cm.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [26] [24]

Imagen N° 16: Bache



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- **Desintegración de bordes**

Destrucción progresiva de los bordes del pavimento debido al tráfico vehicular, muy común en vías con bermas no pavimentadas.

Causas: acción localizada del tránsito, presencia de arenas angulosas sueltas. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** fisuras paralelas al borde, con pequeñas roturas menor a 25mm desde el borde del pavimento.
- **M (Medio);** fisuras paralelas al borde severas, con roturas entre 25 y 75mm desde el borde del pavimento.
- **H (Alto);** desintegración de los bordes mayor a 75mm.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [24]

Imagen N° 17: Desintegración de bordes



Fuente: Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]

- **Perdida de agregado**

Corresponde a desintegración superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa.

Causas: problemas de adherencia entre agregados y asfalto, uso de agregados contaminados, deficiencia en la compactación de la carpeta asfáltica. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** agregados gruesos comienzan a desprenderse con pequeños huecos.
- **M (Medio);** existe mayor desprendimiento de agregados, separaciones entre 0.05 y 0.15m
- **H (Alto);** desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos.

- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [24]

Imagen N° 18: Perdida de agregado



Fuente: Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]

Daños superficiales

- **Desgaste superficial**

Es el deterioro del pavimento ocasionado por la acción del tráfico vehicular.

Causas: deterioro natural, falta de adherencia de asfalto con los agregados, deficiente dosificación de asfalto, acción intensa del agua y el tráfico. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** superficie perdió la textura uniforme
- **M (Medio);** irregularidades a una profundidad mayor a 3mm e igual a 10mm.
- **H (Alto);** desintegración superficial de la capa de rodadura, con desprendimiento evidente y partículas sueltas.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [24]

Imagen N° 19: Desgaste superficial



Fuente: Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]

- Exudación

Se presenta como una película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, crea una superficie brillante, cristalina y reflexiva se vuelve pegajosa. [26]

Causas: excesivo contenido de asfalto en la mezcla, tránsito intenso y excesiva compactación. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** visible en la superficie, en franjas aisladas y delgadas.
- **M (Medio);** apariencia característica, con exceso de asfalto libre que cubre parcialmente los agregados, pegajosos en clima cálido.
- **H (Alto);** cantidad significativa de asfalto en la superficie cubre totalmente los agregados, con aspecto húmedo.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros cuadrados. [26] [24]

Imagen N° 20: Bache



Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

- Surcos

Franjas o canaletas longitudinales donde se ha perdido los agregados de la mezcla asfáltica.

Causas: por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso, generando desprendimiento de los agregados, relacionado con la erosión. [24]

- **Medición;** se cuantifica el daño en metros cuadrados, no tiene grado de severidad. [24]

Imagen N° 21: Surcos



Fuente: *Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]*

Otros daños en el pavimento

- Separación de la berma

Indica el incremento de la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento.

Causas: relacionado con el movimiento de la berma por la inestabilidad de taludes, ausencia de ligante entre la calzada y la berma. [24]

Nivel de severidad:

- **L (Bajo);** abertura menor a 3mm.
- **M (Medio);** abertura entre 3mm y 10mm
- **H (Alto);** abertura mayor a 10mm.
- **Medición;** se mide la superficie afectada en metros lineales. [24]

Imagen N° 22: Separación de la berma



Fuente: *Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]*

- **Afloramiento de finos**

Salida de agua infiltrada junto con materiales finos de la capa base por las grietas, cuando circulan por ella. Presenta manchas o material en la superficie cercana al borde de las grietas.

Causas: ausencia o inadecuado sistema de sub-drenaje, exceso de finos en la estructura. [24]

- **Medición;** dado que se presenta donde existe un daño, se reporta el daño y se aclara que posee afloramiento, no tiene severidad. [24]

Imagen N° 23: Afloramiento de finos



Fuente: Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]

- **Afloramiento de agua**

Presencia de líquidos en la superficie del pavimento en instantes cuando no hay lluvia.

Causas: deficiente drenaje superficial, flujo ascendente de agua a través de las grietas, zonas mal compactadas, capas porosas, bases saturadas, flujo capilar de agua. [24]

- **Medición;** se mide en metros lineales cuando no tiene otro daño asociado, cuando existe otros daños se aclara escribiendo el afloramiento, no tiene severidad. [24]

Imagen N° 24: Afloramiento de agua



Fuente: Análisis superficial de pavimentos flexibles, Pineda [24]

FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

Todas las estructuras se deterioran o fallan con paso del tiempo, es así que los pavimentos no son excepción, su proceso de deterioro es permanente ya que están expuestos a agentes como el agua, taludes, tráfico, falla en el diseño o la construcción, falta de mantenimiento, etc.

- **Medio Ambiente**

Constituyen un factor que no se considera lo suficiente, por lo que es importante considerar al momento del diseño de la estructura del pavimento el comportamiento que tendrá bajo efectos de temperatura y humedad extremas diarias y estacionales, de igual manera la intensidad de las lluvias, ya que el agua afecta a los materiales que conforman la estructura del pavimento, modificando propiedades como cohesión, contracción, erosión, grado de compactación, envejecimiento de los asfaltos y efectos de congelamiento. [19]

- **Características y propiedades del material**

Uno de los parámetros importantes empleados en la cimentación de los pavimentos es la capacidad de soporte a la deformación por esfuerzo cortante sometido a cargas de tránsito vehicular. También es importante considerar la sensibilidad del suelo a los cambios de humedad, variaciones de volumen. [19]

- **Efectos del tránsito**

La repetición de cargas y acumulación de efectos como fatiga o deformación permanente son factores que afectan la estructura del pavimento generando que el pavimento no cumpla con su vida útil. [19]

- **Deficiencia en el diseño y proceso constructivo de la estructura**

La deficiencia en el proceso de diseño y construcción puede dar como resultado estructuras débiles, sea por inadecuado espesor o la mala distribución y compactación de los materiales granulares que componen la estructura, ocasionando que el pavimento no cumpla con el período para el cual fue proyectado.

CAUSAS DE LA PRESENCIA DE FALLAS

Las fallas que presenta el pavimento durante los años de servicio, pueden tener diversos orígenes que afecten la condición de la superficie de rodadura, algunas de ellas pueden ser:

- La causa que se espera por el fin del periodo de diseño y falta de mantenimiento o rehabilitación.
- Inadecuado diseño por falta de estimación adecuada del tránsito vehicular.
- Incremento de tráfico vehicular con respecto al que fue proyectado durante el diseño.
- Deficiencia en el proceso constructivo, siendo esto por el uso de material de mala calidad o inadecuada inspección del cumplimiento del diseño.
- Cambios y alteraciones climáticas, no consideradas en el diseño inicial.
- Falta de mantenimiento y rehabilitación del pavimento. [24]

CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos se diseñan y proyectan para años de vida útil determinados, a lo que se conoce como ciclo de vida del pavimento, mismo que se ve afectado por diferentes factores entre ellas está la falta de manteniendo, falla que se pueden presentar tanto superficiales como estructurales, agentes ambientales e incluso la intervención humana.

1. Fases del ciclo de vida fatal:

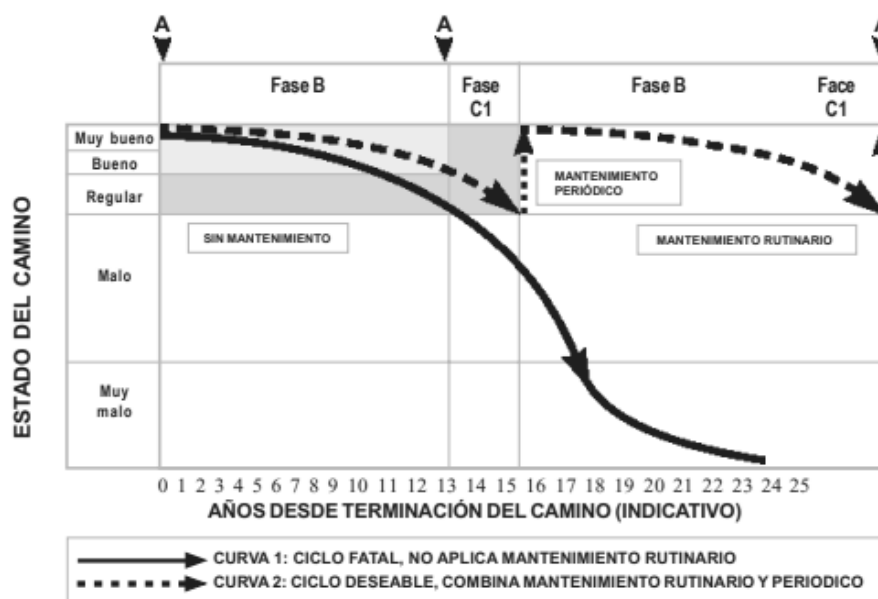
Gráfico N° 1: Condición de la vía sin mantenimiento



Fuente: Manual Técnico – Mantenimiento rutinario de camino con microempresa, Menéndez, 2003 [27]

- **Fase A, Construcción:** Aun cuando la construcción tenga algunos defectos o no los tenga, se empieza a usar desde el momento en que se termina la obra. En esta fase la vía se encuentra en excelentes condiciones para satisfacer las necesidades de la población [27], Gráfico N°1.
- **Fase B, Deterioro lento y poco visible:** Con el transcurso de los años la vía va presentando desgaste y debilitamiento lento, en la capa de rodadura, de igual manera en las capas inferiores. Este deterioro se presente por el número de vehículos que circulan, las condiciones ambientales, la calidad de construcción inicial, entre otros factores. Para mitigar este proceso se debe aplicar medidas de conservación tanto en la superficie de rodadura, obras de drenaje y mantenimiento rutinario, de esta manera el pavimento cumplirá con la vida útil para la cual fue proyectada [27], Gráfico N°1.
- **Fase C, Deterioro acelerado:** Al transcurrir varios años de uso, tanto la capa de rodadura como los demás elementos del pavimento, se ven más afectados, siendo así que la vía entra en el período de deterioro acelerado, resistiendo cada vez menos el tráfico vehicular. Al inicio de esta fase la capa superficial no presenta daño, pero la estructura bajo esta capa comienza a sufrir daños y mientras más avanza esta fase la superficie muestra daños visibles a simple vista es posible que las capas inferiores presenten daño severo. Aunque el daño es puntual poco a poco se va extendiendo y cuando este daño se generaliza la destrucción del pavimento es más acelerada [27], Gráfico N°1.
- **Fase D, Descomposición total:** Es la última etapa del ciclo de vida del pavimento, la misma puede durar años. Durante este período se dificulta la circulación vehicular, aumenta la cantidad de accidente, transitan camiones o vehículos especiales. Esa fase afecta a la sociedad y a la economía del país [27], Gráfico N°1.

Gráfico N° 2: Condición de la vía con y sin mantenimiento



Fuente: Manual Técnico – Mantenimiento rutinario de camino con microempresa, Menéndez, 2003 [27]

2. Ciclo de vida deseable o con mantenimiento

El cumplimiento de la vida útil para la que fue diseñada una vía, se puede lograr con un adecuado plan de conservación vial, ya que desde el momento en que se usa un camino nuevo o rehabilitado, se va generando desgaste por el flujo vehicular, factores ambientales, entre otros. Para evitar el desgaste prematuro e incluso el deterioro total antes de llegar a culminar su ciclo de vida, se debe aplicar mantenimientos rutinarios, mismo que va prolongar el período de conservación de la vía por varios años y cuando la superficie de rodadura pierda su capa de granular es necesario realizar el mantenimiento periódico, reponer la capa que se perdió. Consiguiendo de esta manera mantener la vía en estado óptimo y satisfaciendo las necesidades de los usuarios [27], Gráfico N°2.

MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL

Para que una estructura vial llegue a cumplir con la vida útil para la cual fue diseñada es importante realizar ciertas intervenciones, estas pueden ser clasificadas de acuerdo a la magnitud de los trabajos a realizar, siendo desde intervenciones sencillas pero

permanentes como el mantenimiento rutinario, hasta las más costosas y complicadas como reconstrucción o rehabilitación total de la carretera. [27]

El objetivo de la conservación vial es evitar, al máximo la pérdida del capital invertido mediante la protección de física de la infraestructura y la superficie de la capa de rodadura. Es por ello que se deben realizar las siguientes actividades acorde al daño que presente la carretera. [27]

Mantenimiento rutinario

Este procedimiento consiste en una reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura, en la nivelación de la misma y de las bermas, entre las actividades que se debe realizar son las siguientes:

- Mantenimiento regular de los sistemas de drenaje, taludes laterales, bordes y otros elementos de la vía,
- Controlando la vegetación y mantenimiento en la señalética.
- Limpiar las zonas de descanso, calzada, pequeños derrumbes y de la señalización.
- Reparación localizada de defectos.

Estas actividades deben aplicarse una o más veces al año dependiendo las condiciones. El nivel de mantenimiento se detalla en la tabla N° 1. [27]

Tabla N° 1: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento rutinario

MANTENIMIENTO RUTINARIO	
CRITERIO PARA APLICACIÓN	VALOR
Espesor de lastrado	mayor o igual a 10 centímetros
Bombeo	de 2 a 3 %
Baches, encalaminados	de 0 a 10 %
Ahuellamientos, hundimientos	de 0 a 5%
Señalización	sí cuenta con señalización
Cunetas y alcantarillas	limpias
Puentes, pontones, muros de contención y badenes	en buen estado

Fuente: *Manual Técnico – Mantenimiento rutinario de camino con microempresa, Menéndez, 2003 [27]*

Mantenimiento periódico

Realmente todas las actividades de conservación vial son periódicas, significando que se deben repetir cada cierto tiempo. Se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía. El tratamiento superficial está orientado a restablecer las características de la superficie de la capa de rodadura, para preservar la textura, sin realizar un refuerzo estructural.

Las actividades a realizar en un mantenimiento periódico son las siguientes:

- Restablecer las características de la superficie de rodadura.
- Reparar las obras de arte
- Reparar el sistema de drenaje

Ejecutar oportunamente el mantenimiento permitirá asegurar la integridad estructural por más tiempo y evitar su destrucción. [27]

Tabla N° 2: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento periódico

MANTENIMIENTO PERIÓDICO	
CRITERIO PARA APLICACIÓN	VALOR
Espesor de lastrado	de 5 a 10 centímetros
Bombeo	menor a 2%
Baches, encalaminados	de 10 a 40 %
Ahuellamientos, hundimientos	de 5 a 15%
Señalización	no cuenta con señalización
Cunetas y alcantarillas	limpias a medianamente colmatadas
Puentes, pontones, muros de contención y badenes	en estado bueno a regular

Fuente: Manual Técnico – Mantenimiento rutinario de camino con microempresa, Menéndez, 2003 [27]

Rehabilitación

Es una reparación selectiva de refuerzo estructural, antes de la demolición parcial de la estructura del pavimento existente. Este proceso se realiza cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para soportar el tránsito futuro, se puede incluir mejoras en el diseño. La rehabilitación se realiza cuando no se ha ejecutado una conservación adecuada.

Las actividades a realizar se agrupan en las siguientes:

- Restablecer la capacidad de soporte estructural y calidad de la superficie de rodadura.
- Mejorar el sistema de drenaje y contención. [27]

Tabla N° 3: Criterios para establecer el nivel de mantenimiento periódico

REHABILITACIÓN	
CRITERIO PARA APLICACIÓN	VALOR
Espesor de lastrado	menor a 5 centímetros
Bombeo	menor a 2 %
Baches, encalaminados	de 40 a 60 %
Ahuellamientos, hundimientos	de 15 a 30%
Señalización	no cuenta con señalización
Cunetas y alcantarillas	medianamente colmatadas a colmatadas
Puentes, pontones, muros de contención y badenes	en estado malo

Fuente: Manual Técnico – Mantenimiento rutinario de camino con microempresa, Menéndez, 2003 [27]

Mejoramiento

Las mejoras en el camino están relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, que son incluidos en los trabajos relacionados con la renovación de la superficie de rodadura y la rehabilitación de la estructura del pavimento. Tiene como objetivo incrementar la capacidad de la carretera, la velocidad y seguridad al momento de circular por la vía. [27]

Reparaciones de emergencia

Estas reparaciones son realizadas cuando el camino está en mal estado o intransitable, debido a un descuido prolongado o por desastres naturales y no se dispone de recursos para reconstruir o rehabilitar la carretera. Con esta actividad nos arregla las fallas estructurales, pero si permite el flujo vehicular por un tiempo limitado. [27]

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

En 1978 el Cuerpo de Ingenieros de la Estados Unidos público el método del índice de condición actual de pavimentos, denominado PCI. Este método es de fácil empleo ya que no requiere de equipos especiales para ejecutar la evaluación vial. El proceso es visual, fácil de repetir y confiable estadísticamente, brinda información sobre las fallas que presenta el pavimento, la severidad y el área afectada. Caracteriza el estado del pavimento en base a una escala de 0 a 100 (muy mal estado a perfecto respectivamente). [28] Tabla N°4 presenta esta clasificación.

Tabla N° 4: Rangos de clasificación de los valores PCI

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

Fuente: Pavimentos: materiales, construcción y diseño, Rondón & Reyes, 2015, [28]

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento y tampoco proporciona relación directa con el coeficiente de resistencia a la fricción o a la rugosidad. Pero si proporciona una base objetiva y racional para determinar el tipo de intervención en el pavimento, así como también brinda la información sobre el rendimiento del pavimento para dar validez o incorporar mejoras en el diseño y procedimiento de mantenimiento. Siendo así que el monitoreo continuo del PCI de una carretera es fundamental para conocer el ritmo de deterioro de la capa de rodadura y realizar mantenimiento o rehabilitación necesaria. [29]

La clasificación de fallas según PCI, se describen en la siguiente tabla.

Tabla N° 5: Tipos de daños en los pavimentos flexibles

FISURAS Y GRIETAS
Piel de cocodrilo
Fisuras de bloque
Fisuras de borde
Fisuras longitudinales y transversales
Fisuras parabólicas o por deslizamiento
DEFORMACIONES Y HUNDIMIENTOS
Abultamientos y hundimientos
Ahuellamiento
Hinchamiento
Corrugación
Depresión
Desplazamiento
DESPRENDIMIENTO
Baches
Peladuras por intemperismo
Peladuras por desprendimiento de agregados
TEXTURA SUPERFICIAL
Exudación
Agregado pulido
OTROS
Huecos
Baches
Cruce de línea férrea
Escalonamiento entre la calzada y el espaldón

Fuente: Norma ASTM D-6433, [26]

TRÁFICO VEHICULAR

El Tráfico es una de las variaciones más significativas en el diseño de pavimentos [20], pero esta variable es difícil establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una carretera presentan diferentes magnitudes, configuraciones de eje, presión en el inflado de llantas, velocidad de circulación y número de llantas. [28]

Esta es la variable más importante en el diseño de pavimentos por que el necesario cuantificar el tránsito existente en una carretera. Para conocer el número de vehículos TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) que circulan por un lugar específico, durante un año (365 días), se debe contar de forma directa el tránsito mediante aforos, mismo que se pueden realizar con personal técnico calificado, durante todo el año o por temporadas y luego proyectarlas a un año. El TPDA también se debe calcular por años

mediante técnicas estadísticas para conocer la tendencia de incremento vehicular, por lo que es importante considerar el tránsito atraído y el tránsito generado. [19]

Tráfico promedio diario anual (TPDA)

El TPDA es el número de vehículos que circulan por una vía en un periodo de 24h consecutivas en los 365 días del año en las dos direcciones. Se realiza un conteo manual, donde se cataloga los diferentes tipos de vehículos que transitan la vía (vehículos livianos, buses o pesados). [30]

Tráfico atraído: es el tránsito que va a circular por el proyecto vía debido a las ventajas y beneficios que ofrece. [31]

Traffic generado: Es el generado debido a las mejores condiciones que ofrece la carretera. [31]

Clase de vía de acuerdo al tráfico

La norma de diseño proporcionado por la MTOP recomienda clasificar la vía en función al tráfico proyectado en un periodo de 15 a 20 años. Con el fin de elevar los estándares de las carreteras del país se propone esta clasificación, contemplando la tendencia actual y la proyección a futuro. [12]

Tabla N° 6: Clasificación de funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: Norma para estudio y diseño de vías, NEVI - MTOP, [12]

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

La distribución granulométrica del suelo es una distribución cuantitativa del tamaño de partículas que lo conforman. [32] Para efectuar el análisis granulométrico se debe usar una cantidad de suelo seco pulverizado y pasarlo por una columna de mallas que tienen diferentes aberturas, tabla N°7, se pesa la cantidad de material retenido en cada malla para determinar el porcentaje acumulado del suelo que pasa por cada malla, a este porcentaje se lo conoce como finos.

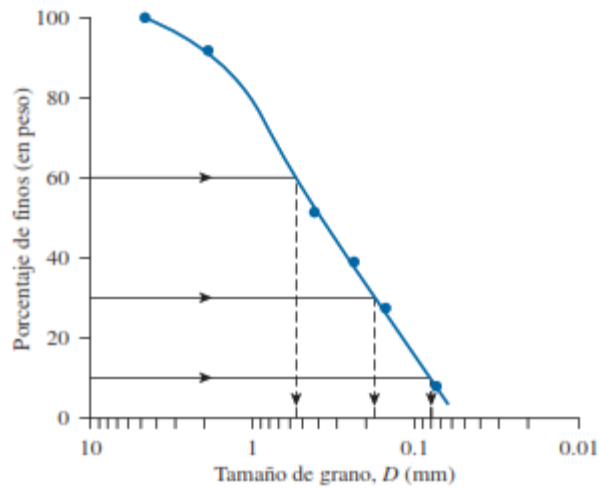
Tabla N° 7: Tamaño de malla estándar

Malla núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, Braja Das, [33]

Con estos resultados se realiza la curva de distribución granulométrica, gráfico N°3, el eje de abscisas es trazado en escala logarítmica y eje de ordenada en escala aritmética, a partir de esta curva se determina dos parámetros, el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de graduación o curvatura [33], dependiendo de estos valores la muestra de suelo se puede clasificar como bien o mal graduada. [32] Siendo así que para clasificar correctamente el suelo se debe realizar un buen análisis granulométrico.

Gráfico N° 3: Curva de distribución granulométrica

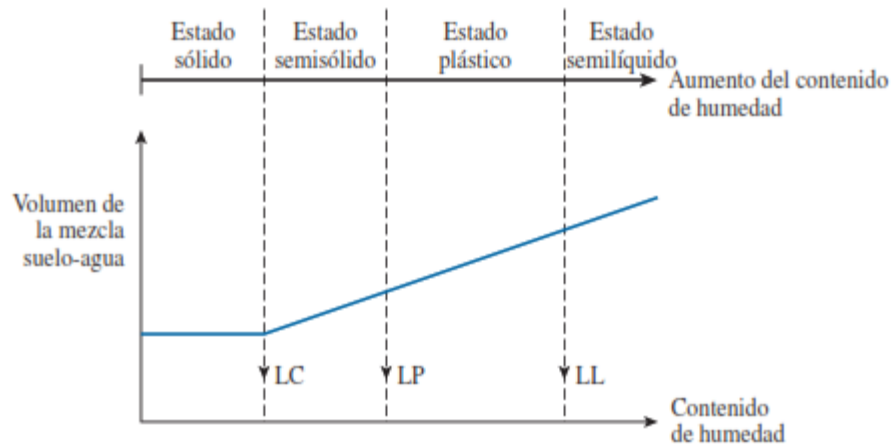


Fuente: Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, Braja Das, [33]

LÍMITES ATTERBERG O LÍMITES DE CONSISTENCIA

Los límites de consistencia se establecieron en 1911 por el científico sueco Albert Atterberg, en principio fueron 7 límites, de los cuales 3 son de uso general actualmente, siendo estos el límite líquido, límite plástico y límite de contracción. [34] Los límites son determinados por el contenido de agua que presenta el suelo. [32]

Gráfico N° 4: Límites de consistencia



Fuente: Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, Braja Das, [33]

- El límite líquido expresa el contenido de humedad a partir del cual el incremento de agua, produce el cambio del estado plástico al líquido. [32] Se determina usando la copa de Casagrande y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7mm [33], en una muestra remoldeada, colocada en la cazuela de bronce, dicha ranura debe cerrarse a los 25 golpes. [32]
- El límite plástico se define como el contenido de humedad en el cual el suelo se agrieta al formar rollos de 3.18mm de diámetro, formado con una muestra de suelo al rodarlo por la palma de la mano o una superficie plana. [33] [32]

Para clasificar el suelo según los límites de consistencia se debe emplear la carta de plasticidad, donde se relaciona el límite líquido, en el eje de las abscisas y en el eje de las ordenadas el índice de plasticidad. [32]

Índice de plasticidad: Se define como el intervalo de contenidos de humedad donde el suelo muestra las propiedades plásticas que presenta el suelo. [32]

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 1.1: Índice de Plasticidad., [33]

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

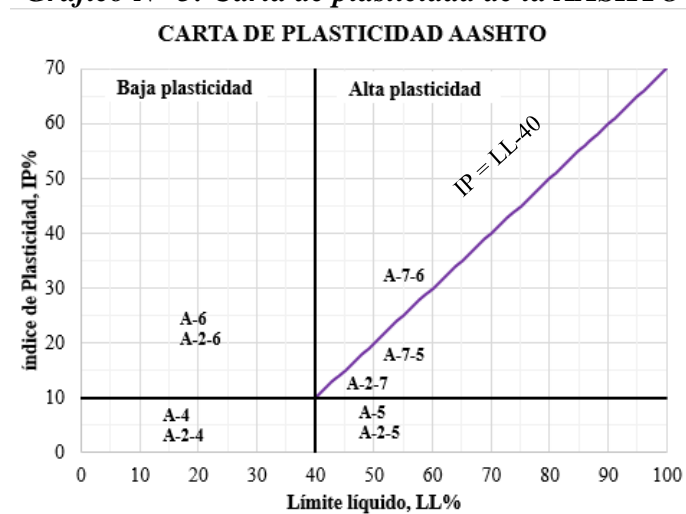
Los sistemas de clasificación dividen al suelo en grupos y subgrupos con base a las propiedades ingenieriles determinadas con la distribución granulométrica, el límite líquido y plástico. Los principales sistemas de clasificación son el Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) y el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). El principal sistema de clasificación empleado para las capas del pavimento de una carretera es el sistema AASHTO.

Sistema de clasificación de la AASHTO

Este sistema se propuso en 1945 para el Highway Reserch Board's Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Road, clasificando al

suelo en 8 grupos principales del A-1 al A-8, basados en el análisis granulométrico, límite líquido e índice de plasticidad. Los materiales de grano grueso están en los grupos A-1 al A-3 y los materiales de grano fino están en los grupos A-4 al A-7. El grupo A-8 son turbas, fangos y suelo orgánico, identificados por inspección visual. [33] Los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7, emplean los valores del límite líquido e índice de plasticidad para determinar la plasticidad de las muestras de suelo según la carta de plasticidad de la AASHTO.

Gráfico N° 5: Carta de plasticidad de la AASHTO



Fuente: Norma AASHTO M-145 [35]

Tabla N° 8: Sistema de Clasificación de la AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
Tamiz N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamiz N° 40 (0.425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamiz N° 200 (0.075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx	No Plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

* Si $IP \leq LL - 30$, es A-7-5

* Si $IP > LL - 30$, es A-7-6

Fuente: Norma AASHTO M-145 [35]

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO

La compactación permite aumentar la resistencia del suelo y reducir la deformabilidad, permeabilidad y susceptibilidad a la erosión del suelo por efectos del agua. Este proceso se realiza mediante la aplicación de cargas transitorias de corta duración que permite reducir el contenido de aire del suelo, siendo así que el máximo peso volumétrico seco del suelo compactado se obtiene con cierto contenido de agua llamado contenido de humedad óptimo, dicho valor se obtiene con pruebas de laboratorio. En la ingeniería el grado aceptable de compactación, es cuando el peso volumétrico seco en campo es mayor o igual que el 95% del peso volumétrico óptimo obtenido en laboratorio. [32]

Las pruebas de laboratorio tienen como finalidad, disponer de muestras compactadas teóricamente con las condiciones de campo, para determinar las propiedades mecánica e hidráulicas del suelo y controlar que las técnicas y equipo de compactación usado en campo sean las correctas. [32]

Métodos de compactación

En laboratorio se toma en cuenta la forma en la que fue aplicada la energía de compactación sea esto estático, dinámico, por amasado o por vibración, el objetivo de esta consideración es reproducir teóricamente las condiciones en las que se compacto el suelo en campo que puede ser por rodillos neumáticos, rodillos lisos vibratorios, rodillo pata de cabra, etc. El método a usar depende del tipo de suelo. [32]

Proctor modificado

En 1933 R. R Proctor, presento 4 artículos a la revista Engineering New Record, los cuales se usaron de base para los ensayos de compactación usados actualmente. Cuando los equipos de aviación militar exigieron densidades de subrasante mayores a las que proporcionaba los ensayos de compactación tradicional, se introdujo el ensayo

de compactación modificado llamado Proctor Modificado, ensayo modificado AASHTO, que tiene las siguientes características:

- Molde de 944cm³
- Martillo de 44.5N
- Capas, son 5 con 25 golpes por capa
- Caída del martillo a 0.46m. [36]

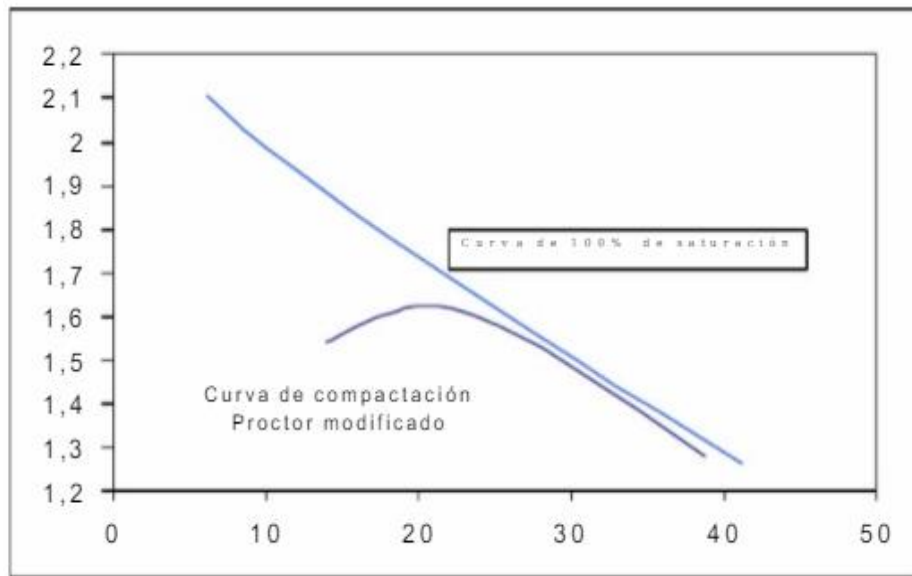
Imagen N° 25: Equipo de compactación



Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Este ensayo consiste en colocar la muestra de suelo con un contenido de agua, en un molde de compactación, en 5 capas mismas en las que se efectúa 25 o 56 golpes en cada una, usando un martillo modificado de 10lb (44.5N) el cual se deja caer desde una altura de 457mm, proporcionando al suelo un esfuerzo de compactación alrededor de 2700kNm/m³, al finalizar la capa se enrasa el suelo al volumen del molde y se registra la masa para determinar el peso unitario del suelo compactado. Este procedimiento se repite las veces necesarias con diferentes contenidos de agua para establecer una relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco. Con estos resultados se realiza un gráfico mismo que tiene una relación curvilínea denominada curva de compactación, de la cual se determina los valores de contenido de humedad óptimo y el peso unitario seco máximo. [37]

Gráfico N° 6: Curva de compactación y 100% de saturación



Fuente: Norma AASHTO T-180, [37]

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR

En 1929 se desarrolló por la División de Carreteras de California como una forma para clasificar la capacidad de un suelo que puede ser utilizado como subrasante, base o sub-base en la construcción de carreteras, luego fue adoptado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para construir aeropuertos. [36]

Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un número de relación de soporte conocido como número CBR o CBR, este número se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5mm, y si el valor es mayor en una penetración de 5mm se debe repetir el ensayo y si en esta repetición se obtiene el mismo resultado se toma este valor como aceptable. Los ensayos CBR se hacen usualmente con muestras compactadas con contenido de humedad óptimo, el que se determina utilizando el ensayo de compactación estándar o modificado (Proctor) [36] y luego son colocadas en una máquina de compresión que aplica fuerzas normales a una velocidad constante y con medidor dial se mide la penetración. [38]

En el diseño de pavimentos flexibles, el número CBR, es una pieza fundamental para evaluar la resistencia potencial de los materiales a usarse para base y subbase de las estructuras y brinda información sobre la expansión de la subrasante. [38] La siguiente tabla clasifica el suelo con base en el CBR.

Tabla N° 9: Clasificación del suelo con base en el CBR

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 – 5	Muy Mala	Sub - rasante
5 – 8	Mala	Sub - rasante
8 – 20	Regular – Buena	Sub - rasante
20 – 30	Excelente	Sub - rasante
30 – 60	Buena	Sub – base
60 – 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Norma AASHTO 93, [39]

DEFLEXIONES – VIGA BENKELMAN

Las deflexiones son parte de un estudio de pavimentos, tiene información de cómo se comporta el pavimento y la subrasante debido a las cargas móviles o estáticas que soporta la estructura. La medición y evaluación de las deflexiones permite identificar fallas y falencias estructurales, con ello determinando la intervención que se debe realizar en el pavimento [40]. Las deflexiones del pavimento flexible bajo efectos de las cargas de tráfico, se pueden determinar usando la viga Benkelman, que esta estandarizado en la AASHTO T-256. [41]

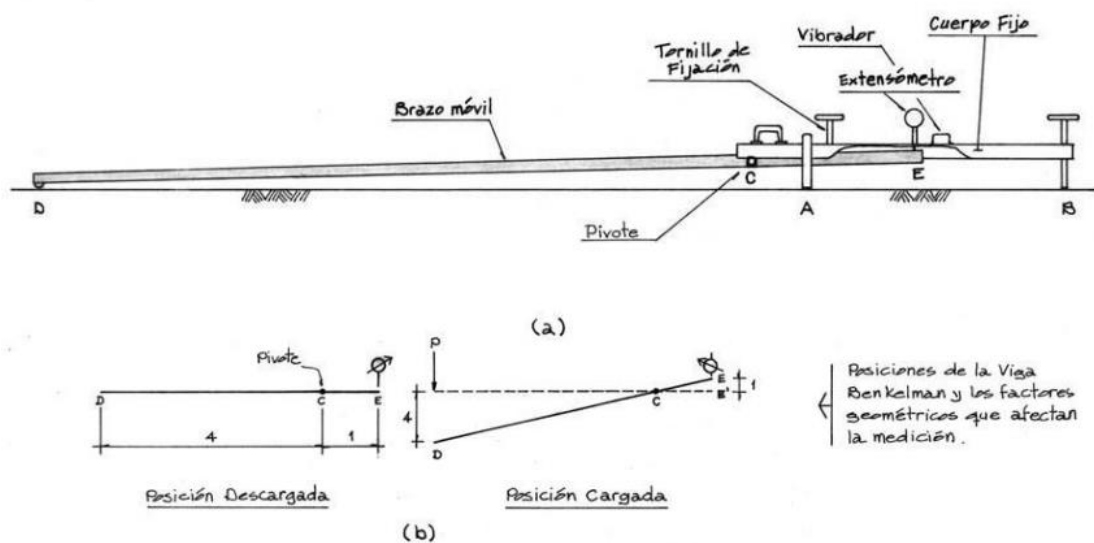
Viga Benkelman

En 1953 en Ing. Benkelman desarrollo el deflectometro Benkelman como parte del programa de ensayos viales de la ASSHO Road Test, a partir de ese entonces se usa ampliamente para la evaluación estructural de pavimentos flexibles, por su practicidad, naturaleza directa y objetiva de los resultados. [42]

El ensayo se realiza con un camión que tiene carga, tamaño de neumáticos, espaciamiento entre ruedas duales y presión normalizadas, se señala en el pavimento a 0.90cm desde la berma una marca misma que debe estar en medio de las dos ruedas duales, se coloca la viga tras la rueda, se ajusta en cero el dial medidor, se aleja el vehículo del punto de ensayo y se lee el valor de recuperación elástica sufrida por el pavimento. El ensayo permite determinar la deflexión vertical y puntual de una superficie con acción de una carga normalizada, transmitida por ruedas gemelas de un eje simple. [43]

Esta viga sigue el principio de la palanca, es un instrumento mecánico con diseño simple, según la imagen N°26, la viga consta de dos partes: 1. Cuerpo de sostén situada sobre el terreno con 3 apoyos siendo estos 2 fijos delanteros (punto A) y 1 regulable trasero (punto B) y 2. Brazo móvil acoplado al cuerpo fijo con una articulación de giro (punto C), uno de los extremos se apoya en el terreno (punto D) y otro en contacto sensible con el vástago de extensómetro de movimiento vertical (punto E). También tiene un vibrador para evitar que el dial indicador se trabe o cualquiera otra intervención exterior altere la lectura. [44]

Imagen N° 26: Esquema y principio de operación de la viga Benkelman



Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos, Hoffman & Águila [44]

1.2 OBJETIVOS:

1.2.1 Objetivo General

- Proponer un sistema de conservación vial en función de las características físicas de la Vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000 de la provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Ejecutar el levantamiento topográfico e inventario de la vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000.
- Determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y el número de ejes equivalentes de la vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000.
- Presentar un plan de mantenimiento a la Vía Camino Real sector Huachi Grande - Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000 de la provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente proyecto técnico trata sobre la implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura en la vía Camino Real Sector Huachi Grande- Montalvo, para lo cual se contempla la realización de varios ensayos de laboratorio y de campo para determinar propiedades características tanto del suelo y la capa de rodadura de la zona, siendo así que se utiliza algunos tipos de investigación.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Exploratoria

Este proyecto técnico busca proponer un adecuado sistema de conservación vial para el sector, por lo que es importante realizar un reconocimiento en campo del tramo vial en estudio, mediante toma de muestras del lugar, datos del tráfico vehicular, el levantamiento georreferenciado, evaluación de la estructura del pavimento con la viga Benkelman y aplicar el método PCI, lo que permitirá conocer las características y condiciones actuales del tramo de vía.

Investigación de Laboratorio

Los ensayos que se realizan en el proyecto para analizar y determinar las propiedades del suelo en las muestras tomadas, Análisis granulométrico, Límites Atterberg, Proctor Modificado, ensayo de Relación de Soporte de California (CBR), se desarrollan con equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos en la Universidad Técnica de Ambato, con estos resultados se podrá establecer soluciones para la conservación de la capa de rodadura.

Investigación Descriptiva

Se describe los ensayos de laboratorio, así como el ensayo de campo de la viga Benkelman que permite conocer las deflexiones verticales del pavimento flexible y el método PCI, mismo que son fundamentales para determinar las condiciones estructurales y fallas del pavimento, y proponer soluciones adecuadas según sea la severidad del daño en la capa de rodadura.

POBLACIÓN

La población es lo que se está investigando, por lo que se tomará como población a la Vía Camino Real, Sector Huachi Grande – Montalvo desde el km 0+000 hasta el km 4+000, en el cual se implementará un proceso de conservación de la capa rodadura para mejorar las condiciones viales del sector. Este tramo vial va desde el Paso Lateral de Ambato hasta el ingreso a Alobamba.

MUESTRA

Para este proyecto técnico se tomará muestras representativas en varios puntos de la Vía Camino Real desde el km 0+000 hasta el km 4+000, las cuales que serán recolectadas siguiendo las especificaciones técnicas establecidas en las normas para cada ensayo de laboratorio.

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Los equipos, materiales y normas utilizadas para el desarrollo del proyecto se detallan más adelante, en la tabla N° 10, cabe mencionar los equipos usados para los ensayos de laboratorio están disponibles en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

Tabla N° 10: Materiales, equipos y normas

Ensayo	Materiales	Equipos	Norma
Toma de muestras alteradas	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras de suelo in situ 	<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Pico • Barra • Fundas de polietileno • Sacos de polipropileno • Flexómetro 	NTE INEN 686
Georreferenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura 	<ul style="list-style-type: none"> • Estación total • Trípode • Prisma • Receptor satelital GPS eTrex Venture HC • Cinta Métrica 50m • Brocha 	
Medición de deflexiones	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Pintura 	<ul style="list-style-type: none"> • Viga Benkelman • Combo • Cíncel • Termómetro de mercurio • Cinta métrica 50m • Flexómetro 5m • Volqueta cargada con material sin clasificar, eje trasero peso 8.2tn. 	AASHTO T 256 - 01
Análisis Granulométrico	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras de suelo in situ 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamizadora • Juego de tamices • Brocha • Balanza digital (Sensibilidad 0.1g) • Horno (105°C) • Recipientes (Ø 25cm) 	ASTM C136 AASHTO T 88
Límite Líquido	<ul style="list-style-type: none"> • 250g de suelo que pasa por el tamiz N°40 • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Copa de Casagrande • Ranurador (Curvo o plana) • Calibrador • Mortero de porcelana (Ø 115mm) • Espátula • Recipientes de aluminio • Horno de secado • Balanza digital (sensibilidad 0.01g) • Tamíz N°40 	ASTM D 4318 AASHTO T 89

Límite Plástico	<ul style="list-style-type: none"> • 250g de suelo que pasa por el tamiz N°40 • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Placa de vidrio (30cm) • Mortero de porcelana (Ø 115mm) • Espátula • Recipientes de aluminio • Horno de secado • Balanza digital (sensibilidad 0.01g) • Tamíz N°40 	ASTM D4318 AASHTO T90
Proctor Modificado	<ul style="list-style-type: none"> • 20kg de suelo • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Bandeja metálica • Moldes cilíndricos de compactación • Disco espaciador • Martillo compactador • Enrasador • Brocha • Probeta • Palustre • Tamiz (3/4", 3/8" y N°4) • Balanza digital (sensibilidad 1g) • Recipientes de aluminio • Horno de secado 	AASHTO T-180 ASTM D1557
CBR (California Bearing Ratio)	<ul style="list-style-type: none"> • 20kg de suelo • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Molde cilíndrico de compactación • Disco espaciador • Martillo de compactación • Brocha • Probeta • Palustre • Tamiz (3/4", 3/8" y N°4) • Balanza digital (sensibilidad 1g) • Recipientes de aluminio • Horno de secado • Peso anular • Peso ranurada • Máquina automática MULTISPEED 	ASTM D1883 AASHTO T 193

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

2.2 MÉTODOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Norma utilizada: ASTM C 136-01 [45]

Procedimiento de ensayo:

- Secar las muestras de suelo por 24h en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$
- Pesar la cantidad necesaria de muestra de suelo.
- Pasar la muestra por el tamiz N°4 y sacudir manualmente de 3 a 5 minutos.
- Seleccionar los tamices desde el N°10 hasta el N°200, fuente y tapa, según la tabla N°7.
- Depositar en la malla superior el material que paso por el tamiz N°4 y ajustar bien la tapa.
- Colocar el juego de tamices en la tamizadora mecánica por 10 a 15 minutos.
- Pesar los materiales retenidos en cada malla, desde el tamiz de mayor diámetro, usando recipientes y una balanza de precisión de 0.01g.
- Registrar los resultados en una tabla de datos y la suma final del material retenido en cada malla, debe ser aproximadamente igual a la cantidad de material original colocada en los tamices, el porcentaje de error permitido es del 2%. [45]

LÍMITES ATTERBERG

- **Ensayo del límite líquido**

Norma utilizada: AASHTO T 89, ASTM D 4318 [46]

Procedimiento de ensayo:

- Pulverizar suficiente material secado al aire.
- Pasar el material por el tamiz N°40 y pesar de 150g a 200g
- Calibrar la caída de la Copa de Casagrande, usar el calibrador de 1cm de alto.
- Mezclar la muestra de suelo con pequeñas cantidades de agua en mortero de porcelana hasta alcanzar la consistencia homogénea.

- Colocar el material preparado en la copa con ayuda de una espátula, comprimiendo y extendiendo sin dejar burbujas de aire y profundidad de 1cm.
- Realizar el surco con el ranurador (curvo o plano), haciendo pasadas de arriba hacia debajo de forma perpendicular.
- Encender el equipo y contar el número de golpes hasta que la ranura se cierre por el flujo del suelo a lo largo de 13mm.
- Retirar el trozo de material que se unió con una espátula y colocarla en un recipiente para llevarlo al horno a temperatura de $110^{\circ} + 5^{\circ}\text{C}$ por 24h.
- Repetir este proceso unas 2 veces más, con la misma muestra de suelo e ir añadiendo agua para que aumenten o disminuyan el número de golpes, los 3 puntos deben estar comprendidos entre intervalo de 15 a 25, 25 a 35 y 20 a 30.
- Trazar una curva usando el contenido de humedad (escala aritmética – eje abscisas) y número de golpes (escala logarítmica- eje ordenadas) y el valor del contenido de humedad en 25 golpes se considera el límite líquido. [46]

- Ensayo del límite plástico

Norma utilizada: AASHTO T 90, ASTM D 4318 [46]

Procedimiento de ensayo:

- De la muestra preparada para el realizar el ensayo de límite líquido se toma entre 20g a 30g. Si está muy húmeda dejar secar en la placa de vidrio.
- Tomar porciones de 1.5 a 2.0g de suelo húmedo y amasarlo en forma elipsoidal.
- Colocar la masa en una placa de vidrio o en la palma de la mano con suficiente presión para formar un rollo de 3.2mm, mmo que al llegar a este diámetro debe fisurarse, el tiempo empleado para realizar el rollo no mayor a 2 minutos.
- Si el rollo tiene un diámetro de 3.2mm y no se fisura se debe volver a repetir el proceso, si en el segundo intento se desmorona antes del alcanzar el diámetro requerido se toma como válido.
- Colocar el material fisurado en 2 recipientes con un total 6g cada uno, por eso se debe realizar al menos 6 veces el proceso. [36]

PROCTOR MODIFICADO

Norma utilizada: AASHTO T 180, ASTM D 1557 [47]

Procedimiento de ensayo:

- Se prepara al menos 4 muestras previamente pasados por el tamiz N°4, 3/8" o 3/4" según el método a usarse A, B o C, estas muestras se colocan en recipientes lo suficientemente grandes para humedecerlas, los incrementos de contenido de agua deben ir desde el 2% - 4%.
- Determinar la masa del molde Proctor con su placa base, sin el collarín y luego ensamblar el molde y el collar a la placa base.
- Compactar 5 capas aproximadamente igual espesor, primero se debe colocar suelo suelto dentro del molde y extenderlo hasta tener un espesor uniforme, compactar la capa con el martillo compactador distribuyendo los golpes uniformemente, 25 golpes (Método A y B) y 56 golpes (Método C).
- El proceso se debe realizar igual en cada capa y en el collarín la última capa compactada debe sobresalir una altura máxima de 6mm.
- Retirar el collarín y enrasar cuidadosamente con un enrasador (regleta metálica).
- Determinar la masa del molde Proctor con su placa base y la masa de suelo compactada.
- Tomar una muestra de suelo compactada de la parte superior e inferior para determinar el contenido de humedad y colocar en el horno ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) por 24h.
- Repetir este proceso con 3 muestras de suelo preparadas.
- Con los resultados obtenidos dibujar una curva de compactación en escala aritmética, contenido de humedad (eje ordenado) y peso volumétrico seco (abscisas), dando una curva parabólica y el punto máximo se define como humedad óptima y peso volumétrico seco máximo. [48] [36]

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA – CBR

Norma utilizada: AASHTO T 193, ASTM D 1883 [49]

Procedimiento de ensayo:

- Para preparar la muestra se procede como indica las normas del Proctor Modificado (AASHTO T 180, ASTM D 1557), se utiliza el contenido de humedad óptimo y densidad máxima obtenido en el ensayo de compactación Proctor Modificado.
- Determinar el contenido de humedad natural del suelo y se añade la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima establecida en el ensayo de compactación y se mezcla bien la muestra.
- Pesar el molde con su base, colocar el collar y el disco espaciador y un papel filtro del mismo diámetro.
- Compactar la muestra de suelo tal como se describe en el ensayo del Proctor Modificado, se realiza este ensayo de compactación 3 veces, cada uno con diferente cantidad de golpes con 11, 25 y 56 respectivamente y con el mismo contenido de humedad óptimo establecido en el ensayo del Proctor Modificado.
- Quitar el collarín, enrasar, retirar la base y el disco espaciador y pesar el molde con el suelo compactado para determinar el peso de unitario total.
- Colocar un disco de papel filtro sobre la base e invertir la muestra de tal manera que el espacio dejado por el disco espaciador quede en la parte superior y ajustar el molde.
- **Muestra sumergida:** Se coloca en la superficie invertida una placa perforada con vástago y sobre esta se coloca las sobrecargas o pesas ranuradas que deben ser de aproximadamente 2.27kg y no por debajo de los 4.54kg.
- Sumergir todo el molde en un tanque y con un nivel de agua que sobrepase unos 20mm el extremo superior de la muestra.
- Colocar el trípode sobre el borde del molde y registrar la primera lectura en el dial, marcar la posición de las patas del trípode para tomar otra lectura al terminar el proceso de inmersión.

- Transcurrido 96 horas de inmersión, sacar la muestra, drenar el agua por 15 minutos, retirar las sobrecargas, secar la superficie de la muestra, pesar la muestra sumergida con el molde y llevar a la máquina de compresión
- **Para muestra no sumergidas:** Retirar el papel filtro, colocar las sobrecargas y llevar a la máquina de penetración CBR.
- **Máquina CBR:** Colocar el disco espaciador en la parte inferior del molde para alzarlo, para evitar el empuje hacia arriba de la muestra de suelo poner sobre la muestra de suelo una pesa ranurada, regular hasta que el pistón y la muestra de suelo estén en contacto.
- Añadir las demás pesas ranuradas hasta tener un peso no menor a 4.54kg.
- Colocar en cero el dial medidor y se procede a darle carga a la muestra de suelo, para obtener el valor CBR.
- Terminado el proceso desmontar el molde y tomar una muestra de la parte superior e inferior del molde, para determinar el contenido de humedad. [38] [36]

ENSAYO DE CAMPO

MEDICIONES DE DEFLEXIONES - VIGA BENKELMAN

Norma utilizada: AASHTO T 256 - 01 [50]

Procedimiento de ensayo:

- Marcar sobre el pavimento el punto de medición y trazar un eje auxiliar. Se recomienda utilizar las distancias detalladas en la siguiente tabla N°11.

Tabla N° 11: Distancias recomendadas desde el borde del pavimento

Ancho de carril	Distancia desde el borde del pavimento
2.70m	0.45m
3.00m	0.60m
3.30m	0.75m
3.60m o más	0.90m

Fuente: INV E 795-13, [43]

- Detener el camión cuando la rueda dual externa este sobre el punto de ensayo antes señaladas sobre el pavimento.
- Poner la viga sobre el pavimento detrás del camión, de forma perpendicular al eje de carga para que la punta del brazo de medida quede entre las dos llantas sobre el punto marcado.
- Liberar el seguro del brazo y ajustar la base de la viga con el tornillo trasero, para que la parte posterior del brazo quede en contacto con el dial medidor.
- Ajustar el dial medidor en cero y tomar la lectura golpeando suavemente con un lápiz.
- Desplazar lentamente el camión y realizar los ensayos en todos los puntos trazados en la vía.
- Realizar un orificio con la barrenadora de 40mm de profundidad y 10mm de diámetro, a 55mm del eje de medición, rellenar con glicerina e introducir el termómetro para obtener la temperatura del pavimento.
- Calcular la deflexión de la superficie del pavimento en cada punto ensayado. [43]

2.2.1 Plan de recolección de datos

- Levantamiento topográfico, realizado con el Receptor satelital GPS eTrex Venture HC, en una longitud de 4km de la vía Camino Real, obteniendo datos georreferenciados en el sistema de coordenadas UTM del borde derecho, borde izquierdo y eje de vía, se usa también una cinta métrica para los anchos de vía y con pintura se marcará las abscisas a cada 20m, y conjunto se desarrolla el inventario vial donde se detalla las características físicas, geométricas y de diseño.
- El estudio de tráfico para constatar la cantidad y tipo de vehículos que circulan por esta vía Camino Real, se realiza mediante un conteo manual durante una semana (7 días), por 12 horas al día, con ayuda de una ficha de registro donde se anotan los vehículos que transitan por la vía, para facilitar el registro se lo realiza en intervalos de 15 minutos.
- Para aplicar el método PCI y conocer las condiciones actuales del pavimento se realiza una recorrido e inspección visual por todo el tramo de vía en estudio, llevando un registro fotográfico y en una ficha de registro con lo que se determina las fallas que tiene el pavimento flexible y el valor PCI.
- Con la Viga Benkelman se registra las deflexiones verticales que presenta la superficie de la capa de rodadura, estas deflexiones se toman a 0m – 0.25m – 0.50m – 1.00m – 5.00m y 8.00m, con una separación de 90cm de la berma hacia adentro y con ayuda de una volqueta cargada, tal como se detalla en el procedimiento de ensayo de la Viga Benkelman. Los puntos para medir las deflexiones serán a cada 200m alternando el lado del carril y registrados en una ficha de registro para su posterior análisis.
- Para obtener las muestras de suelo para los ensayos de laboratorio se realiza un recorrido por la vía Camino Real en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000, estas muestras se extraen mediante calicatas de 1.00m x 1.00m con profundidad de 0.80m a 1.00m a cada 1000m, obteniendo 4 muestras del tramo de vía. En estas muestras de suelo se efectuaron los siguientes ensayos:
 1. Análisis granulométrico
 2. Límites Atterberg (Límite Líquido, límite plástico)
 3. Proctor modificado
 4. Relación de Soporte California – CBR

2.2.2 Plan de procesamiento y análisis de información

Para procesar y analizar la información obtenida en campo y en laboratorio se sigue el siguiente procedimiento:

- Utilizar los resultados del conteo manual y determinar el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) y ejes equivalentes, de esta manera analizar la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la vía en estudio.
- Investigar el método de evaluación no destructiva de la estructura del pavimento flexible usando la Viga Benkelman, e interpretar los resultados adecuadamente para realizar una buena intervención en la rehabilitación y mantenimiento del pavimento.
- Identificar la cantidad y tipos de falla que presente la capa de rodadura a lo largo del tramo en estudio, sean estas leves o severas mediante la aplicación del método PCI.
- Determinar el tipo de suelo de las 4 muestras ensayadas, utilizando el sistema de clasificación AASHTO.
- Proponer un sistema de conservación vial en la abscisa 0+000 hasta 4+000 en la vía Camino Real, consiguiendo así que el pavimento flexible cumpla satisfactoriamente con la vida útil para la cual fue diseñada.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.1.1 Recolección de datos

Para realizar el adecuado mantenimiento vial es fundamental conocer el estado actual de la estructura del pavimento por lo que, para la recopilación de datos de la presente investigación, se realizó mediante una inspección visual, conteos vehiculares, ensayos de campo y de laboratorio con las muestras que se obtuvieron en Vía Camino Real sector Huachi Grande - Montalvo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000 de la provincia de Tungurahua.

Los resultados de los diferentes estudios y ensayos realizados en el tramo fueron tabulados y analizados, mismos que se presentan en las siguientes tablas.

3.1.2. Zona de estudio

El tramo en estudio es la vía Camino Real sector Huachi Grande - Montalvo desde de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000, ubicado en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. (Anexo A)

Tabla N° 12: Coordenadas del Proyecto – Vía Camino Real

Descripción del tramo	Abscisa	Coordenadas Sistema WGS 84 Zona 17 S	
		Norte	Este
Inicio	Km 0+000	9856103.00 m	763492.00 m
Fin	Km 4+000	9852185.00 m	762786.00 m

Fuente: Andrés Pérez, 2022 (Autor)

3.1.3. Levantamiento georreferenciado (Sistema WGS 84)

El levantamiento topográfico georreferenciado del tramo en estudio, se realizó con equipos de precisión como la estación total, GPS y equipos de seguridad. Se inicio en la abscisa 0+000 (Intersección entre el paso lateral de Ambato y Camino Real) y se termina en la abscisa 4+000, el abscisado se realizó a cada 20m de distancia y se mide el ancho de vía, con promedio de 7.30m. El equipo proporciona los siguientes datos la ubicación, las coordenadas y elevación, los que se exportan a hojas de Excel y luego al programa AutoCAD Civil 3D, donde realizó el plano topográfico. (ANEXO F)

3.1.4. Análisis e interpretación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

3.1.4.1. Conteo Vehicular

La capa de rodadura sufre constante desgaste debido a los vehículos que circulan por la mismo, es por ello que es fundamental para un buen plan de mantenimiento vial conocer los tipos de vehículos que transitan.

Para conocer el tráfico vehicular del sector el método más confiable es el conteo manual, ya que esto se realiza con un técnico capacitado que registra la información de los vehículos circulan por cada carril.

Se uso una sola estación de conteo manual frente a la Estación de Bomberos, en la abscisa km 0+460, parroquia Huachi Grande, el tiempo establecido para el conteo fue de una semana (lunes a domingo), desde las 7:00am hasta las 6:00pm, en intervalos de 15 minutos, con ayuda de una ficha registro donde se anotó los tipos y cantidad de vehículos que circulan por la vía. (ANEXO B)

Imagen N° 27: Estación de conteo vehicular



Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Tabla N° 13: Coordenadas de la Estación de Conteo Manual

Descripción	Abscisa	Coordenadas Sistema WGS 84 Zona 17 S	
		Norte	Este
Estación de conteo	Km 0+460	9855661.00 m	763416.00 m

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.4.2. Cálculos

Método de la Trigésima Hora para determinación del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para realizar el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual, se realiza el resumen del conteo vehicular de la vía Camino Real del tramo 0+000 hasta 4+00 Km, que se detalla en la tabla N°14.

Tabla N° 14: Resumen semanal del número de vehículos por día y hora

Hora	Días						
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
7h00- 8h00	583	421	461	447	424	521	424
8h00- 9h00	568	501	512	527	567	529	549
9h00- 10h00	548	466	485	527	546	553	534
10h00- 11h00	537	426	426	429	496	497	535
11h00- 12h00	545	454	485	506	521	502	541
12h00- 13h00	555	473	509	513	538	476	539
13h00- 14h00	603	516	562	547	584	577	579
14h00- 15h00	580	507	540	538	526	535	559
15h00- 16h00	625	579	650	612	572	628	630
16h00- 17h00	634	603	603	619	619	639	636
17h00- 18h00	743	494	601	776	656	538	733
TOTAL	6521	5440	5834	6041	6049	5995	6259

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En la tabla N°14, se evidencia que el día Lunes 17 enero de 2022, se registró mayor cantidad de vehículos que circulan por la vía en estudio durante la semana, siendo esto de 6521 vehículos en total y a su vez se determina que la hora pico fue desde las 17:00pm a 18:00pm, con un total de 743 vehículos.

Cálculo del Factor de Hora Pico

En la tabla N°15, se encuentra detallado los tipos y la cantidad de vehículos que circulan en la hora pico o trigésima hora de la semana, del día Lunes 17 enero 2022.

Tabla N° 15: Resumen de Hora Pico

HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes			
17h00 - 17h15	103	51	2	7	0	14	4	2	0	20	183	183
17h15 - 17h30	114	64	6	5	1	4	3	3	1	11	201	384
17h30 - 17h45	108	55	4	3	3	0	2	2	1	5	178	562
17h45 - 18h00	106	62	5	3	0	2	1	2	0	5	181	743
Sumatoria parcial	431	232	17	18	4	20	10	9	2			

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Q_{15máx}}$$

Nomenclatura:

FHP = Factor de Hora Pico

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

Q_{15máx} = Volumen máximo de vehículos registrado durante 15 minutos de la hora pico

$$FHP = \frac{743}{4 * 201}$$

$$FHP = 0.924$$

Para obtener un tránsito uniforme, el factor de hora pico FHP debe ser igual a 1.

Cálculo del Tránsito Existente Actual (TPDA actual)

Se toma en cuenta el volumen de la 30ava hora de diseño, proyectada para 10 y 20 años, según normas se establece que para zonas rurales la constante k esta entre 12% - 18%, en este caso se tomará k = 15%, según la tabla N°16.

Tabla N° 16: Constante k de TPDA

Zona	Valor constante k de TPDA
Urbana	8% - 12%
Rural	12% - 18%

Fuente: NEVI, MTOP, [12]

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP * FHP}{k}$$

Nomenclatura:

TPDA_{actual} = Tráfico Promedio Diario Anual Actual

FHP = Factor de Hora Pico

VHP = Volumen vehicular durante la hora pico

k = Porcentaje de la 30ava hora de diseño

- **Cálculo del TPDA actual – Vehículos livianos, buses y vehículos pesados**

$$TPDA_{actual} = \frac{743 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{actual} = 4953 \text{ Veh/día}$$

Tabla N° 17: Tránsito Existente Actual (TPDA actual)

Tipo de vehículo	VHP (veh/día)	TPDA _{actual} (veh/día)
Livianos	680	4533
Buses	22	147
Pesados (Camiones)	41	273
TOTAL	743	4953

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En la tabla N° se detalla la cantidad de vehículos según el tipo que circula durante la hora pico y tránsito existente actual total es $TPDA_{actual} = 4953$ veh/día.

Cálculo del Tráfico Atraído

Para realizar este cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$T_{at} = 10\% * TPDA_{actual}$$

Nomenclatura:

T_{at} = Tráfico atraído

$TPDA_{actual}$ = Tráfico Promedio Diario Anual Actual

- Cálculo del T_{at} – Vehículos livianos, buses y vehículos pesados

$$T_{at} = 10\% * 4953$$

$$T_{at} = 495 \text{ veh/día}$$

Tabla N° 18: Tráfico Atraído (T_{at})

Tipo de vehículo	TPDAactual (veh/día)	Tráfico Atraído T_{at} (veh/día)
Livianos	4,533	453
Buses	147	15
Pesados (Camiones)	273	27
TOTAL	4953	495

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

El tráfico atraído es $T_{at} = 495$ veh/día.

Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Total

Para realizar este cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$TPDA_{total} = TPDA_{actual} + T_{at}$$

$$TPDA_{total} = 4953 + 495$$

$$TPDA_{total} = 5449 \text{ veh/día.}$$

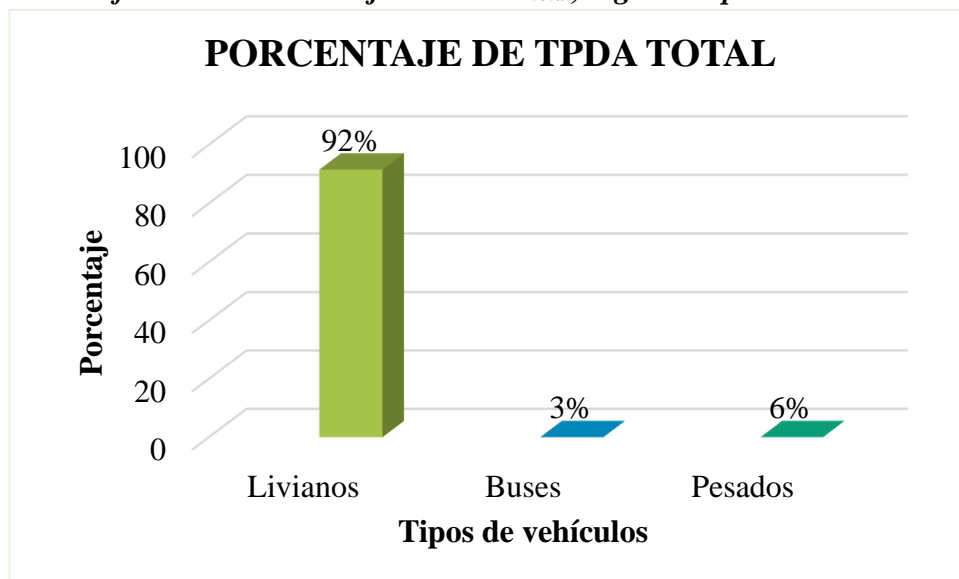
Tabla N° 19: Tráfico Promedio Diario Anual Total)

Tipo de vehículo	TPDAactual (veh/día)	Tráfico Atraído Tat (veh/día)	TPDAtotal (veh/día)	Porcentaje
Livianos	4,533	453	4987	92%
Buses	147	15	161	3%
Pesados (Camiones)	273	27	301	6%
TOTAL	4953	495	5449	100%

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En la tabla N°19, se especifica el $TPDA_{total} = 5449$ veh/día y el porcentaje para cada tipo de vehículo siendo para livianos 4987veh/día representando el 92%, buses 161veh/día representando el 3% y pesados 301veh/día representando el 6%.

Gráfico N° 7: Porcentaje del $TPDA_{total}$, según el tipo de vehículo



Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En base a los resultados de la tabulación y la representación gráfica se determina que en la vía Camino Real Sector Huachi Grande – Montalvo en el tramo 0+00 hasta 4+000, los vehículos livianos son los que más transitan por esta vía y los que menos transitan son los buses.

Cálculo del Tráfico Futuro

Para realizar el cálculo del tráfico futuro de la vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo del cantón Ambato, provincia de Tungurahua se hace una proyección del tráfico para varios años siendo este para 20 años, desde el año 2022 hasta el año 2042, y se utiliza la siguiente formula:

$$Tf = TPDA_{total} * (1 + i)^n$$

Nomenclatura:

Tf = Tráfico futuro

TPDA_{total} = Tráfico Promedio Diario Anual total

i = Índice de crecimiento vehicular

n = Número de años a futuro

Tabla N° 20: Índice de crecimiento vehicular

Período	Tipos de Vehículos		
	Livianos	Buses	Pesados (Camiones)
2016 - 2020	2.44	1.17	2.9
2021 - 2025	3.1	1.05	2.61
2025 - 2030	2.82	0.95	2.38
2030 - 2035	2.82	0.95	2.38
2035 - 2040	2.82	0.95	2.38
2040 - 2045	2.82	0.95	2.38

Fuente: MTOP – Estudio de Tráfico, [12]

En la tabla N°20, se observa la proyección del tráfico vehicular en un período de 20 años, en donde se prevé para el 2042 un flujo vehicular de 9374veh/día.

Tabla N° 21: Tráfico Futuro Total de la Vía Camino Real

Año	Índice de crecimiento (i%)			Tráfico futuro (Veh/día)			TPDA Futuro (Veh/día)
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Pesados (Camiones)	
2022	3.1	1.05	2.61	4987	161	301	5449
2023	3.1	1.05	2.61	5142	163	309	5614
2024	3.1	1.05	2.61	5301	165	317	5783
2025	3.1	1.05	2.61	5466	167	326	5959
2026	2.82	0.95	2.38	5574	168	330	6072
2027	2.82	0.95	2.38	5731	169	338	6238
2028	2.82	0.95	2.38	5893	171	346	6410
2029	2.82	0.95	2.38	6059	173	354	6586
2030	2.82	0.95	2.38	6230	174	364	6768
2031	2.82	0.95	2.38	6406	176	372	6954
2032	2.82	0.95	2.38	6586	177	380	7143
2033	2.82	0.95	2.38	6772	179	389	7340
2034	2.82	0.95	2.38	6963	181	400	7544
2035	2.82	0.95	2.38	7159	183	409	7751
2036	2.82	0.95	2.38	7361	184	418	7963
2037	2.82	0.95	2.38	7569	186	428	8183
2038	2.82	0.95	2.38	7782	188	438	8408
2039	2.82	0.95	2.38	8002	190	448	8640
2040	2.82	0.95	2.38	8227	191	460	8878
2041	2.82	0.95	2.38	8459	193	471	9123
2042	2.82	0.95	2.38	8698	195	481	9374

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Clasificación de la vía en función del Tráfico Futuro

Según la tabla N° 22, de la Norma para Estudios Viales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, las carreteras se clasifican de acuerdo al volumen de tráfico.

Tabla N° 22: Clasificación de funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: MTOP, [12]

La vía Camino Real sector Huachi Grande-Montalvo, desde la abscisa 0+000 hasta 4+000km, tiene un Tráfico Promedio Diario Anual, TPDA de 5449veh/día y con la proyección a un periodo de 20 años, se tiene un valor de Tráfico Futuro (Tf) de 9374veh/día. En base al resultado del Tráfico Futuro y los datos de la tabla de clasificación, se debería diseñar según las características de una Autovía o Carretera Multicarril – AV1, para satisfacer adecuadamente las necesidades de la población que circula por esta vía.

Cálculo de ejes equivalentes

Por la vía en estudio circulan vehículos pesados, por tanto, se debe transformar a ejes equivalentes, utilizando la siguiente formula:

$$W_{18} = \left[\left(\sum FD * TPDA \right) * 365 \right] * Fd * Dl$$

Nomenclatura:

W₁₈ = número de ejes equivalentes

TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual Actual

FD = Factor de daño, según el tipo de vehículo

Fd = Factor de distribución direccional

Dl = Porcentaje de W₁₈ en el carril Dl

Tabla N° 23: Valores de factores de daño en relación al tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de daño (FD)
	Tons	(p/6.6) ^4	Tons	(p/8.2) ^4	Tons	(p/15) ^4	Tons	(p/23) ^4	
Bus	4	0.13491624	8	0.90595064					1.041
C-2P	2.5	0.02058658							1.286
	7	1.26536675							
C-2G	6	0.68301346	11	3.23828696					3.921
C-3	6	0.68301346			18	2.074			2.757
C-5	6	0.68301346			18	2.074			
	6				18	2.074			4.830

Fuente: Guía técnica de pavimentos de Ing. Fricson Moreira, [25]

Esta fórmula se usa para calcular todos los ejes equivalentes de los años proyectados.

$$W_{18} = [((161*1.041)+(147*1.286)+(73*3.921)+(66*2.757)+(15*4.830))*365]*05*1]$$

$$W_{18} = 163621 \text{ ejes equivalentes}$$

Ejes equivalentes para el año 2022, es de 163621.

Tabla N° 24: Ejes equivalentes W_{18} del tramo en estudio

Años	Tráfico Futuro por tipo de vehículo						TPDA Futuro Total	W18 Acumulado	W18 carril diseño
	Livianos	Buses	Pesados						
			C-2P	C-2G	C-3	C-5			
2022	4987	161	147	73	66	15	5449	163621	81811
2023	5142	163	150	75	68	16	5614	1345929	672965
2024	5301	165	154	77	70	16	5783	2563535	1281768
2025	5466	167	158	79	72	16	5958	3817579	1908790
2026	5574	168	161	81	74	16	6074	5096284	2548142
2027	5731	169	165	82	76	16	6239	6409672	3204836
2028	5893	171	169	84	78	17	6412	7758928	3879464
2029	6059	173	173	86	81	17	6589	9145694	4572847
2030	6230	174	177	89	84	18	6772	10570685	5285343
2031	6406	176	181	91	87	18	6959	12035085	6017543
2032	6586	177	186	93	90	19	7151	13540135	6770068
2033	6772	179	190	95	93	19	7348	15086493	7543247
2034	6963	181	194	97	96	19	7550	16675110	8337555
2035	7159	183	199	100	99	20	7760	18307651	9153826
2036	7361	184	204	102	102	20	7973	19985021	9992511
2037	7569	186	209	104	105	21	8194	21708594	10854297
2038	7782	188	214	106	108	21	8419	23479320	11739660
2039	8002	190	219	109	111	22	8653	25298529	12649265
2040	8227	191	224	112	114	22	8890	27166936	13583468
2041	8459	193	229	114	117	23	9135	29086106	14543053
2042	8698	195	235	117	121	23	9389	31058965	15529483

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.5. Análisis e interpretación de los resultados del Índice de Condición del Pavimento PCI

El método PCI se trata de un análisis visual por todo el tramo de estudio, para verificar el nivel de daño de la vía y los tipos de falla que existen en la misma.

3.1.5.1. Cálculos

Determinar las unidades de muestreo

Tabla N° 25: Datos del tramo de vía

Ancho de la calzada	7.30m
Long del tramo	4000m
Área del tramo	230m ²
Error admisible estimado para PCI de la sección (e)	5%
Desviación estándar PCI para pavimentos asfálticos (σ)	10

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

- **Cálculo de la longitud de la unidad de muestra**

Se utiliza la siguiente formula:

$$L = \frac{A}{Av}$$

Nomenclatura:

L = Longitud de la unidad de muestra

A = Área de muestreo

Av = Ancho de vía

$$L = \frac{230}{7.40}$$

$$L = 31.507m \approx 32.0m$$

La longitud para realizar la inspección visual es de 32m.

- **Cálculo del número total de unidades de muestreo**

Se utiliza la siguiente formula:

$$N = \frac{Lt}{L}$$

Nomenclatura:

N = Número total de unidades de muestreo

Lt = Longitud del tramo vial

L = Longitud de cada unidad de muestra

$$N = \frac{4000}{32}$$

$$N = 126.956 \approx 127.0 \text{ unidades}$$

La cantidad total de unidades de muestreo es de 127 unid.

- **Cálculo del número mínimo de unidades de muestreo**

Se utiliza la siguiente formula:

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

Nomenclatura:

n = Número mínimo de unidades de muestreo

σ = Desviación estándar PCI para pavimentos asfálticos

e = Error admisible estimado para PCI de la sección

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

$$N = 14.301 \approx 14 \text{ unidades}$$

La cantidad mínima de unidades de muestreo es de 14 unid.

- **Cálculo del Intervalo de muestreo**

Se utiliza la siguiente formula:

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

Nomenclatura:

i = Intervalo de muestreo

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

$$i = 8.872 \approx 9$$

El intervalo de muestreo es de 9.

- **Cálculo del espaciamiento entre unidades de muestreo**

Se utiliza la siguiente formula:

$$E = \frac{i}{L}$$

Nomenclatura:

E = Espaciamiento entre las unidades de muestreo

$$E = \frac{9}{32}$$

$$E = 280\text{m}$$

El espaciamiento entre las unidades es de 280m

Según los cálculos realizados se determina que el número de muestras a inspeccionar y evaluar en el tramo en estudio, es de 14 unidades en intervalos de 9, con una longitud de 32m y con 280m de espaciamiento entre cada muestra. El análisis de las fallas de la superficie del pavimento se encuentra en el ANEXO C.

Tabla N° 26: Rangos de clasificación de los valores PCI

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

Fuente: Pavimentos: materiales, construcción y diseño, Rondón & Reyes, 2015, [28]

En la tabla N27 de detalla el estado en el que se encuentra las 14 unidades de muestreo analizadas y evaluadas, y se obtiene un valor promedio PCI de 81.64%, lo que según la tabla N°26 del rango de clasificación valores PCI, determina la calidad de vía como muy buena, indicando esto que requiere de un mantenimiento rutinario y periódico para que las fallas no se extiendan.

Tabla N° 27: Resumen del Análisis de los Valores PCI

Unidad	Ancho de vía.	Abscisa		Área (m ²)	PCI %	Calidad de la vía.
		Inicial	Final			
U1	7.31 m	0+000	0+032	230.32 m ²	83	Muy buena
U2	7.29 m	0+312	0+344	229.68 m ²	88	Excelente
U3	7.33 m	0+614	0+645	230.95 m ²	71	Muy buena
U4	7.36 m	0+915	0+947	231.89 m ²	88	Excelente
U5	7.33 m	1+217	1+248	230.95 m ²	73	Muy bueno
U6	7.27 m	1+518	1+550	229.05 m ²	72	Muy bueno
U7	7.25 m	1+820	1+851	228.42 m ²	85	Excelente
U8	7.28 m	2+121	2+153	229.37 m ²	96	Excelente
U9	7.31 m	2+423	2+454	230.32 m ²	88	Excelente
U10	7.29 m	2+724	2+756	229.68 m ²	68	Bueno
U11	7.25 m	3+026	3+057	228.42 m ²	68	Bueno
U12	7.30 m	3+327	3+359	230.00 m ²	85	Muy bueno
U13	7.32 m	3+629	3+660	230.63 m ²	97	Excelente
U14	7.34 m	3+930	3+962	231.26 m ²	81	Muy bueno
PROMEDIO DEL TRAMO					81.64	Muy bueno

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.6. Análisis e interpretación de los resultados del Ensayo de Deflexiones con la viga Benkelman

Para medir las deflexiones en la capa de rodadura de la vía Camino Real, sector Huachi Grande, se señaló los puntos de ensayo a cada 200m, donde se ubicó el camión a 90cm desde el borde de la vía, en distancias de 0cm, 25cm, 50cm, 100cm, 500cm, 800cm, alternando los carriles en cada tramo y tomando la temperatura, las lecturas se detallan en la tabla N°28.

Tabla N° 28: Lecturas de la deflexión en campo

N°	Abscisa	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						T (°C)	Espesor cm
		d0	d25	d50	d100	d500	d800		
1	0+000	0	4	10	13	17	17	37	5
2	0+200	0	5	8	12	15	15	39	5
3	0+400	0	4	9	13	16	16	40	5
4	0+600	0	2	5	7	14	14	38	5
5	0+800	0	3	7	9	14	14	25	5
6	1+000	0	3	6	8	11	11	25	5
7	1+200	0	4	7	10	18	18	35	5
8	1+400	0	4	8	11	13	13	37	5
9	1+600	0	4	6	12	16	16	38	5
10	1+800	0	3	8	11	13	13	40	5
11	2+000	0	4	7	10	14	14	39	5
12	2+200	0	4	9	12	15	15	38	5
13	2+400	0	3	10	14	17	17	38	5
14	2+600	0	4	10	14	15	15	39	5
15	2+800	0	4	9	11	13	13	43	5
16	3+000	0	5	11	14	16	16	42	5
17	3+200	0	2	11	13	18	18	45	5
18	3+400	0	2	9	12	15	15	46	5
19	3+600	0	3	7	11	10	10	41	5
20	3+800	0	3	6	11	14	14	40	5
21	4+000	0	5	12	15	17	17	41	5

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.6.1. Cálculos

Para encontrar las deflexiones reales se debe realizar correcciones a las deflexiones registradas en campo, según relación de brazos, efecto de la temperatura y estacionalidad.

Corrección por relación de brazo

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

Nomenclatura:

D = Deflexiones a 0cm, 25cm, 50cm, 100cm, 500cm, 800cm.

Df = Deflexión final a una distancia de 8m.

Do = Deflexión inicial en cada punto marcado.

RB = Relación de brazos de la viga Benkelman (normalmente 1:2).

Cálculo típico

$$D = 2 * (17 - 0)$$

$$D = 33 \times 10^{-2} \text{mm}$$

Tabla N° 29: Deflexiones corregidas según la relación de brazos.

N°	ABSCISA	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						T (°C)	Espesor cm
		d0	d25	d50	d100	d500	d800		
1	0+000	33	25	14	8	0	0	37	5
2	0+200	29	19	13	6	0	0	39	5
3	0+400	32	24	14	6	0	0	40	5
4	0+600	28	24	18	15	0	0	38	5
5	0+800	27	21	14	10	0	0	25	5
6	1+000	21	16	10	6	0	0	25	5
7	1+200	35	28	21	15	0	0	35	5
8	1+400	25	18	9	3	0	0	37	5
9	1+600	31	23	20	8	0	0	38	5
10	1+800	26	20	10	5	0	0	40	5
11	2+000	27	19	13	7	0	0	39	5
12	2+200	29	22	12	6	0	0	38	5
13	2+400	33	28	14	5	0	0	38	5
14	2+600	30	23	11	2	0	0	39	5
15	2+800	26	18	9	4	0	0	43	5
16	3+000	32	22	11	5	0	0	42	5
17	3+200	35	31	13	10	0	0	45	5
18	3+400	30	26	12	7	0	0	46	5
19	3+600	19	14	5	-2	0	0	41	5
20	3+800	27	21	15	6	0	0	40	5
21	4+000	33	23	10	4	0	0	41	5

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Corrección por efecto de la temperatura

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

Nomenclatura:

$D_{20^{\circ}C}$ = Deflexiones corregida por la temperatura estándar de 20°C.

Dt = Deflexión recuperable

e = Espesor de la carpeta asfáltica (cm)

T = Temperatura del pavimento (C°)

K = Constante para capas granulares, 1×10^{-3} (1/cm x °C)

Cálculo típico

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{33}{1 \times 10^{-3} * (47 - 20^{\circ}C) * 5 + 1}$$

$$D_{20^{\circ}C} = 30.4mm$$

Tabla N° 30: Deflexiones corregidas por efecto de la temperatura

N°	ABSCISA	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						T (°C)
		d0	d25	d50	d100	d500	d800	
1	0+000	30.41	23.04	12.90	7.37	0.00	0.00	37
2	0+200	26.48	17.35	11.87	5.48	0.00	0.00	39
3	0+400	29.09	21.82	12.73	5.45	0.00	0.00	40
4	0+600	25.69	22.02	16.51	13.76	0.00	0.00	38
5	0+800	26.34	20.49	13.66	9.76	0.00	0.00	25
6	1+000	20.49	15.61	9.76	5.85	0.00	0.00	25
7	1+200	32.56	26.05	19.53	13.95	0.00	0.00	35
8	1+400	23.04	16.59	8.29	2.76	0.00	0.00	37
9	1+600	28.44	21.10	18.35	7.34	0.00	0.00	38
10	1+800	23.64	18.18	9.09	4.55	0.00	0.00	40
11	2+000	24.66	17.35	11.87	6.39	0.00	0.00	39
12	2+200	26.61	20.18	11.01	5.50	0.00	0.00	38
13	2+400	30.28	25.69	12.84	4.59	0.00	0.00	38
14	2+600	27.40	21.00	10.05	1.83	0.00	0.00	39
15	2+800	23.32	16.14	8.07	3.59	0.00	0.00	43
16	3+000	28.83	19.82	9.91	4.50	0.00	0.00	42
17	3+200	31.11	27.56	11.56	8.89	0.00	0.00	45
18	3+400	26.55	23.01	10.62	6.19	0.00	0.00	46
19	3+600	17.19	12.67	4.52	-1.81	0.00	0.00	41
20	3+800	24.55	19.09	13.64	5.45	0.00	0.00	40
21	4+000	29.86	20.81	9.05	3.62	0.00	0.00	41

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Corrección por efecto de la estacionalidad

Es importante evaluar las deflexiones por épocas del año, porque el clima es fundamental para la durabilidad de la capa asfáltica, es así que según la tabla N°31 señala los factores varían según el tipo de suelo de la subrasante, estación lluviosa y seca. El ensayo de la Viga Benkelman se realizó en una estación seca y con suelo arenoso–permeable, determinando el factor de corrección 1.2.

Tabla N° 31: Factores para corrección por estacionalidad

Tipo de suelo Subrasante	Estación Lluviosa	Estación Seca
Arenosa - Permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa - Sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial Perú, [51]

$$D = 1.2 * D_{(20^{\circ}C)}$$

Nomenclatura:

$D_{20^{\circ}C}$ = Deflexiones corregida por la temperatura estándar de 20°C.

D = Deflexión corregida con el factor de estacionalidad

Tabla N° 32: Deflexiones corregidas por efecto de la estacionalidad

N°	ABSCISA	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)					
		d0	d25	d50	d100	d500	d800
1	0+000	36.5	27.6	15.5	8.8	0.0	0.0
2	0+200	31.8	20.8	14.2	6.6	0.0	0.0
3	0+400	34.9	26.2	15.3	6.5	0.0	0.0
4	0+600	30.8	26.4	19.8	16.5	0.0	0.0
5	0+800	31.6	24.6	16.4	11.7	0.0	0.0
6	1+000	24.6	18.7	11.7	7.0	0.0	0.0
7	1+200	39.1	31.3	23.4	16.7	0.0	0.0
8	1+400	27.6	19.9	10.0	3.3	0.0	0.0
9	1+600	34.1	25.3	22.0	8.8	0.0	0.0
10	1+800	28.4	21.8	10.9	5.5	0.0	0.0
11	2+000	29.6	20.8	14.2	7.7	0.0	0.0
12	2+200	31.9	24.2	13.2	6.6	0.0	0.0
13	2+400	36.3	30.8	15.4	5.5	0.0	0.0
14	2+600	32.9	25.2	12.1	2.2	0.0	0.0
15	2+800	28.0	19.4	9.7	4.3	0.0	0.0
16	3+000	34.6	23.8	11.9	5.4	0.0	0.0
17	3+200	37.3	33.1	13.9	10.7	0.0	0.0
18	3+400	31.9	27.6	12.7	7.4	0.0	0.0
19	3+600	20.6	15.2	5.4	-2.2	0.0	0.0
20	3+800	29.5	22.9	16.4	6.5	0.0	0.0
21	4+000	35.8	25.0	10.9	4.3	0.0	0.0

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Cálculo del Radio de curvatura, deflexión característica, admisible y crítica.

- Radio de curvatura

Se utiliza la siguiente formula:

$$RC = \frac{10 * (25)^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Nomenclatura:

RC = Radio de curvatura.

D0 = Deflexión recuperable en el eje vertical de carga, en 0.01 mm

D25 = Deflexión recuperable en el eje vertical de carga, en 0.01 mm

Cálculo típico

$$RC = \frac{10*(25)^2}{2*(36.50-27.65)}$$

$$RC = 353.19m$$

Tabla N° 33: Radio de Curvatura

N°	ABSCISA	Deflexión corregida (x10e-2mm)		Rc
		D0	D25	m
1	0+000	36.50	27.65	353.19
2	0+200	31.78	20.82	285.16
3	0+400	34.91	26.18	358.07
4	0+600	30.83	26.42	709.64
5	0+800	31.61	24.59	444.88
6	1+000	24.59	18.73	533.85
7	1+200	39.07	31.26	399.93
8	1+400	27.65	19.91	403.65
9	1+600	34.13	25.32	354.82
10	1+800	28.36	21.82	477.43
11	2+000	29.59	20.82	356.45
12	2+200	31.93	24.22	405.51
13	2+400	36.33	30.83	567.71
14	2+600	32.88	25.21	407.37
15	2+800	27.98	19.37	362.96
16	3+000	34.59	23.78	289.06
17	3+200	37.33	33.07	732.42
18	3+400	31.86	27.61	735.68
19	3+600	20.63	15.20	575.52
20	3+800	29.45	22.91	477.43
21	4+000	35.84	24.98	287.76
Promedio		31.80	24.32	453.26

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

- Deflexión característica

Tabla N° 34: Desviación estándar

Nº	ABSCISA	D0	D0 - \bar{D}	(D0 - \bar{D}) ²
1	0+000	36.50	4.70	22.05
2	0+200	31.78	-0.02	0.00
3	0+400	34.91	3.11	9.66
4	0+600	30.83	-0.98	0.95
5	0+800	31.61	-0.19	0.04
6	1+000	24.59	-7.22	52.08
7	1+200	39.07	7.27	52.82
8	1+400	27.65	-4.15	17.24
9	1+600	34.13	2.33	5.41
10	1+800	28.36	-3.44	11.82
11	2+000	29.59	-2.21	4.90
12	2+200	31.93	0.12	0.02
13	2+400	36.33	4.53	20.51
14	2+600	32.88	1.07	1.16
15	2+800	27.98	-3.82	14.59
16	3+000	34.59	2.79	7.80
17	3+200	37.33	5.53	30.60
18	3+400	31.86	0.06	0.00
19	3+600	20.63	-11.17	124.73
20	3+800	29.45	-2.35	5.51
21	4+000	35.84	4.04	16.28
Promedio:		31.80	Σ	398.16
n-1=		20	σ	4.58

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Nomenclatura:

σ = Desviación estándar

D0 = Deflexión recuperable corregido por temperatura y estacionalidad, en 0.01mm.

\bar{D} = Deflexión media, de D0 corregido por temperatura y estacionalidad, en 0.01mm.

n = Número de datos

Dc = Deflexión característica

t = Coeficiente de probabilidad de deflexiones superiores a la deflexión característica (se usa al 95%)

Cálculo de la desviación estándar

Se utiliza la siguiente formula:

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{398.16}{(21 - 1)}}$$

$$\sigma = 4.58$$

Cálculo de deflexión característica

Tabla N° 35: Valor de t y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$

Valor de diseño %	D_c	Área $D > D_c$ %
50	D	50
75	$D + 0.6748 \sigma$	25
85	$D + \sigma$	15
90	$D + 1.3 \sigma$	10
95	$D + 1.645 \sigma$	5
98	$D + 2 \sigma$	2
99	$D + 2.33 \sigma$	1

Fuente: Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles, [52]

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$D_c = \bar{D} + 1.645 * \sigma$$

$$D_c = 31.80 + 1.645 * 4.58$$

$$D_c = 39.33 \times 10^{-2} \text{mm}$$

- **Deflexión admisible y Deflexión crítica**

Se evalúa según el eje equivalente W18 de diseño, estableciendo un límite para la deflexión característica.

Se utiliza las siguientes formulas:

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{W_{18}}\right)^{0.25} * 100 \text{ y } D_{cr} = \left(\frac{1.90}{W_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

Nomenclatura:

D_{adm} = Deflexión característica admisible inicial, en 0.01mm.

D_{cr} = Deflexión característica crítica inicial, en 0.01mm.

W₁₈ = Número total de ejes equivalentes estándar de 8.2Tn acumulados expresados en millones, tomado de la tabla N°, $W_{18 \text{ carril diseño}} = 81811 = 0.081811$ millones

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.081811}\right)^{0.25} * 100$$

$$\mathbf{D_{adm} = 193.63 \times 10^{-2} \text{ mm}}$$

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{0.081811}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$\mathbf{D_{cr} = 181.02 \times 10^{-2} \text{ mm}}$$

$D_{adm} > D_{cr}$, entonces se debe tomar el $D_{cr} = D_{adm}$

$$\mathbf{D_{adm} = D_{cr} = 193.63 \times 10^{-2} \text{ mm}}$$

Tabla N° 36: Resultado de las deflexiones y radio de curvatura

Resultados	
Deflexión Promedio (Dm)	31.80*10e-2 mm
Desviación estándar (σ)	4.58
Deflexión Característica (Dc)	39.33*10e-2 mm
Deflexión Admisible (Dadm)	193.63*10e-2 mm
Deflexión Crítica (Dcr)	453.26*10e-2mm
Radio de curvatura (RC)	453.26 m

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.6.2. Interpretación de los resultados de las deflexiones de la vía en estudio

Según los estudios del Consorcio de Rehabilitación Vial Perú (CONREVIAl) Tabla N°37, realiza un análisis cualitativo sobre el comportamiento actual de la subrasante y del pavimento, relacionando los valores de las deflexiones y radios de curvatura, acorde a estos valores se determina el tipo de deflexión que presenta y la condición estructural del pavimento.

Tabla N° 37: Comportamiento de la estructura del pavimento según deflexión

Tipo de Deflexion	Comportamiento de la Subrasante	Comportamiento del Pavimento	Interpretación
I	Bueno $D < D_a$	Bueno $R_o > 100m$	Buen comportamiento estructural de la subrasante y pavimento, se estima que el pavimento presenta sus capas en regular estado de deterioro y una subrasante de calidad.
II	Malo $D > D_a$	Bueno $R_o > 100m$	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento, la subrasante no cumple con el tráfico solicitado. Necesita de un refuerzo estructural.
III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100m$	Buen comportamiento estructural y mal comportamiento de la estructura del pavimento, por espesores de capas insuficientes que no soporte el tráfico previsto o alto grado de deterioro de dichas capas.
IV	Malo $D > D_a$	Malo $R_o < 100m$	Mal comportamiento estructural por parte de la subrasante y pavimento, por espesores de capas insuficientes que no soporte el tráfico previsto o alto grado de deterioro de dichas capas, añadido que la subrasante posee un bajo CBR (material inadecuado), posible deficiencia de compactación y/o mal drenaje.

Fuente: Método CONREVIAl [51]

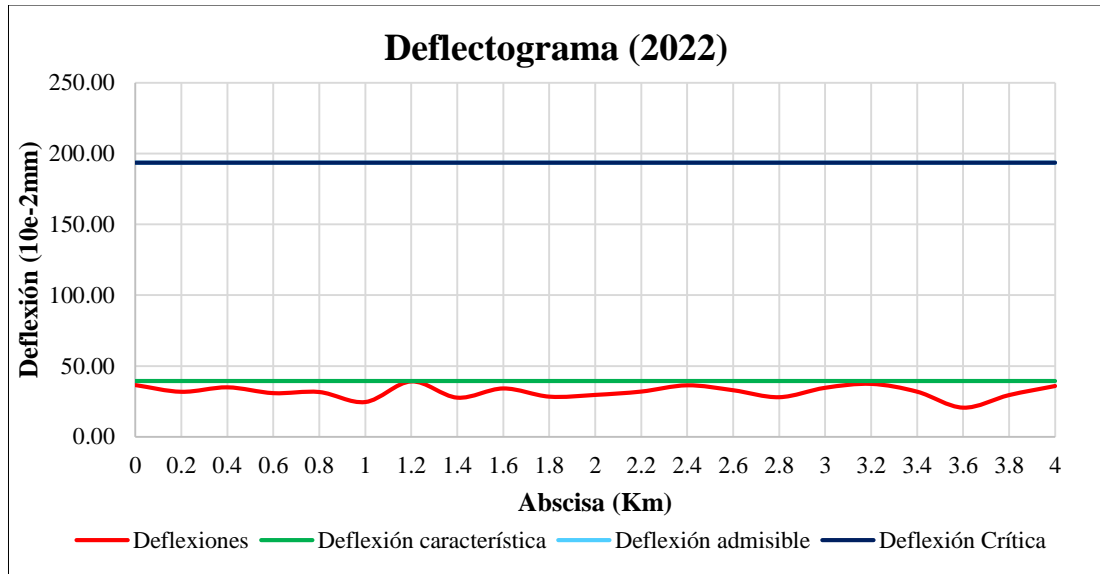
Tabla N° 38: Resumen de deflexiones obtenidas con la viga Benkelman

Año de Estudio 2022								
N°	ABSCISA	DO	Dc	Dadm = Dcr	Re	Comportamiento		Tipo de deflexión
		10e-2mm			m	Subrasante	Pavimento	
1	0+000	36.50	39.33	193.63	353.19	Bueno	Bueno	I
2	0+200	31.78	39.33	193.63	285.16	Bueno	Bueno	I
3	0+400	34.91	39.33	193.63	358.07	Bueno	Bueno	I
4	0+600	30.83	39.33	193.63	709.64	Bueno	Bueno	I
5	0+800	31.61	39.33	193.63	444.88	Bueno	Bueno	I
6	1+000	24.59	39.33	193.63	533.85	Bueno	Bueno	I
7	1+200	39.07	39.33	193.63	399.93	Bueno	Bueno	I
8	1+400	27.65	39.33	193.63	403.65	Bueno	Bueno	I
9	1+600	34.13	39.33	193.63	354.82	Bueno	Bueno	I
10	1+800	28.36	39.33	193.63	477.43	Bueno	Bueno	I
11	2+000	29.59	39.33	193.63	356.45	Bueno	Bueno	I
12	2+200	31.93	39.33	193.63	405.51	Bueno	Bueno	I
13	2+400	36.33	39.33	193.63	567.71	Bueno	Bueno	I
14	2+600	32.88	39.33	193.63	407.37	Bueno	Bueno	I
15	2+800	27.98	39.33	193.63	362.96	Bueno	Bueno	I
16	3+000	34.59	39.33	193.63	289.06	Bueno	Bueno	I
17	3+200	37.33	39.33	193.63	732.42	Bueno	Bueno	I
18	3+400	31.86	39.33	193.63	735.68	Bueno	Bueno	I
19	3+600	20.63	39.33	193.63	575.52	Bueno	Bueno	I
20	3+800	29.45	39.33	193.63	477.43	Bueno	Bueno	I
21	4+000	35.84	39.33	193.63	287.76	Bueno	Bueno	I
Promedio		31.80	39.33	193.63	453.26	Bueno	Bueno	I
Evaluación Estructural								
Comportamiento subrasante						Tipo		
D < Dadm						I, curva corta poco profunda		
31.08*10e-2mm < 193.63*10e-2mm								
Comportamiento pavimento								
Rc > 100m								
453.26m > 100m								

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En la Tabla N°38, se determina que el tipo de deflexión que presenta la vía Camino Real Sector Huachi Grande, es el tipo I, es decir que tiene un buen comportamiento estructural tanto de la subrasante como del pavimento, pero que el pavimento presenta un estado de deterioro regular por lo que es necesario corregir las fallas superficiales, mismas que dependerán del daño y la causa que provoco dichas fallas. En el gráfico N° 8 se observa el deflectograma del año en el que se realiza el estudio 2022.

Gráfico N° 8: Deflectograma de la vía Camino Real, en el año 2022



Fuente: Andrés Pérez (Autor)

En la siguiente tabla N°38, se presenta las deflexiones actuales de la vía (2022) y las deflexiones que se pueden presentar en el transcurso del tiempo, en relación con los ejes equivalentes proyectados por un periodo de 20 años (Tabla N°24).

Tabla N° 39: Resumen de deflexiones en los años proyectados

Descripción	Años				
	2022	2023	2027	2032	2042
W18	81811	672965	3204836	6770068	15529483
W18 millones	0.082	0.673	3.205	6.770	15.529
Dc (10*e-2mm)	39.33	39.33	39.33	39.33	39.33
Dadm(10*e-2mm)	193.63	114.33	77.40	64.20	52.17
Dcr (10*e-2mm)	193.63	121.63	90.61	78.68	67.27

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.7. Análisis e interpretación de resultados de los ensayos de laboratorio

Para realizar un proyecto es importante conocer las propiedades del suelo que soportara la estructura, por lo que para esta investigación se recolecta muestras en 4 puntos del tramo de la Vía Camino Real, estas calicatas se realizaron de 60x80cm con una profundidad de 1m y se transportan al laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, para realizar los ensayos correspondientes.

Tabla N° 40: Ubicación de los pozos a cielo abierto

Calicata N°	Abscisa	Coordenada Sistema GWS84		Profundidad
		Norte	Este	
PCA 1	0+860 Km	9855260.2	763334.01	1 m
PCA 2	1+560 Km	9854569.47	763215.91	1m
PCA 3	2+900 Km	9853267.39	762982.58	1m
PCA 4	3+880 Km	9852303.83	762813.37	1m

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.7.1. Cuadro resumen de ensayos de límites Atterberg y Análisis Granulométrico

Tabla N° 41: Límites de consistencia y análisis granulométrico de las muestras

PCA N°	AASHTO	Índice Plástico	Límite Plástico	Límite Líquido	Grava	Arena	Finos
PCA 1	A-2-4 (0)	7.51%	24.93%	32.44%	5.20%	64.80%	30.00%
PCA 2	A-2-4 (0)	1.71%	24.31%	26.02%	6.68%	66.74%	26.58%
PCA 3	A-2-6 (0.06)	12.69%	19.20%	31.89%	2.66%	80.07%	17.27%
PCA 4	A-2-6 (0.14)	12.57%	17.74%	30.32%	0.07%	79.42%	20.51%

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Se observa en la tabla N°41, el resultado de los límites de consistencia y análisis granulométrico, los valores del límite líquido varían entre 26.02% - 32.44%, el límite plástico oscila entre 17.74% - 24.93%, el índice plástico varía entre 1.71% - 12.69. Según el análisis granulométrico en las muestras de suelo predomina el grano grueso (arenas) y el porcentaje de finos es muy significativo proporcionando características plásticas a las muestras.

3.1.7.2. Clasificación de las muestras de suelo

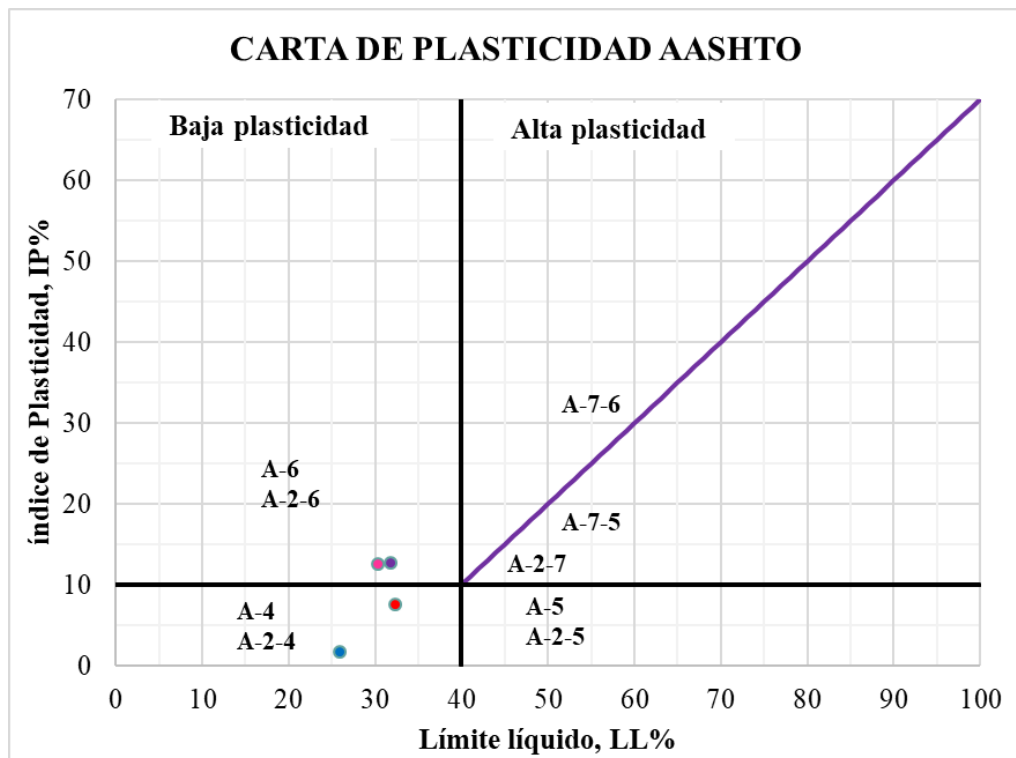
A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se clasifica a las 4 muestras de suelo según el Sistema de Clasificación AASHTO como gravas y arenas arcillosas y limosas del grupo A-2, subgrupo A-2-4 y A-2-6, como se muestra en la Tabla N°42 y el Grafico N°9.

Tabla N° 42: Clasificación del suelo, según el Sistema AASHTO

Calicata N°	Clasificación General	Tipología	Grupo	Grupo específico	Uso
PCA 1	Material Granular	Gravas y arenas arcillosas y limosas	A-2	A-2-4 (0)	Subrasante
PCA 2				A-2-4 (0)	Subrasante
PCA 3				A-2-6 (0.06)	Subrasante
PCA 4				A-2-6 (0.14)	Subrasante

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

Gráfico N° 9: Carta de Plasticidad del Sistema AASHTO



Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.8. Análisis e interpretación de resultados del Proctor Modificado Tipo B

El ensayo de compactación permite determinar la relación que tiene el contenido de humedad con la densidad del suelo. En la Tabla N°43, se encuentra el resumen del ensayo de compactación detallado en el Anexo D. Con los resultados de este ensayo se obtiene los valores del contenido de humedad óptima para cada espécimen y se usa para realizar el ensayo de Relación Soporte California – CBR.

Tabla N° 43: Resultados del ensayo de compactación

Calicata N°	AASHTO	Densidad seca	Humedad óptima
PCA 1	A-2-4 (0)	1.483	15.69%
PCA 2	A-2-4 (0)	1.202	14.01%
PCA 3	A-2-6 (0.06)	1.105	15.28%
PCA 4	A-2-6 (0.14)	1.628	17.68%

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.9. Análisis e interpretación de resultados del ensayo de Relación de Soporte de California – CBR

A partir de los valores de humedad óptima determinados en el ensayo de compactación se realiza el ensayo CBR, para determinar la capacidad de resistencia del suelo. Según los resultados de la Table N°44, los especímenes ensayados se deben usar para subrasante.

Tabla N°44: Resultados del ensayo Relación de Soporte de California - CBR

Calicata N°	Abscisa	Porcentaje CBR (%)	Uso	Clasificación
PCA 1	0+860 Km	12.16%	Subrasante	Regular-Buena
PCA 2	1+560 Km	9.68%	Subrasante	Regular-Buena
PCA 3	2+900 Km	8.02%	Subrasante	Regular-Buena
PCA 4	3+880 Km	9.62%	Subrasante	Regular-Buena
Promedio		9.83%	Regular-Buena	

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

3.1.10. Conservación y mantenimiento vial

La conservación y mantenimiento vial es un fundamental para que una obra llegue a cumplir con la vida útil para la cual fue diseñada. Siendo así que en base a los resultados obtenido con el método PCI y las deflexiones de la viga Benkelman se determina que la Vía Camino Real tramo desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000, requiere de un mantenimiento periódico y rutinario para conservar la vía durante muchos años y evitar que llegue al colapso antes de concluir con su vida útil.

Algunas de las actividades del mantenimiento rutinario que se deben realizar son:

- Limpiar la calzada (incluso pequeños derrumbes), facilitando el tráfico vehicular.
- Limpiar la vegetación que puede afectar la estructura del pavimento y visibilidad del conductor.
- Limpiar las cunetas lateras, cunetas de coronación para evitar que se estanque el agua en el pavimento.
- Limpiar los alcantarillados para que el agua fluya normalmente y no ocasionar problemas en el sistema de drenaje, el cual puede afectar en al pavimento.
- Bacheo de calzada y berma, rellenando y compactando los huecos de la superficie de rodadura.
- Mantenimiento de la señalética vertical y horizontal.
- Vigilancia y control, por posibles daños sean por desastres naturales, desborde de canales, etc.

Algunas de las actividades del mantenimiento periódico que se deben realizar son:

- Sellos asfálticos, se realiza riegos asfálticos sobre la superficie de rodadura, para recuperar las condiciones superficiales de la capa de rodadura.
- Recapeos asfálticos, colocar una o mas capas de mezcla asfáltica para recuperar las condiciones estructurales y superficiales de la carretera.
- Fresado de la carpeta asfáltica, cortar total o parcialmente la capa de rodadura consiguiendo recuperar las condiciones tanto estructurales como superficiales del pavimento.
- Microfresado de carpeta asfáltica, se corta superficialmente la capa de rodadura para corregir irregularidades superficiales.
- Reconformación de base granular en bermas, nivelar y compactar la capa granular existente, para recuperar las dimensiones y alineamientos.
- Nivelación de bermas con la calzada, se realiza con mezcla asfáltica para corregir los desniveles con el borde del pavimento.

En la tabla N°45 se observa las fallas que presenta la Vía Camino Real en el tramo desde la abscisa 0+000 hasta 4+000, según el método PCI, son: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, depresión, grietas longitudinales y transversales, baches, agregado pulido, huecos, ahuellamiento, hinchamiento y desprendimiento de agregados, a su vez se detalla sus posibles soluciones y se determina que se debe realiza un mantenimiento rutinario y periódico para evitar que los daños actuales se sigan expandiendo y causen problemas en la estructura del pavimento.

Tabla N°45: Soluciones a las fallas existentes en la Vía Camino Real tramo 0+000 hasta 4+000

Tipos de Falla	Abscisas		Severidad	Cantidad de Intervención	U.	Solución
	Inicio	Fin				
Piel de cocodrilo	0+000	0+032	Alto	3.34	m ²	Severidad: Alto: · Bacheo profundo incluye reposición de base granular. · Mejoramiento del drenaje superficial o profundo Medio: · Bacheo superficial o parcial con mezcla asfáltica en frío o caliente. · Bacheo profundo incluye reposición de base granular Bajo: · Ninguna intervención (Por prevención aplicar sellado superficial)
	0+312	0+344	Medio	8.3		
	0+614	0+645	Alto	3.62		
	1+518	1+550	Alto	12.67		
	1+820	1+851	Alto	3.7		
	3+026	3+057	Bajo	8.1		
Agrietamiento en bloque	2+121	2+153	Alto	11.12	m ²	Alto: · Sellado de la superficie afectado con material bituminoso o lechada asfáltica. Bacheo parcial Bajo: · Ninguna intervención (Por prevención aplicar sellado superficial)
	2+423	2+454	Alto	9.84		
	2+724	2+756	Alto	11.18		
	3+629	3+660	Bajo	9.45		
	3+930	3+962	Bajo	6.23		
Depresión	0+614	0+645	Alto	6.15	m ²	Alto: Parcheo superficial, parcial o profundo Bajo: Ninguna Intervención
	0+915	0+947	Alto	2.8		
	1+217	1+248	Alto	6.1		
	2+724	2+756	Alto	2.78		
	3+026	3+057	Bajo	2.7		
Grietas longitudinales y transversales	0+000	0+032	Alto	8.2	m	Alto: · Sellado de fisuras con mortero asfáltico, (asfalto líquido y arena). - Bacheo parcial
	1+217	1+248	Alto	4.61		
	1+518	1+550	Alto	11.7		
	1+820	1+851	Alto	7.18		

Baches	0+614	0+645	Alto	9.79	m ²	Alto: · Bacheo parcial con mezcla asfáltica. · Bacheo profundo con reposición de base granular Medio: · Ninguna intervención · Sellado de fisuras con material bituminoso Bajo: Ninguna intervención
	0+915	0+947	Alto	11.55		
	1+217	1+248	Medio	11.16		
	2+423	2+454	Alto	17.32		
	2+724	2+756	Alto	8.36		
	3+026	3+057	Bajo	3.67		
	3+930	3+962	Bajo	12.07		
Agregado pulido	2+121	2+153	Alto	5.87	m ²	No tiene niveles de severidad definidos - Sellado de la superficie con lechada asfáltica. - Recapeo delgado
Huecos	3+257	3+359	Bajo	2	U	Bajo: Parche parcial
	3+930	3+962	Bajo	1		
Ahuellamiento	2+121	2+153	Alto	5.01	m ²	Alto: Baden con capa asfáltica
Hinchamiento	0+000	0+032	Alto	2.4	m ²	Alto: Reposición de base granular
Desprendimiento de agregados	0+000	0+032	Alto	2.12	m ²	Alto: - Bacheo superficial - Sellado superficial con lechada asfáltica o con material bituminoso y recubrimiento de arena Bajo: - Ninguna acción
	0+312	0+344	Alto	3.85		
	3+257	3+359	Bajo	3.61		

Fuente: Andrés Pérez (Autor)

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se presentó un sistema de conservación vial en el tramo de Vía Camino Real abscisa 0+000 hasta 4+000km, se determinó que la estructura del pavimento tiene una deflexión tipo I, es decir presenta un buen comportamiento estructural, pero la capa de rodadura muestra un estado de deterioro regular por lo que es necesario realizar un mantenimiento en las fallas superficiales según el daño y la causa de las mismas.
- Se ejecutó el levantamiento topográfico georreferenciado realizado a lo largo de la vía Camino Real desde la abscisa 0+000 hasta 4+000km, donde se obtuvo coordenadas que brindaron información como ubicación, altura, bordes y eje de vía, mismos que permitieron elaborar un diseño digital del tramo de vía en estudio, conjuntamente se encuentra puntos donde se realizaron las calicatas, la estación de conteo, así como las secciones donde el pavimento presenta fallas, se espera con este levantamiento el mantenimiento de la vía sea más fácil de realizar.
- Se determinó el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), con la información obtenida de este conteo se realizaron los respectivos cálculos y se obtuvo un TPDA actual de 5449veh/día, y con la respectiva proyección a 20 años, se tiene un Tráfico futuro (Tf) de 9374veh/día, tomando como referencia estos valores la carretera en estudio tiene características de una Autovía o Carretera Multicarril – AV1 según la entidad (MTOPE).
- Se presentó un plan de mantenimiento rutinario y periódico, en base a los estudios realizados en campo como en laboratorio, en el tramo de Vía Camino Real desde la abscisa 0+000 hasta la 4+000, se debe aplicar un plan de mantenimiento rutinario y periódico, empleando las soluciones acordes al tipo y la severidad de falla que se presenta a lo largo del tramo en estudio, para de esta manera la vía llegue a cumplir su vida útil y no cause inconformidad a los usuarios.

4.2 RECOMENDACIONES

- Manejar los equipos adecuadamente para realizar tanto el levantamiento topográfico, como los ensayos de campo y laboratorio, así como también aplicar correctamente las normas para obtener resultados más precisos y confiables.
- Contar adecuadamente los vehículos que circulan por el tramo de vía en estudio, ya que es la base fundamental para establecer el tipo de carretera.
- Aplicar el método PCI en las vías periódicamente pues es un método visual que no requiere equipo especial, confiable y proporciona información característica sobre el estado actual de las fallas presentes en el pavimento y ayuda a establecer su posible intervención.
- Utilizar en los ensayos de deflexiones la viga Benkelman debido a que permite evaluar estructuralmente el pavimento con un bajo costo y ayuda a establecer y determinar la intervención que se debe aplicar en una carretera de manera oportuna.
- Ejecutar los ensayos de compactación correctamente ya que es la base para obtener el valor CBR, con el cual se puede determinar la capacidad de soporte del suelo y establecer el uso siendo esto como subrasante, base o sub-base.
- Realizar un inventario vial de manera periódica para tener un registro del estado de la vía, las secciones típicas, las cunetas, todos los elementos que componen la carretera, fallas y los tramos donde exista posibilidad de colapsar por condiciones ambientales, lo cual servirá como base de datos para la toma de decisiones al momento de considerar ejecutar un mantenimiento, rehabilitación o incluso para la reconstrucción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. A. Fienco Jalca, B. S. Bravo Mera, E. A. Jaramillo Pintado y V. E. Fienco Jalca, «Elementos originales en el diseño geométrico de carreteras,» *Ingeniería y Tecnología - 3 ciencias*, p. 144, 2017.
- [2] R. T. Ramos, «Vías, carreteras y otras calzadas: Breve historia de las mismas,» *Carreteras*, pp. 16-24.
- [3] AC&A, R. Agosta, J. P. Martínez, J. Kohon, J. E. Pérez y F. Blas, «Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040,» CAF, Ecuador, 2020.
- [4] MTOP, «Volumen N°6 Conservación Vial,» de *Norma Ecuatoriana Vial NEVI - 12*, Quito, 2013, p. 508.
- [5] U. García Carrasco, J. A. Márquez Domínguez, M. Á. Sánchez Acevedo y B. A. Sabino Moxo, «Detección y evaluación de daños en pavimentos asfálticos mediante el procesamiento de imágenes digitales,» *Aplicación Científica y Técnica*, vol. 2, n° 5, pp. 12 - 18, 2016.
- [6] C. Pastor, «El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad,» Banco Interamericano de Desarrollo, 2019.
- [7] G. J. Pérez Valbuena, «La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia,» de *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana 012679*, Banco de la República - Economía Regional, 2005.
- [8] P. D. Cayambe Manya y J. Y. Santillán Villagrán, *Evaluación de pavimentos flexibles por el método PAVER y propuesta de mantenimiento vial integral de la carretera Colta-Alausí de la provincia de Chimborazo*, Riobamba - Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2015.
- [9] E. Jaramillo, *Conservación de carreteras libres de peaje en el estado de Morelos*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
- [10] H. G. P. d. Tungurahua, «Para tener vías de calidad,» 04 01 2018. [En línea]. Available: [https://www.tungurahua.gob.ec/index.php/informativo-hgpt/principales/2750-para-tener-vias-%20de-calidad.%20\[6\]%20O.%20Padilla,%20R.%20Salazar,%20and%20K.%20G.%20O%20Freire,%20E%20%80%9CImpleme.](https://www.tungurahua.gob.ec/index.php/informativo-hgpt/principales/2750-para-tener-vias-%20de-calidad.%20[6]%20O.%20Padilla,%20R.%20Salazar,%20and%20K.%20G.%20O%20Freire,%20E%20%80%9CImpleme.) [Último acceso: 18 03 2022].

- [11] O. Padilla, R. Salazar y K. G. Freire, Implementación del Geoportal para el Centro Geográfico de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente Utilizando el software propietario ARCMS, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera Ing. Geográfica y del Medio Ambiente, 2016.
- [12] MTOP, «Volumen N° 2 Libro A, Norma para estudios y diseños viales,» de *Norma Ecuatoriana Vial NEVI -12*, Quito, 2013, p. 382.
- [13] R. R. Almuhanha, H. Ali y J. M. Alasadi, «Using PAVER 6.5.7. and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city,» *Case Studies Construction Materials* , vol. 8, n° 2215-5095, pp. 323-332, 2018.
- [14] D. Pérez, *Análisis y comparación de los métodos para la formulación de dictámenes técnicos en la conservación de carreteras*, Universidad Nacional Autónoma de México , 2014.
- [15] H. B. Nagaraj y M. R. Suresh, «Influence of clay mineralogy on the relationship of CBR of fine-grained soils with their index and engineering properties,» *Trasnporation Geotechnics*, vol. 15, pp. 29-38, 2018.
- [16] L. Rusu, S.-T. Dan-Andrei y J. Sergiu, «An Integrated Solution for Pavement Management and Monitoring Systems,» *Procedia Economics and Finance*, vol. 27, pp. 14-21, 2015.
- [17] J. M. Campana, «Mantenimiento vial,» CAF, 2010.
- [18] M. A. Tapia García, Pavimentos, Méxio: Universidad Nacional Autónoma de México .
- [19] C. Ing. Giordani y D. Ing. Leone, Pavimentos, Argentina: Departamento de Ingeniería Civil, UTN.
- [20] A. Saucedo Vidal, «Concreto hidraulico permeable, una alternativa para la recarga de los mantos acuíferos del Valle de México,» de *Clasificación y diseño de pavimentos*, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2012, p. 57.
- [21] MTOP, Manual de Pavimento Rígidos, Quito , 2012.
- [22] A. M. Garzon Reina y L. Y. Hernandez Mendez, Cartilla - Guía ilustrativa del proceso constructivo de un pavimento flexible para bajos volúmenes de tránsito.

- [23] A. L. Ortiz Mancera, Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible, Bogotá: Tecnología en construcciones Civiles, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [24] K. H. Pineda, Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno, Perú: Universidad Andina °Nestor Cáceres Velásquez°, 2015.
- [25] F. Ing. Moreira, Guía técnica de pavimentos, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [26] ASTM D-6433, Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del rocedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del, 2003.
- [27] J. R. Menéndez, Manual Técnico - Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos, 2003.
- [28] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes Lizcano, Pavimentos: materiales, construcción y diseño, 1era ed., Bogotá: Ecoe Ediciones, 2015.
- [29] ASTM D 5340, Índice de condición de pavimentos en aeropuertos (PCI), 1998.
- [30] H. F. Córdova Ashqui, Diseño definitivo de la vía camino real y la lindera, II etapa ubicada en la provincia de cotopaxi, cantón Salcedo parroquia San Antonio José de Holguín, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [31] L. M. Monsalve Escobar, L. C. Giraldo Vasquez y J. Maya Gaviria, Diseño de Pavimento Flexible y Rígido, Armenia: Universidad del Quindío, 2012.
- [32] J. M. Mayoral Villa, R. O. M. Pedro, L. C. Cardona Giraldo, R. E. Vázquez Monroy y J. A. Gómez Frausto, Pruebas de laboratorio para determinar propiedades de los suelos, México: Insituto de ingeniería UNAM, 2007.
- [33] Braja M. Das, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México: Cengage, 2012.
- [34] P. J. Vardanega, B. C. O'Kelly, S. K. Haigh y S. Shimobe, «"Classifying and characterising fine-grained soils using fall cones",» *XVI Danube - European Conference on Geotechnical Engineering*, n° 103, p. 7, 2018.

- [35] AASHTO M 145-91, Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, Association of State Highway and Transportation Officials, 2008.
- [36] J. E. Bowles, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil, México: McGraw - Hill, 1981.
- [37] AASHTO T 180, Métodos de Ensayo Estandar para determinar la relación humedad - densidad de suelos y mezaclas de suelo-agredado usando un martillo de 4.54kg (10lb) y una cida de 457mm (18").
- [38] W. Á. Botía Diaz, Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de calculo, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2015.
- [39] o. O. Cord, Manual de diseño de pavimentos en base al método AASHTO -93, La Paz: Universidad Nacional de San Juan , 2006.
- [40] J. Balero Zapata, Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento, Piura: Universidad de Piura, 2017.
- [41] Schiller, «Prueba de pavimentos - Viga Benkelman».
- [42] «Medición de deflexiones Viga Benkelman,» [En línea]. Available: <http://www.sitecal.com.bo/files/10.%20Medicion%20de%20deflexiones%20Viga%20Benkelman.pdf>.
- [43] INV E - 795 - 13, «Medida de las deflexiones de un pavimeno asfáltico empleando la viga Benkelman,» de *Materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos* , Instituto Nacional de Vías, 2012.
- [44] M. Hoffman y P. Del Aguila, Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (Ensayos no destructivos), 1985.
- [45] ASTM C 136 - 01, Método de Ensayo Normalizado para determinar el Análisis Granulométrico de los Áridos Finos y Gruesos, ASTM International.
- [46] ASTM D 4318, Métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos, ASTM International, 2005.
- [47] ASTM D1557-12, Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effor (56,000 ft-lbf/ft³ (2700kN-M/M³)).

- [48] L. Shuan y D. Basurto, Guía de laboratorio - Ensayo de Proctor Modificado - Norma ASTM D1557, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.
- [49] ASTM D 1883, Método de prueba estándar para la CBR (Relación de Soporte de California).
- [50] A. T. 256-01, Standard Method of Test for Pavement Deflection Measurements.
- [51] M. d. T. y. Comunicaciones, Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, Lima, 2014.
- [52] J. W. Gutierrez Lazares, Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2007.

ANEXOS

ANEXO A: Ubicación del tramo en estudio

ANEXO B. Ficha de registro del conteo vehicular

ANEXO C. Ficha de análisis de los valores PCI

ANEXO D. Estudios de suelo

ANEXO E. Archivo Fotográfico

ANEXO F. Planos

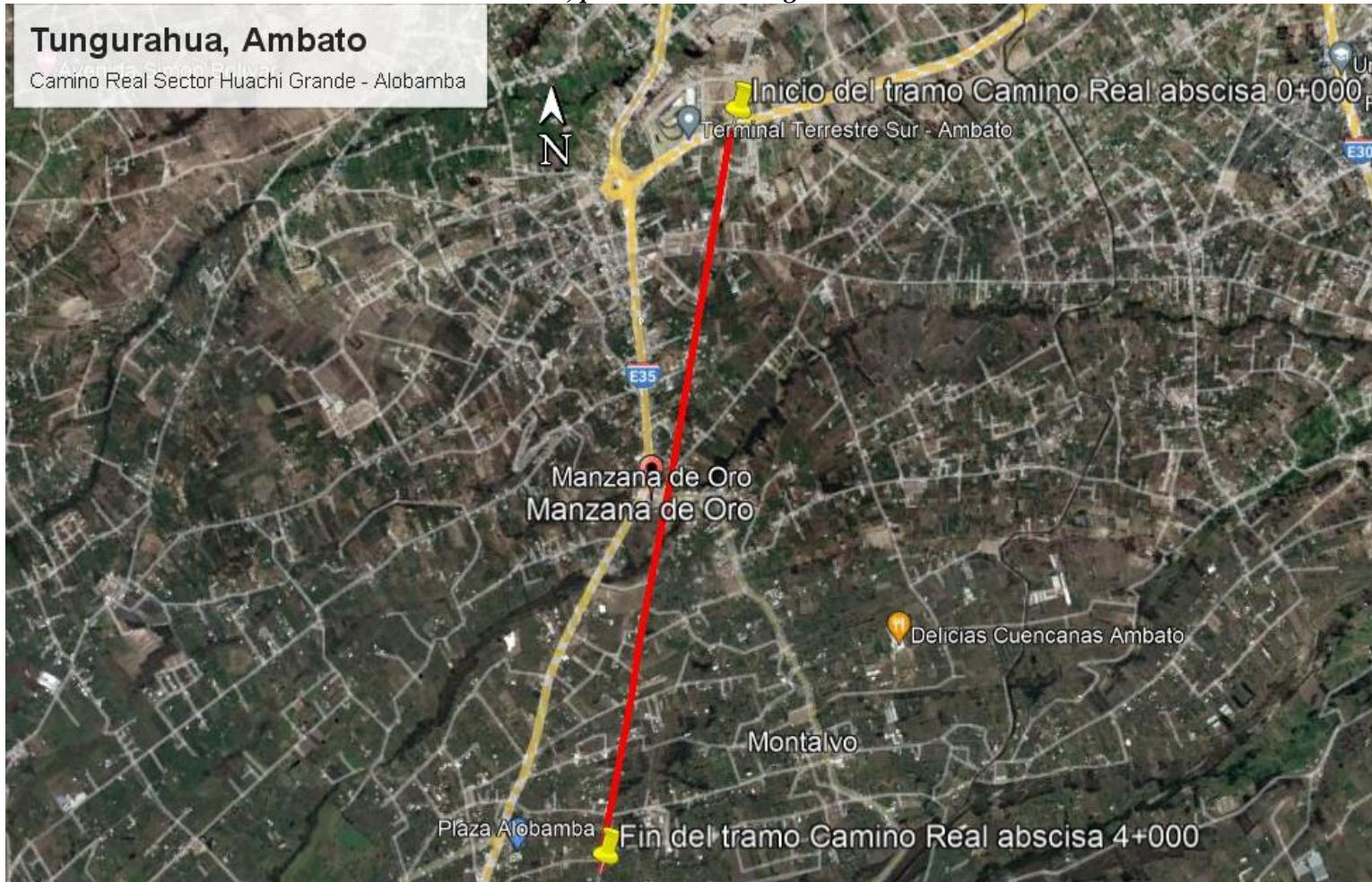
ANEXO A

Ubicación del tramo en estudio

**Vía Camino Real, sector Huachi Grande –
Montalvo**

(Abscisa: 0+000 – 4+000)

Imagen: Ubicación de la Vía Camino Real Sector Huachi Grande – Montalvo, en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 4+000, provincia de Tungurahua.



Fuente: Google Earth

ANEXO B

Ficha de Registro

Conteo Vehicular Manual

Semana 17/01/2022 – 23/01/2022



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande -Montalvo					ESTACIÓN:	1		ABSCISA:	0+850		SENTIDO	Doble		RESPONSABLE
FECHA:		17-ene-22					DÍA:	LUNES		ABSCISA:	0+850		HOJA #	1		Andrés Pérez
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA			
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes							
7h00	7h15	72	39	4	6	0	6	3	0	0	9	130				
7h15	7h30	68	44	6	3	1	6	2	0	1	9	131				
7h30	7h45	80	56	13	6	1	2	0	0	1	3	159				
7h45	8h00	83	61	4	2	3	4	5	1	0	10	163	583			
Sumatoria parcial		303	200	27	17	5	18	10	1	2						
8h00	8h15	66	51	5	2	1	1	3	5	0	9	134	587			
8h15	8h30	69	54	8	2	1	1	3	0	0	4	138	594			
8h30	8h45	90	47	2	2	3	2	2	0	0	4	148	583			
8h45	9h00	90	47	2	2	3	2	2	0	0	4	148	568			
Sumatoria parcial		315	199	17	8	8	6	10	5	0						
9h00	9h15	90	50	3	6	4	2	1	3	0	6	159	593			
9h15	9h30	72	39	4	6	0	6	3	0	0	9	130	585			
9h30	9h45	77	42	3	3	0	3	3	0	0	6	131	568			
9h45	10h00	75	42	3	2	2	3	1	0	0	4	128	548			
Sumatoria parcial		314	173	13	17	6	14	8	3	0						
10h00	10h15	71	46	5	6	2	1	6	2	0	9	139	528			
10h15	10h30	75	50	5	1	0	0	3	1	1	5	136	534			
10h30	10h45	77	42	4	2	0	7	1	0	0	8	133	536			
10h45	11h00	76	42	5	1	0	4	1	0	0	5	129	537			
Sumatoria parcial		299	180	19	10	2	12	11	3	1						
11h00	11h15	66	48	7	2	0	2	5	0	0	7	130	528			
11h15	11h30	83	42	11	4	1	4	2	0	0	6	147	539			
11h30	11h45	68	44	6	3	1	6	2	0	1	9	131	537			
11h45	12h00	64	54	8	3	1	4	3	0	0	7	137	545			
Sumatoria parcial		281	188	32	12	3	16	12	0	1						
12h00	12h15	72	43	5	1	2	2	3	0	0	5	128	543			
12h15	12h30	89	44	9	4	0	5	3	1	1	10	156	552			
12h30	12h45	82	43	5	1	2	4	4	0	0	8	141	562			
12h45	13h00	81	34	3	6	0	4	1	1	0	6	130	555			
Sumatoria parcial		324	164	22	12	4	15	11	2	1						
13h00	13h15	78	39	4	1	0	5	1	1	0	7	129	556			
13h15	13h30	80	56	13	6	1	2	0	0	1	3	159	559			
13h30	13h45	83	65	8	2	1	1	1	1	0	3	162	580			
13h45	14h00	94	44	8	2	1	1	1	1	1	4	153	603			
Sumatoria parcial		335	204	33	11	3	9	3	3	2						
14h00	14h15	71	38	8	3	2	3	4	0	0	7	129	603			
14h15	14h30	79	50	2	2	1	5	2	0	0	7	141	585			
14h30	14h45	97	63	6	4	1	10	3	1	0	14	185	608			
14h45	15h00	71	47	1	2	0	2	1	0	1	4	125	580			
Sumatoria parcial		318	198	17	11	4	20	10	1	1						
15h00	15h15	96	57	2	2	1	5	2	0	0	7	165	616			
15h15	15h30	79	50	5	6	2	10	0	1	0	11	153	628			
15h30	15h45	97	63	6	4	1	4	3	0	0	7	178	621			
15h45	16h00	71	47	7	2	0	2	0	0	0	2	129	625			
Sumatoria parcial		343	217	20	14	4	21	5	1	0						
16h00	16h15	88	50	6	1	0	9	2	1	1	13	158	618			
16h15	16h30	97	56	4	5	1	5	5	2	0	12	175	640			
16h30	16h45	89	42	1	1	0	3	1	0	0	4	137	599			
16h45	17h00	88	61	4	2	1	6	1	0	1	8	164	634			
Sumatoria parcial		362	209	15	9	2	23	9	3	2						
17h00	17h15	103	51	2	7	0	14	4	2	0	20	183	659			
17h15	17h30	114	64	6	5	1	4	3	3	1	11	201	685			
17h30	17h45	108	55	4	3	3	0	2	2	1	5	178	726			
17h45	18h00	106	62	5	3	0	2	1	2	0	5	181	743			
Sumatoria parcial		431	232	17	18	4	20	10	9	2						
SUMATORIA TOTAL		3625	2164	232	139	45	174	99	31	12	TOTAL:	6521				



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande -Montalvo					ESTACIÓN:	1		ABCISIA:	0+850		SENTIDO	Doble		RESPONSABLE	
FECHA:		18-ene-22					DÍA:	MARTES		ABCISIA:	0+850		HOJA #	1		Andrés Pérez	
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA					
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS							
7h00	7h15	58	40	0	2	0	1	2	0	0	3	103					
7h15	7h30	57	42	4	2	0	0	1	0	1	2	107					
7h30	7h45	54	41	5	2	3	1	1	0	1	3	108					
7h45	8h00	52	37	5	1	2	4	2	0	0	6	103	421				
Sumatoria parcial		221	160	14	7	5	6	6	0	2							
8h00	8h15	61	52	3	2	0	1	2	1	0	4	122	440				
8h15	8h30	58	63	2	2	1	1	2	2	1	6	132	465				
8h30	8h45	61	67	4	1	1	2	2	1	0	5	139	496				
8h45	9h00	54	41	5	2	3	1	1	0	1	3	108	501				
Sumatoria parcial		234	223	14	7	5	5	7	4	2							
9h00	9h15	67	48	5	0	2	2	1	0	5	127	506					
9h15	9h30	60	43	4	1	1	0	5	3	1	9	118	492				
9h30	9h45	52	52	0	3	0	3	1	1	0	5	112	465				
9h45	10h00	55	43	3	1	2	0	5	0	0	5	109	466				
Sumatoria parcial		234	186	12	5	5	5	13	5	1							
10h00	10h15	43	40	5	5	2	1	1	2	0	4	99	438				
10h15	10h30	50	57	4	1	1	0	2	1	1	4	117	437				
10h30	10h45	58	40	0	2	0	1	2	0	0	3	103	428				
10h45	11h00	60	36	5	1	0	0	5	0	0	5	107	426				
Sumatoria parcial		211	173	14	9	3	2	10	3	1							
11h00	11h15	42	33	8	3	0	2	1	1	1	5	91	418				
11h15	11h30	70	40	4	6	1	1	4	1	0	6	127	428				
11h30	11h45	65	46	5	2	2	1	5	0	0	6	126	451				
11h45	12h00	61	35	4	3	1	3	3	0	0	6	110	454				
Sumatoria parcial		238	154	21	14	4	7	13	2	1							
12h00	12h15	53	39	6	5	2	0	1	0	1	2	107	470				
12h15	12h30	57	42	4	2	0	0	1	0	1	2	107	450				
12h30	12h45	52	37	5	1	2	4	2	0	0	6	103	427				
12h45	13h00	84	56	9	0	1	3	1	1	1	6	156	473				
Sumatoria parcial		246	174	24	8	5	7	5	1	3							
13h00	13h15	70	48	5	7	0	1	0	0	0	1	131	497				
13h15	13h30	75	54	2	6	1	2	0	0	0	2	140	530				
13h30	13h45	64	57	7	1	2	0	1	1	0	2	133	560				
13h45	14h00	54	52	1	2	1	0	1	0	1	2	112	516				
Sumatoria parcial		263	211	15	16	4	3	2	1	1							
14h00	14h15	62	31	1	3	0	3	1	0	0	4	101	486				
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	1	8	127	473				
14h30	14h45	94	53	3	4	0	1	3	1	0	5	159	499				
14h45	15h00	65	48	1	3	0	1	1	0	1	3	120	507				
Sumatoria parcial		292	173	9	12	1	10	7	1	2							
15h00	15h15	96	57	4	4	1	1	2	0	0	3	165	571				
15h15	15h30	102	68	5	1	2	3	2	1	1	7	185	629				
15h30	15h45	74	56	2	1	1	4	3	0	1	8	142	612				
15h45	16h00	25	56	2	2	0	2	0	0	0	2	87	579				
Sumatoria parcial		297	237	13	8	4	10	7	1	2							
16h00	16h15	90	59	4	0	0	1	2	1	1	5	158	572				
16h15	16h30	78	52	0	5	1	2	0	2	0	4	140	527				
16h30	16h45	88	56	2	2	0	0	1	0	0	1	149	534				
16h45	17h00	82	66	4	2	0	0	1	0	1	2	156	603				
Sumatoria parcial		338	233	10	9	1	3	4	3	2							
17h00	17h15	62	57	0	7	1	1	3	1	0	5	132	577				
17h15	17h30	23	69	1	1	1	2	1	3	0	6	101	538				
17h30	17h45	24	66	3	3	3	0	2	2	0	4	103	492				
17h45	18h00	81	66	4	3	0	1	1	1	1	4	158	494				
Sumatoria parcial		190	258	8	14	5	4	7	7	1							
SUMATORIA TOTAL		2764	2182	154	109	42	62	81	28	18	TOTAL:	5440					



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande -Montalvo					ESTACIÓN:	1		ABSCISA:	0+850		SENTIDO	Doble		RESPONSABLE
FECHA:		19-ene-22					DÍA:	MIÉRCOLES		ABSCISA:	0+850		HOJA #	1		Andrés Pérez
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA				
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS						
7h00	7h15	48	56	4	8	0	2	1	1	1	5	121				
7h15	7h30	46	50	3	1	1	0	2	1	1	4	105				
7h30	7h45	71	41	4	2	1	5	2	0	1	8	127				
7h45	8h00	51	41	3	5	2	0	5	0	1	6	108	461			
Sumatoria parcial		216	188	14	16	4	7	10	2	4						
8h00	8h15	69	59	1	1	1	0	2	1	1	4	135	475			
8h15	8h30	64	59	2	2	1	1	2	2	1	6	134	504			
8h30	8h45	61	71	4	1	1	2	2	1	0	5	143	520			
8h45	9h00	58	35	0	2	3	1	1	0	0	2	100	512			
Sumatoria parcial		252	224	7	6	6	4	7	4	2						
9h00	9h15	75	40	5	1	4	2	2	1	0	5	130	507			
9h15	9h30	65	48	4	1	1	2	5	3	1	11	130	503			
9h30	9h45	48	59	2	3	0	3	1	1	0	5	117	477			
9h45	10h00	51	41	3	5	2	0	5	0	1	6	108	485			
Sumatoria parcial		239	188	14	10	7	7	13	5	2						
10h00	10h15	48	40	5	5	2	1	1	2	0	4	104	459			
10h15	10h30	46	50	3	1	1	0	2	1	1	4	105	434			
10h30	10h45	74	31	0	2	1	1	2	0	0	3	111	428			
10h45	11h00	57	36	5	1	0	2	5	0	0	7	106	426			
Sumatoria parcial		225	157	13	9	4	4	10	3	1						
11h00	11h15	48	56	4	8	0	2	1	1	1	5	121	443			
11h15	11h30	74	40	4	6	1	1	4	1	0	6	131	469			
11h30	11h45	45	58	5	2	1	1	5	0	0	6	117	475			
11h45	12h00	67	35	4	3	1	3	3	0	0	6	116	485			
Sumatoria parcial		234	189	17	19	3	7	13	2	1						
12h00	12h15	59	39	6	2	2	2	1	0	0	3	111	475			
12h15	12h30	85	42	4	2	0	0	1	0	1	2	135	479			
12h30	12h45	52	37	4	1	2	4	2	0	0	6	102	464			
12h45	13h00	84	56	9	6	0	3	1	1	1	6	161	509			
Sumatoria parcial		280	174	23	11	4	9	5	1	2						
13h00	13h15	75	44	5	7	0	1	0	0	0	1	132	530			
13h15	13h30	79	54	0	6	1	2	0	0	0	2	142	537			
13h30	13h45	89	69	7	2	3	0	1	1	1	3	173	608			
13h45	14h00	54	52	3	2	1	1	1	0	1	3	115	562			
Sumatoria parcial		297	219	15	17	5	4	2	1	2						
14h00	14h15	73	31	1	3	0	3	1	0	0	4	112	542			
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	1	8	127	527			
14h30	14h45	101	64	7	4	0	1	3	1	0	5	181	535			
14h45	15h00	65	48	1	2	1	1	1	0	1	3	120	540			
Sumatoria parcial		310	184	13	11	2	10	7	1	2						
15h00	15h15	96	57	4	4	1	5	2	0	0	7	169	597			
15h15	15h30	74	85	2	1	2	3	2	1	1	7	171	641			
15h30	15h45	102	56	2	4	1	4	3	0	1	8	173	633			
15h45	16h00	75	56	2	2	0	2	0	0	0	2	137	650			
Sumatoria parcial		347	254	10	11	4	14	7	1	2						
16h00	16h15	90	49	4	1	2	1	2	1	1	5	151	632			
16h15	16h30	80	52	2	5	1	5	0	2	0	7	147	608			
16h30	16h45	88	56	2	2	0	0	1	0	0	1	149	584			
16h45	17h00	82	66	4	2	0	0	1	0	1	2	156	603			
Sumatoria parcial		340	223	12	10	3	6	4	3	2						
17h00	17h15	80	54	5	7	0	4	3	1	0	8	154	606			
17h15	17h30	50	74	1	5	1	4	1	3	1	9	140	599			
17h30	17h45	67	66	3	3	3	0	2	2	0	4	146	596			
17h45	18h00	75	75	3	3	0	2	1	1	1	5	161	601			
Sumatoria parcial		272	269	12	18	4	10	7	7	2						
SUMATORIA TOTAL		3012	2269	150	138	46	82	85	30	22	TOTAL:	5834				



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCSCISA 0+000 HASTA LA ABCSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande -Montalvo					ESTACIÓN:	1		ABCSCISA:	0+850	SENTIDO	Doble	RESPONSABLE
FECHA:		20-ene-22					DÍA:	JUEVES		ABCSCISA:	0+850	HOJA #	1	Andrés Pérez
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA		
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS				
7h00	7h15	52	37	4	1	2	4	2	0	0	6	102		
7h15	7h30	54	45	3	2	1	1	1	1	1	4	109		
7h30	7h45	67	35	4	3	1	3	3	0	0	6	116		
7h45	8h00	70	39	2	2	2	2	3	0	0	5	120	447	
Sumatoria parcial		243	156	13	8	6	10	9	1	1				
8h00	8h15	75	66	5	4	1	2	2	2	0	6	157	502	
8h15	8h30	61	51	2	2	1	1	2	2	1	6	123	516	
8h30	8h45	61	71	4	1	1	2	2	2	0	6	144	544	
8h45	9h00	58	35	1	2	3	2	1	0	1	4	103	527	
Sumatoria parcial		255	223	12	9	6	7	7	6	2				
9h00	9h15	79	46	5	1	4	2	3	3	0	8	143	513	
9h15	9h30	65	48	9	4	1	6	5	3	1	15	142	532	
9h30	9h45	55	59	4	3	0	3	6	1	0	10	131	519	
9h45	10h00	51	41	3	5	2	3	5	0	1	9	111	527	
Sumatoria parcial		250	194	21	13	7	14	19	7	2				
10h00	10h15	54	33	5	5	2	1	1	2	0	4	103	487	
10h15	10h30	46	50	3	1	1	0	3	1	2	6	107	452	
10h30	10h45	74	31	1	2	1	0	2	0	0	2	111	432	
10h45	11h00	57	36	5	1	0	4	5	0	0	9	108	429	
Sumatoria parcial		231	150	14	9	4	5	11	3	2				
11h00	11h15	71	39	4	8	0	2	6	1	1	10	132	458	
11h15	11h30	88	40	2	6	1	1	4	1	1	7	144	495	
11h30	11h45	53	42	5	2	1	6	5	0	0	11	114	498	
11h45	12h00	67	35	4	3	1	3	3	0	0	6	116	506	
Sumatoria parcial		279	156	15	19	3	12	18	2	2				
12h00	12h15	70	39	2	2	2	2	3	0	0	5	120	494	
12h15	12h30	85	37	4	2	0	3	1	1	1	6	134	484	
12h30	12h45	52	37	4	1	2	4	2	0	0	6	102	472	
12h45	13h00	80	56	9	6	0	3	1	1	1	6	157	513	
Sumatoria parcial		287	169	19	11	4	12	7	2	2				
13h00	13h15	75	31	4	7	0	3	0	1	0	4	121	514	
13h15	13h30	79	54	6	6	1	2	0	0	0	2	148	528	
13h30	13h45	85	69	7	2	3	0	1	1	1	3	169	595	
13h45	14h00	54	45	3	2	1	1	1	1	1	4	109	547	
Sumatoria parcial		293	199	20	17	5	6	2	3	2				
14h00	14h15	73	31	9	3	0	3	0	0	0	3	119	545	
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	0	7	126	523	
14h30	14h45	92	59	7	4	0	4	3	1	2	10	172	526	
14h45	15h00	65	48	1	2	1	2	1	0	1	4	121	538	
Sumatoria parcial		301	179	21	11	2	14	6	1	3				
15h00	15h15	96	57	4	4	1	5	2	0	0	7	169	588	
15h15	15h30	74	55	4	1	2	6	4	1	0	11	147	609	
15h30	15h45	79	56	6	4	1	4	3	0	1	8	154	591	
15h45	16h00	75	56	7	2	0	2	0	0	0	2	142	612	
Sumatoria parcial		324	224	21	11	4	17	9	1	1				
16h00	16h15	90	49	4	1	2	2	2	1	2	7	153	596	
16h15	16h30	84	55	2	5	1	5	4	2	0	11	158	607	
16h30	16h45	88	56	2	2	0	3	1	0	0	4	152	605	
16h45	17h00	82	66	4	2	0	0	1	0	1	2	156	619	
Sumatoria parcial		344	226	12	10	3	10	8	3	3				
17h00	17h15	100	55	5	7	0	9	3	3	0	15	182	648	
17h15	17h30	115	74	3	5	1	4	2	3	1	10	208	698	
17h30	17h45	108	81	3	3	3	0	2	2	1	5	203	749	
17h45	18h00	102	71	3	3	0	2	1	1	0	4	183	776	
Sumatoria parcial		425	281	14	18	4	15	8	9	2				
SUMATORIA TOTAL		3232	2157	182	136	48	122	104	38	22	TOTAL:	6041		



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCSCISA 0+000 HASTA LA ABCSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande - Montalvo					ESTACIÓN:	1	Abscisa:	0+850	SENTIDO	Doble	RESPONSABLE
FECHA:		21-ene-22					DÍA:	VIERNES			HOJA #	1	Andrés Pérez
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA	
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3 ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS			
7h00	7h15	57	33	4	1	2	4	2	0	0	6	103	
7h15	7h30	46	44	3	2	1	1	1	1	1	4	100	
7h30	7h45	58	33	4	3	1	3	3	0	0	6	105	
7h45	8h00	66	39	2	2	2	2	3	0	0	5	116	424
Sumatoria parcial		227	149	13	8	6	10	9	1	1			
8h00	8h15	82	66	5	4	1	2	2	2	0	6	164	485
8h15	8h30	64	51	2	2	1	1	2	2	1	6	126	511
8h30	8h45	61	71	4	1	1	2	2	2	0	6	144	550
8h45	9h00	88	35	1	2	3	2	1	0	1	4	133	567
Sumatoria parcial		295	223	12	9	6	7	7	6	2			
9h00	9h15	88	46	5	1	4	2	3	3	0	8	152	555
9h15	9h30	61	48	9	4	1	6	5	3	1	15	138	567
9h30	9h45	65	59	4	3	0	3	6	1	0	10	141	564
9h45	10h00	55	41	3	5	2	3	5	0	1	9	115	546
Sumatoria parcial		269	194	21	13	7	14	19	7	2			
10h00	10h15	78	33	5	5	2	1	1	2	0	4	127	521
10h15	10h30	71	50	3	1	1	0	3	1	2	6	132	515
10h30	10h45	73	31	1	2	1	0	2	0	0	2	110	484
10h45	11h00	76	36	5	1	0	4	5	0	0	9	127	496
Sumatoria parcial		298	150	14	9	4	5	11	3	2			
11h00	11h15	75	39	4	8	0	2	6	1	1	10	136	505
11h15	11h30	88	40	2	6	1	1	4	1	1	7	144	517
11h30	11h45	64	42	5	2	1	6	5	0	0	11	125	532
11h45	12h00	67	35	4	3	1	3	3	0	0	6	116	521
Sumatoria parcial		294	156	15	19	3	12	18	2	2			
12h00	12h15	70	39	2	2	2	2	3	0	0	5	120	505
12h15	12h30	85	37	4	2	0	3	1	1	1	6	134	495
12h30	12h45	77	37	4	1	2	4	2	0	0	6	127	497
12h45	13h00	80	56	9	6	0	3	1	1	1	6	157	538
Sumatoria parcial		312	169	19	11	4	12	7	2	2			
13h00	13h15	75	31	4	7	0	3	0	1	0	4	121	539
13h15	13h30	79	54	6	6	1	2	0	0	0	2	148	553
13h30	13h45	83	69	7	2	3	0	1	1	1	3	167	593
13h45	14h00	93	45	3	2	1	1	1	1	1	4	148	584
Sumatoria parcial		330	199	20	17	5	6	2	3	2			
14h00	14h15	70	21	9	3	0	3	0	0	0	3	106	569
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	0	7	126	547
14h30	14h45	83	59	7	4	0	4	3	1	2	10	163	543
14h45	15h00	75	48	1	2	1	2	1	0	1	4	131	526
Sumatoria parcial		299	169	21	11	2	14	6	1	3			
15h00	15h15	76	37	4	4	1	5	2	0	0	7	129	549
15h15	15h30	84	55	4	1	2	6	4	1	0	11	157	580
15h30	15h45	69	56	6	4	1	4	3	0	1	8	144	561
15h45	16h00	85	46	7	2	0	2	0	0	0	2	142	572
Sumatoria parcial		314	194	21	11	4	17	9	1	1			
16h00	16h15	80	49	4	1	2	2	2	1	2	7	143	586
16h15	16h30	94	55	2	5	1	5	4	2	0	11	168	597
16h30	16h45	78	56	2	2	0	3	1	0	0	4	142	595
16h45	17h00	92	66	4	2	0	0	1	0	1	2	166	619
Sumatoria parcial		344	226	12	10	3	10	8	3	3			
17h00	17h15	90	55	5	7	0	9	3	3	0	15	172	648
17h15	17h30	95	64	3	5	1	4	2	3	1	10	178	658
17h30	17h45	98	61	3	3	3	0	2	2	1	5	173	689
17h45	18h00	52	71	3	3	0	2	1	1	0	4	133	656
Sumatoria parcial		335	251	14	18	4	15	8	9	2			
SUMATORIA TOTAL		3317	2080	182	136	48	122	104	38	22	TOTAL:	6049	



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR																	
VÍA:	Camino Real Huachi Grande -Montalvo							ESTACIÓN:	1		ABSCISA:	0+850		SENTIDO	Doble		RESPONSABLE
FECHA:	22-ene-22							DÍA:	SÁBADO		HOJA #			1		Andrés Pérez	
HORA	LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA					
	Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS							
7h00	7h15	71	50	3	1	0	0	3	1	1	5	130					
7h15	7h30	64	42	5	3	1	6	6	0	0	12	127					
7h30	7h45	91	33	5	6	4	2	3	3	1	9	148					
7h45	8h00	75	31	4	1	0	3	1	1	0	5	116	521				
Sumatoria parcial		301	156	17	11	5	11	13	5	2							
8h00	8h15	75	59	6	2	0	3	3	2	0	8	150	541				
8h15	8h30	60	49	3	2	1	1	0	2	0	3	118	532				
8h30	8h45	55	49	5	2	0	1	2	2	0	5	116	500				
8h45	9h00	94	41	1	2	3	2	1	0	1	4	145	529				
Sumatoria parcial		284	198	15	8	4	7	6	6	1							
9h00	9h15	91	33	5	6	4	2	3	3	1	9	148	527				
9h15	9h30	64	56	5	6	0	6	5	3	1	15	146	555				
9h30	9h45	70	52	2	3	0	3	6	1	0	10	137	576				
9h45	10h00	69	41	3	2	2	3	1	0	1	5	122	553				
Sumatoria parcial		294	182	15	17	6	14	15	7	3							
10h00	10h15	78	33	5	6	2	1	1	2	0	4	128	533				
10h15	10h30	71	50	3	1	0	0	3	1	1	5	130	517				
10h30	10h45	73	31	1	2	0	4	2	0	0	6	113	493				
10h45	11h00	76	36	5	1	0	4	4	0	0	8	126	497				
Sumatoria parcial		298	150	14	10	2	9	10	3	1							
11h00	11h15	66	39	4	2	0	2	6	1	0	9	120	489				
11h15	11h30	81	40	2	4	1	4	4	1	1	10	138	497				
11h30	11h45	64	42	5	3	1	6	6	0	0	12	127	511				
11h45	12h00	67	35	4	3	1	4	3	0	0	7	117	502				
Sumatoria parcial		278	156	15	12	3	16	19	2	1							
12h00	12h15	70	51	3	1	2	2	3	0	0	5	132	514				
12h15	12h30	75	27	4	4	0	5	3	1	0	9	119	495				
12h30	12h45	72	27	5	1	2	4	2	0	0	6	113	481				
12h45	13h00	68	28	3	6	0	4	1	1	1	7	112	476				
Sumatoria parcial		285	133	15	12	4	15	9	2	1							
13h00	13h15	75	31	4	1	0	3	1	1	0	5	116	460				
13h15	13h30	79	54	6	6	1	2	0	0	0	2	148	489				
13h30	13h45	83	69	7	2	1	1	1	1	0	3	165	541				
13h45	14h00	93	45	3	2	1	1	1	1	1	4	148	577				
Sumatoria parcial		330	199	20	11	3	7	3	3	1							
14h00	14h15	73	37	5	3	2	3	4	0	0	7	127	588				
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	0	7	126	566				
14h30	14h45	92	44	7	4	1	10	3	1	0	14	162	563				
14h45	15h00	65	48	1	2	0	2	1	0	1	4	120	535				
Sumatoria parcial		301	170	17	11	4	20	10	1	1							
15h00	15h15	96	57	7	2	1	5	2	0	0	7	170	578				
15h15	15h30	74	55	4	6	2	10	0	1	0	11	152	604				
15h30	15h45	91	61	6	4	1	4	3	0	1	8	171	613				
15h45	16h00	75	49	7	2	0	2	0	0	0	2	135	628				
Sumatoria parcial		336	222	24	14	4	21	5	1	1							
16h00	16h15	90	49	6	1	0	9	2	1	1	13	159	617				
16h15	16h30	91	55	3	5	1	5	5	2	0	12	167	632				
16h30	16h45	91	52	2	1	0	3	1	0	0	4	150	611				
16h45	17h00	82	66	4	2	1	6	1	0	1	8	163	639				
Sumatoria parcial		354	222	15	9	2	23	9	3	2							
17h00	17h15	85	25	5	7	0	14	4	3	0	21	143	623				
17h15	17h30	83	35	3	5	1	4	3	3	1	11	138	594				
17h30	17h45	78	28	3	3	3	0	2	2	1	5	120	564				
17h45	18h00	91	36	3	3	0	2	1	1	0	4	137	538				
Sumatoria parcial		337	124	14	18	4	20	10	9	2							
SUMATORIA TOTAL		3398	1912	181	133	41	163	109	42	16	TOTAL:	5995					



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTEO VEHICULAR

VÍA:		Camino Real Huachi Grande -Montalvo					ESTACIÓN:		1		ABCISA:		0+850		SENTIDO		Doble		RESPONSABLE	
FECHA:		23-ene-22					DÍA:		DOMINGO		HOJA #		1		Andrés Pérez					
HORA		LIVIANOS			BUSES		PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA							
		Automovil	Camioneta	Motos	Livianos	Medianos	2 ejes Livianos	2 ejes pesados	3ejes	Mas de 3 ejes	TOTAL PESADOS									
7h00	7h15	57	33	4	1	2	4	2	0	0	6	103								
7h15	7h30	46	44	3	2	1	1	1	1	1	4	100								
7h30	7h45	58	33	4	3	1	3	3	0	0	6	105								
7h45	8h00	66	39	2	2	2	2	3	0	0	5	116	424							
Sumatoria parcial		227	149	13	8	6	10	9	1	1										
8h00	8h15	75	55	4	2	1	3	4	2	1	10	147	468							
8h15	8h30	60	52	6	2	1	1	5	4	0	10	131	499							
8h30	8h45	55	60	8	2	1	1	2	2	0	5	131	525							
8h45	9h00	94	33	3	2	3	2	2	0	1	5	140	549							
Sumatoria parcial		284	200	21	8	6	7	13	8	2										
9h00	9h15	91	44	3	6	4	2	3	3	0	8	156	558							
9h15	9h30	64	37	2	6	0	6	5	3	1	15	124	551							
9h30	9h45	70	45	2	3	0	3	4	1	0	8	128	548							
9h45	10h00	69	46	3	2	2	3	1	0	0	4	126	534							
Sumatoria parcial		294	172	10	17	6	14	13	7	1										
10h00	10h15	78	40	5	6	2	1	6	2	0	9	140	518							
10h15	10h30	71	51	4	1	0	0	3	1	1	5	132	526							
10h30	10h45	73	41	4	2	0	7	4	0	0	11	131	529							
10h45	11h00	76	42	5	1	0	4	4	0	0	8	132	535							
Sumatoria parcial		298	174	18	10	2	12	17	3	1										
11h00	11h15	66	45	4	2	0	2	6	1	0	9	126	521							
11h15	11h30	81	41	3	4	1	4	4	1	0	9	139	528							
11h30	11h45	64	49	9	3	1	6	5	0	1	12	138	535							
11h45	12h00	67	52	8	3	1	4	3	0	0	7	138	541							
Sumatoria parcial		278	187	24	12	3	16	18	2	1										
12h00	12h15	70	44	3	1	2	2	3	0	0	5	125	540							
12h15	12h30	85	41	2	4	0	5	3	1	1	10	142	543							
12h30	12h45	77	47	5	1	2	4	4	0	0	8	140	545							
12h45	13h00	80	37	3	6	0	4	1	1	0	6	132	539							
Sumatoria parcial		312	169	13	12	4	15	11	2	1										
13h00	13h15	75	35	3	1	0	5	1	1	0	7	121	535							
13h15	13h30	79	51	6	6	1	2	0	0	1	3	146	539							
13h30	13h45	83	70	5	2	1	1	1	1	0	3	164	563							
13h45	14h00	93	45	3	2	1	1	1	1	1	4	148	579							
Sumatoria parcial		330	201	17	11	3	9	3	3	2										
14h00	14h15	73	37	5	3	2	3	4	0	0	7	127	585							
14h15	14h30	71	41	4	2	1	5	2	0	1	8	127	566							
14h30	14h45	92	65	9	4	1	10	3	1	0	14	185	587							
14h45	15h00	65	48	1	2	0	2	1	0	1	4	120	559							
Sumatoria parcial		301	191	19	11	4	20	10	1	2										
15h00	15h15	96	57	7	2	1	5	2	0	0	7	170	602							
15h15	15h30	74	55	7	6	2	10	0	1	0	11	155	630							
15h30	15h45	91	61	6	4	1	4	3	0	0	7	170	615							
15h45	16h00	75	49	7	2	0	2	0	0	0	2	135	630							
Sumatoria parcial		336	222	27	14	4	21	5	1	0										
16h00	16h15	90	49	6	1	0	9	2	1	1	13	159	619							
16h15	16h30	91	55	3	5	1	5	5	2	0	12	167	631							
16h30	16h45	91	49	2	1	0	3	1	0	0	4	147	608							
16h45	17h00	82	66	4	2	1	6	1	0	1	8	163	636							
Sumatoria parcial		354	219	15	9	2	23	9	3	2										
17h00	17h15	95	55	5	7	0	14	4	2	0	20	182	659							
17h15	17h30	103	64	4	5	1	4	3	3	1	11	188	680							
17h30	17h45	108	55	4	3	3	0	2	2	1	5	178	711							
17h45	18h00	111	61	5	3	0	2	1	2	0	5	185	733							
Sumatoria parcial		417	235	18	18	4	20	10	9	2										
SUMATORIA TOTAL		3431	2119	195	130	44	167	118	40	15	TOTAL:	6259								

ANEXO C

Ficha de análisis de los valores PCI



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO:		FECHA:		EVALUADO POR:						
Huachi Grande - Montalvo		29 de enero de 2022		Andrés Pérez						
DATOS		TIPO DE FALLAS			ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+000"/> ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+032"/> UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="U1"/> ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="230.32 m²"/> ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.31 m"/> TRAMO <input type="text" value="1"/>	N°	Fallas	Unidad							
	1	Piel de cocodrilo	m²							
	2	Exudación	m²							
	3	Agrietamiento en bloque	m²							
	4	Desnivel localizado	m							
	5	Corrugación	m²							
	6	Depresión	m²							
	7	Grieta de borde	m							
	8	Grieta de juntas	m							
	9	Desnivel carril/Espaldón	m							
	10	Grietas longitudinales y transv	m							
	11	Parche	m²							
	12	Agregado pulido	m²							
	13	Huecos	U							
	14	Cruce de ferrocarril	m²							
	15	Ahuellamiento	m²							
	16	Desplazamiento	m²							
	17	Grieta parabólica	m²							
	18	Hinchamiento	m²							
19	Despredimiento de agregados	m²								
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)							
1	X			1.3	2.04		3.34	1%	9	
10	X			8.2			8.2	4%	3	
19	X			2.12			2.12	0.92%	2	
18	X			2.4			2.4	1.04%	3	
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT			VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	17		
MUY BUENA							CÁLCULO DE PCI=	83		

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 1

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 1.

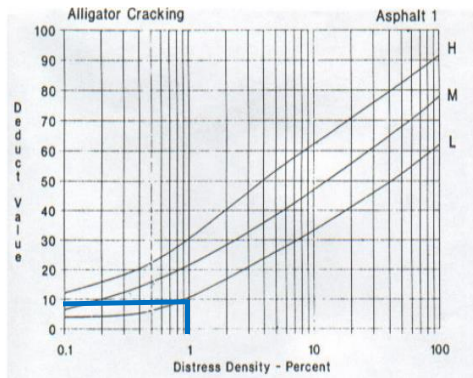


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla piel de cocodrilo.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 1.

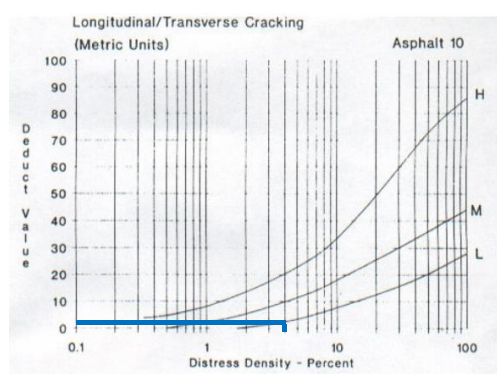


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla fisuras longitudinales y transversales .

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 1.

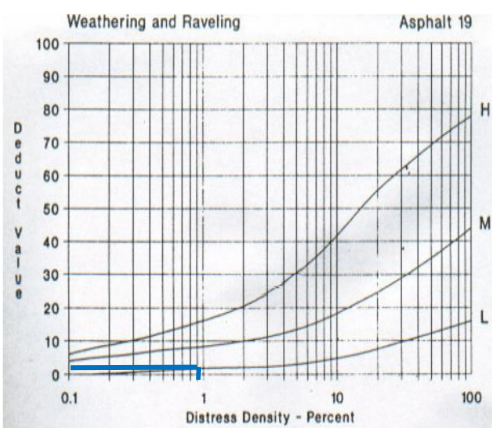


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla desprendimiento de agregados

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 1.

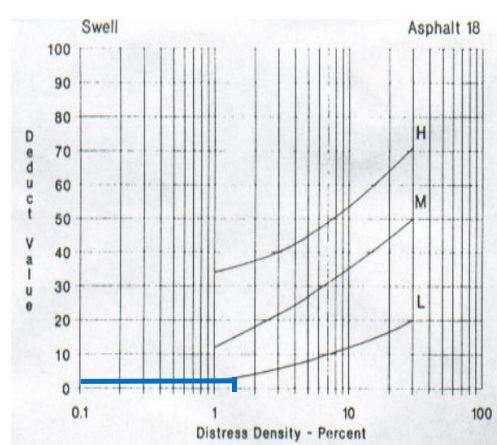


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla hinchaiento.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
ABCISIA INICIAL <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">0+312</div> ABCISIA FINAL <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">0+344</div> UNIDAD DE MUESTREO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">U2</div> ÁREA DE MUESTREO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">229.68 m²</div> ANCHO DE CARRIL <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">7.29 m</div> TRAMO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px;">1</div>	N°	Fallas	Unidad				
	1	Piel de cocodrilo	m ²				
	2	Exudación	m ²				
	3	Agrietamiento en bloque	m ²				
	4	Desnivel localizado	m				
	5	Corrugación	m ²				
	6	Depresión	m ²				
	7	Grieta de borde	m				
	8	Grieta de juntas	m				
	9	Desnivel carril/Espaldón	m				
	10	Grietas longitudinales y transv	m				
	11	Parche	m ²				
	12	Agregado pulido	m ²				
	13	Huecos	U				
	14	Cruce de ferrocarril	m ²				
	15	Ahuellamiento	m ²				
	16	Desplazamiento	m ²				
	17	Grieta parabólica	m ²				
	18	Hinchamiento	m ²				
19	Despedimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
10		X		8.3	8.3	4%	8
19	X			3.2	5	2%	2
4	X			3.85	3.85	1.68%	2
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		12	
EXELENTE				PCI= 100 - VDT		CÁLCULO DE PCI=	
						88	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI2

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 2..

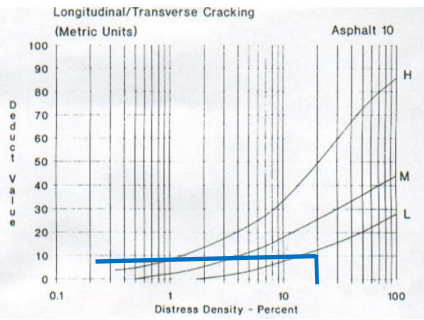


Figura # . Ábaco de valores deducidos para grietas longitudinales y transversales.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 2.

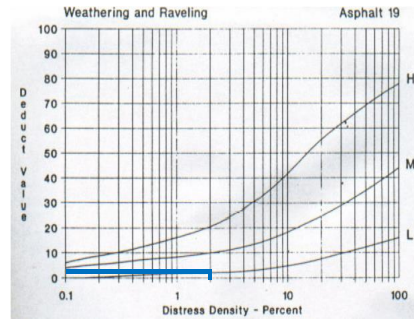


Figura # . Ábaco de valores deducidos para desprendimientos de agregados.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 2.

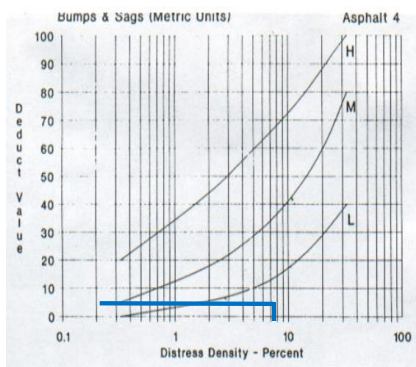


Figura # . Ábaco de valores deducidos para abultamiento y hundimiento.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

<u>PROYECTO:</u>		<u>FECHA:</u>		<u>EVALUADO POR:</u>				
Huachi Grande - Montalvo		29 de enero de 2022		Andrés Pérez				
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA				
ABSCISA INICIAL 0+614 ABSCISA FINAL 0+645 UNIDAD DE MUESTREO U3 ÁREA DE MUESTREO 230.95 m ² ANCHO DE CARRIL 7.33 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad					
	1	Piel de cocodrilo	m ²					
	2	Exudación	m ²					
	3	Agrietamiento en bloque	m ²					
	4	Desnivel localizado	m					
	5	Corrugación	m ²					
	6	Depresión	m ²					
	7	Grieta de borde	m					
	8	Grieta de juntas	m					
	9	Desnivel carril/Espaldón	m					
	10	Grietas longitudinales y transv	m					
	11	Parche	m ²					
	12	Agregado pulido	m ²					
	13	Huecos	U					
	14	Cruce de ferrocarril	m ²					
	15	Ahuellamiento	m ²					
	16	Desplazamiento	m ²					
	17	Grieta parabólica	m ²					
	18	Hinchamiento	m ²					
19	Despredimiento de agregados	m ²						
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)					
6	X			4.11	2.04	6.15	3%	5
1	X			3.62		3.62	2%	16
11	X			1.88	7.91	9.79	4.24%	8
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	29	
MUY BUENA						CÁLCULO DE PCI=	71	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 3

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 3.

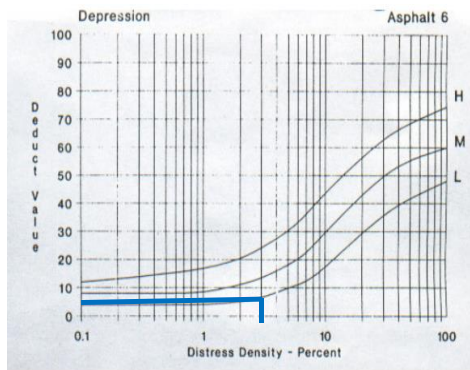


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla depresión.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 3.

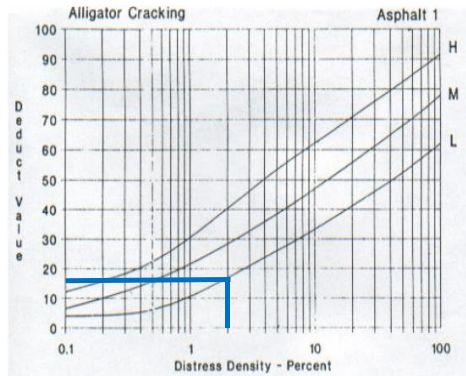


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla piel de cocodrilo.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 3.

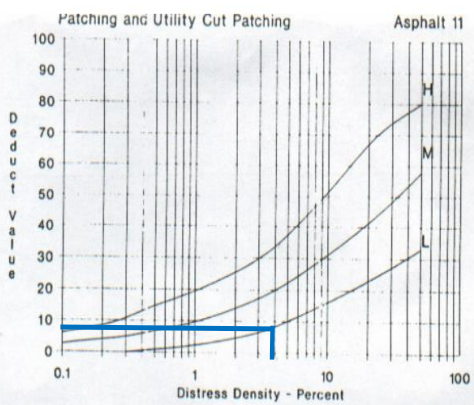


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla parches.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

<u>PROYECTO:</u>		<u>FECHA:</u>		<u>EVALUADO POR:</u>					
Huachi Grande - Montalvo		29 de enero de 2022		Andrés Pérez					
DATOS		TIPO DE FALLAS			ESQUEMA				
ABSCISA INICIAL 0+915 ABSCISA FINAL 0+947 UNIDAD DE MUESTREO U4 ÁREA DE MUESTREO 231.89 m ² ANCHO DE CARRIL 7.36 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad						
	1	Piel de cocodrilo	m ²						
	2	Exudación	m ²						
	3	Agrietamiento en bloque	m ²						
	4	Desnivel localizado	m						
	5	Corrugación	m ²						
	6	Depresión	m ²						
	7	Grieta de borde	m						
	8	Grieta de juntas	m						
	9	Desnivel carril/Espaldón	m						
	10	Grietas longitudinales y transv	m						
	11	Parche	m ²						
	12	Agregado pulido	m ²						
	13	Huecos	U						
	14	Cruce de ferrocarril	m ²						
	15	Ahuellamiento	m ²						
	16	Desplazamiento	m ²						
	17	Grieta parabólica	m ²						
	18	Hinchamiento	m ²						
19	Despredimiento de agregados	m ²							
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)						
11	X			3.81	7.74		11.55	5%	9
6	X			2.8			2.8	1%	3
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT			VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		12
EXELENTE							CÁLCULO DE PCI=		88

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 4

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 4.

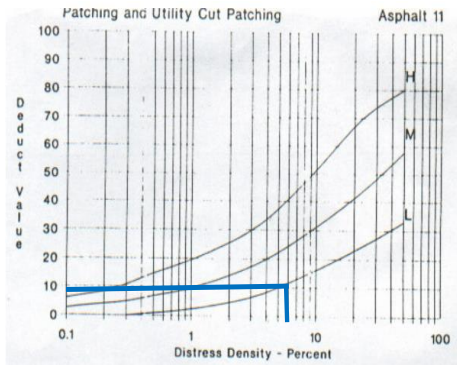


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla de parches.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 4.

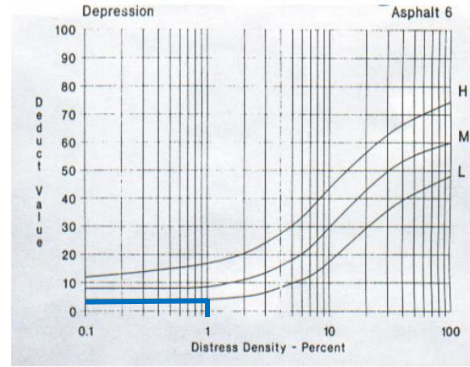


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla depresión.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez				
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA				
ABSCISA INICIAL 1+217 ABSCISA FINAL 1+248 UNIDAD DE MUESTREO U5 ÁREA DE MUESTREO 230.95 m ² ANCHO DE CARRIL 7.33 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad					
	1	Piel de cocodrilo	m ²					
	2	Exudación	m ²					
	3	Agrietamiento en bloque	m ²					
	4	Desnivel localizado	m					
	5	Corrugación	m ²					
	6	Depresión	m ²					
	7	Grieta de borde	m					
	8	Grieta de juntas	m					
	9	Desnivel carril/Espaldón	m					
	10	Grietas longitudinales y transv	m					
	11	Parche	m ²					
	12	Agregado pulido	m ²					
	13	Huecos	U					
	14	Cruce de ferrocarril	m ²					
	15	Ahuellamiento	m ²					
	16	Desplazamiento	m ²					
	17	Grieta parabólica	m ²					
	18	Hinchamiento	m ²					
19	Despredimiento de agregados	m ²						
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)					
11		X		6.91	4.25	11.16	5%	21
10	X			1.73	2.88	4.61	2%	3
6	X			6.1		6.1	3%	3
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		27
MUY BUENO						CÁLCULO DE PCI=		73

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 5

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 5.

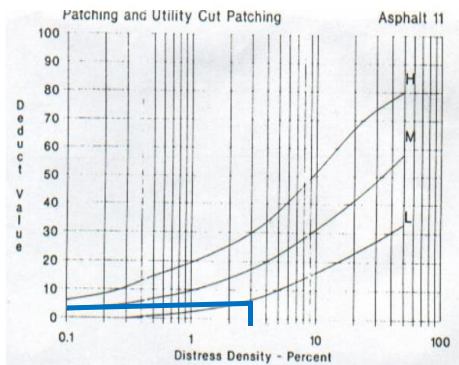


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla de parches.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 5.

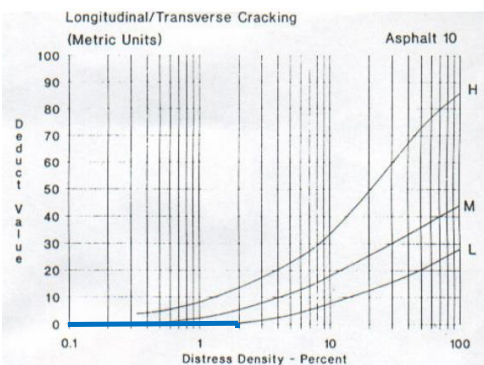


Figura # . Ábaco de valores deducidos para fisuras longitudinales y transversales.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 5.

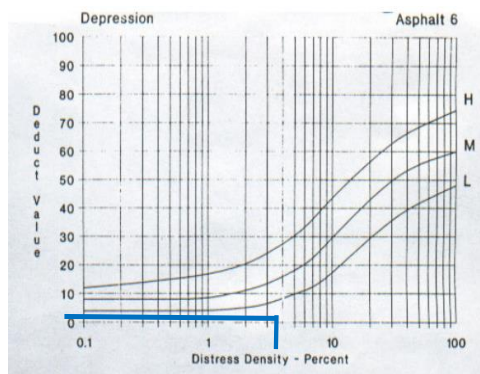


Figura # . Ábaco de valores deducidos para depresión.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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

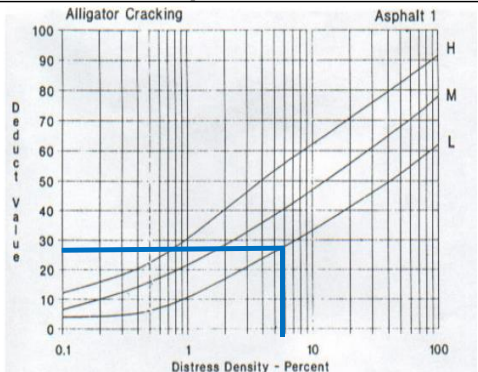
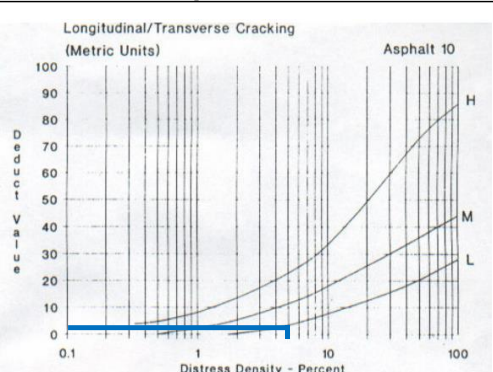


TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez					
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL 1+518 ABSCISA FINAL 1+550 UNIDAD DE MUESTREO U6 ÁREA DE MUESTREO 229.05 m ² ANCHO DE CARRIL 7.27 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad						
	1	Piel de cocodrilo	m ²						
	2	Exudación	m ²						
	3	Agrietamiento en bloque	m ²						
	4	Desnivel localizado	m						
	5	Corrugación	m ²						
	6	Depresión	m ²						
	7	Grieta de borde	m						
	8	Grieta de juntas	m						
	9	Desnivel carril/Espaldón	m						
	10	Grietas longitudinales y transv	m						
	11	Parche	m ²						
	12	Agregado pulido	m ²						
	13	Huecos	U						
	14	Cruce de ferrocarril	m ²						
	15	Ahuellamiento	m ²						
	16	Desplazamiento	m ²						
	17	Grieta parabólica	m ²						
	18	Hinchamiento	m ²						
19	Despredimiento de agregados	m ²							
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)						
1	X			0.93	2.66	9.08	12.67	6%	26
10	X			11.7			11.7	5%	2
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		28	
MUY BUENO						CÁLCULO DE PCI=		72	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 6

<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 6.</p> 	<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 6.</p> 
<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla piel de cocodrilo.</p>	<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para fisuras longitudinales y transversales.</p>
<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

<u>PROYECTO:</u>		<u>FECHA:</u>		<u>EVALUADO POR:</u>				
Huachi Grande - Montalvo		29 de enero de 2022		Andrés Pérez				
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA				
	N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA INICIAL 1+820	1	Piel de cocodrilo	m ²					
	2	Exudación	m ²					
	3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ABSCISA FINAL 1+851	4	Desnivel localizado	m					
	5	Corrugación	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO U7	6	Depresión	m ²					
	7	Grieta de borde	m					
	8	Grieta de juntas	m					
ÁREA DE MUESTREO 228.42 m ²	9	Desnivel carril/Espaldón	m					
	10	Grietas longitudinales y transv	m					
ANCHO DE CARRIL 7.25 m	11	Parche	m ²					
	12	Agregado pulido	m ²					
	13	Huecos	U					
TRAMO 1	14	Cruce de ferrocarril	m ²					
	15	Ahuellamiento	m ²					
	16	Desplazamiento	m ²					
	17	Grieta parabólica	m ²					
	18	Hinchamiento	m ²					
	19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)					
1	X			3.7		3.7	2%	14
10	X			7.18		7.18	3%	1
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	15	
EXELENTE						CÁLCULO DE PCI=	85	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 7

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 7.	Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 7.
<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla piel de cocodrilo.</p>	<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para fisuras longitudinales y transversales.</p>
<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO:		FECHA:		EVALUADO POR:				
Huachi Grande - Montalvo		29 de enero de 2022		Andrés Pérez				
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA				
		N°	Fallas	Unidad				
ABSCISA INICIAL 2+121	1	Piel de cocodrilo	m ²					
	2	Exudación	m ²					
	3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ABSCISA FINAL 2+153	4	Desnivel localizado	m					
	5	Corrugación	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO U8	6	Depresión	m ²					
	7	Grieta de borde	m					
	8	Grieta de juntas	m					
ÁREA DE MUESTREO 229.37 m ²	9	Desnivel carril/Espaldón	m					
	10	Grietas longitudinales y transv	m					
ANCHO DE CARRIL 7.28 m	11	Parche	m ²					
	12	Agregado pulido	m ²					
	13	Huecos	U					
TRAMO 1	14	Cruce de ferrocarril	m ²					
	15	Ahuellamiento	m ²					
	16	Desplazamiento	m ²					
	17	Grieta parabólica	m ²					
	18	Hinchamiento	m ²					
	19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)					
12	X			5.87	5.87	3%	1	
3	X			11.12	11.12	5%	3	
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	4	
EXELENTE						CÁLCULO DE PCI=	96	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 8

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 8.

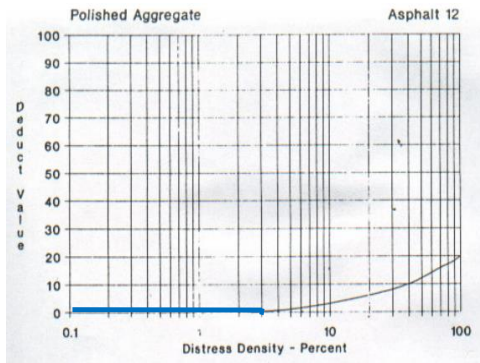


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla de agregado pulido.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 8.

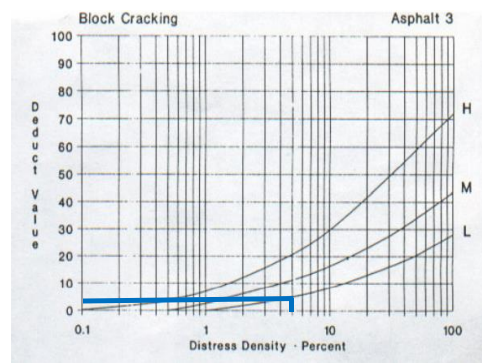


Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas de agrietamiento en bloque.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 2+423 ABSCISA FINAL 2+454 UNIDAD DE MUESTREO U9 ÁREA DE MUESTREO 230.32 m ² ANCHO DE CARRIL 7.31 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad				
	1	Piel de cocodrilo	m ²				
	2	Exudación	m ²				
	3	Agrietamiento en bloque	m ²				
	4	Desnivel localizado	m				
	5	Corrugación	m ²				
	6	Depresión	m ²				
	7	Grieta de borde	m				
	8	Grieta de juntas	m				
	9	Desnivel carril/Espaldón	m				
	10	Grietas longitudinales y transv	m				
	11	Parche	m ²				
	12	Agregado pulido	m ²				
	13	Huecos	U				
	14	Cruce de ferrocarril	m ²				
	15	Ahuellamiento	m ²				
	16	Desplazamiento	m ²				
	17	Grieta parabólica	m ²				
	18	Hinchamiento	m ²				
19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
11	X			17.32	17.32	8%	9
3	X			9.84	9.84	4%	3
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT	VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	12	
EXELENTE					CÁLCULO DE PCI=	88	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 9

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 9.

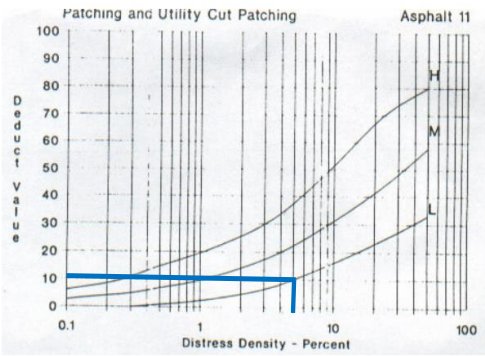


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla de parches.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo # Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 9.

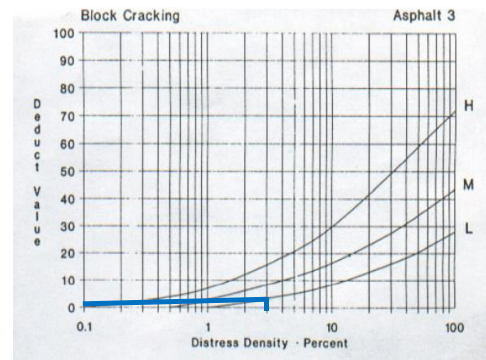


Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas de agrietamiento en bloque.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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

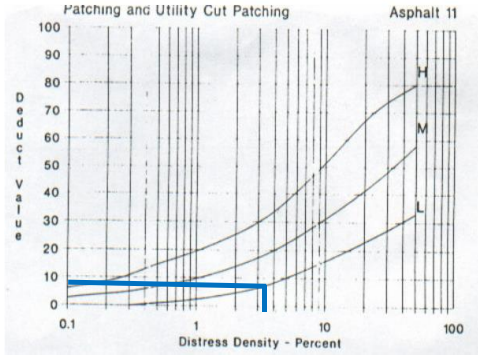
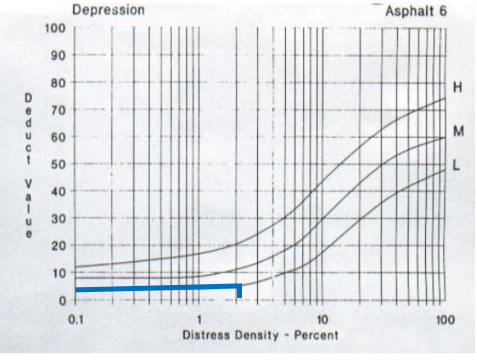
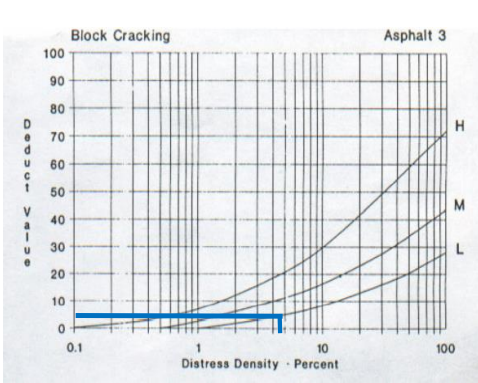
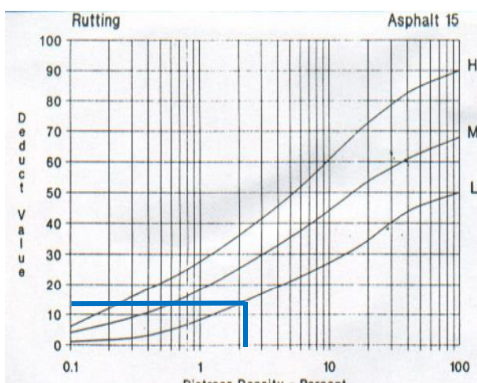


TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
		N°	Fallas	Unidad			
ABSCISA INICIAL 2+724		1	Piel de cocodrilo	m²			
		2	Exudación	m²			
		3	Agrietamiento en bloque	m²			
ABSCISA FINAL 2+756		4	Desnivel localizado	m			
		5	Corrugación	m²			
UNIDAD DE MUESTREO U10		6	Depresión	m²			
		7	Grieta de borde	m			
		8	Grieta de juntas	m			
ÁREA DE MUESTREO 229.68 m²		9	Desnivel carril/Espaldón	m			
		10	Grietas longitudinales y transv	m			
ANCHO DE CARRIL 7.29 m		11	Parche	m²			
		12	Agregado pulido	m²			
		13	Huecos	U			
TRAMO 1		14	Cruce de ferrocarril	m²			
		15	Ahuellamiento	m²			
		16	Desplazamiento	m²			
		17	Grieta parabólica	m²			
		18	Hinchamiento	m²			
		19	Despredimiento de agregados	m²			
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
11	X			8.36	8.36	3.64%	8
6	X			2.78	2.78	1.21%	4
3	X			3.5	7.68	4.87%	6
15	X			1.89	3.12	2.18%	14
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	32
BUENO						CÁLCULO DE PCI=	68

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 10

<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 5.</p> 	<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 5.</p> 
<p align="center">Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla de parches.</p>	<p align="center">Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas depresión.</p>
<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>
<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 10.</p> 	<p align="center">Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 10.</p> 
<p align="center">Figura # . Ábaco de valores deducidos para agrietamiento en bloque.</p>	<p align="center">Figura # . Ábaco de valores deducidos par la falla ahuellamiento.</p>
<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 3+026 ABSCISA FINAL 3+057 UNIDAD DE MUESTREO U11 ÁREA DE MUESTREO 228.42 m ² ANCHO DE CARRIL 7.25 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad				
	1	Piel de cocodrilo	m ²				
	2	Exudación	m ²				
	3	Agrietamiento en bloque	m ²				
	4	Desnivel localizado	m				
	5	Corrugación	m ²				
	6	Depresión	m ²				
	7	Grieta de borde	m				
	8	Grieta de juntas	m				
	9	Desnivel carril/Espaldón	m				
	10	Grietas longitudinales y transv	m				
	11	Parche	m ²				
	12	Agregado pulido	m ²				
	13	Huecos	U				
	14	Cruce de ferrocarril	m ²				
	15	Ahuellamiento	m ²				
	16	Desplazamiento	m ²				
	17	Grieta parabólica	m ²				
	18	Hinchamiento	m ²				
19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
6			X	2.7	2.7	1.18%	8
1			X	8.1	8.1	3.55%	20
11			X	3.67	3.67	1.61%	4
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT		VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	
BUENO						32	
						CÁLCULO DE PCI=	
						68	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 11

<p>Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 11.</p>	<p>Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 11.</p>
<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla depresión.</p>	<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas piel de cocodrilo.</p>
<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>
<p>Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 11.</p>	
<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas parches.</p> <p align="center">Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 3+327 ABSCISA FINAL 3+359 UNIDAD DE MUESTREO U12 ÁREA DE MUESTREO 230.00 m ² ANCHO DE CARRIL 7.30 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad				
	1	Piel de cocodrilo	m ²				
	2	Exudación	m ²				
	3	Agrietamiento en bloque	m ²				
	4	Desnivel localizado	m				
	5	Corrugación	m ²				
	6	Depresión	m ²				
	7	Grieta de borde	m				
	8	Grieta de juntas	m				
	9	Desnivel carril/Espaldón	m				
	10	Grietas longitudinales y transv	m				
	11	Parche	m ²				
	12	Agregado pulido	m ²				
	13	Huecos	U				
	14	Cruce de ferrocarril	m ²				
	15	Ahuellamiento	m ²				
	16	Desplazamiento	m ²				
	17	Grieta parabólica	m ²				
	18	Hinchamiento	m ²				
19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
13			X	2	2	0.87%	13
19			X	3.61	3.61	1.57%	2
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT	VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)	15	
MUY BUENO					CÁLCULO DE PCI=	85	

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 12

<p>Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 12.</p>	<p>Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 12.</p>
<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla huecos.</p>	<p>Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas desprendimiento de agregados.</p>
<p>Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>	<p>Fuente: Pavement Condition Index, 2002</p>



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

<u>PROYECTO:</u>	<u>FECHA:</u>	<u>EVALUADO POR:</u>																																																												
Huachi Grande - Montalvo	29 de enero de 2022	Andrés Pérez																																																												
DATOS	TIPO DE FALLAS	ESQUEMA																																																												
<p>ABSCISA INICIAL 3+629</p> <p>ABSCISA FINAL 3+660</p> <p>UNIDAD DE MUESTREO U13</p> <p>ÁREA DE MUESTREO 230.63 m²</p> <p>ANCHO DE CARRIL 7.32 m</p> <p>TRAMO 1</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Fallas</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo</td><td>m²</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td><td>m²</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque</td><td>m²</td></tr> <tr><td>4</td><td>Desnivel localizado</td><td>m</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td><td>m²</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td><td>m²</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de borde</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de juntas</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel carril/Espaldón</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas longitudinales y transv</td><td>m</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parche</td><td>m²</td></tr> <tr><td>12</td><td>Agregado pulido</td><td>m²</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>U</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de ferrocarril</td><td>m²</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta parabólica</td><td>m²</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>m²</td></tr> <tr><td>19</td><td>Despredimiento de agregados</td><td>m²</td></tr> </tbody> </table>	N°	Fallas	Unidad	1	Piel de cocodrilo	m ²	2	Exudación	m ²	3	Agrietamiento en bloque	m ²	4	Desnivel localizado	m	5	Corrugación	m ²	6	Depresión	m ²	7	Grieta de borde	m	8	Grieta de juntas	m	9	Desnivel carril/Espaldón	m	10	Grietas longitudinales y transv	m	11	Parche	m ²	12	Agregado pulido	m ²	13	Huecos	U	14	Cruce de ferrocarril	m ²	15	Ahuellamiento	m ²	16	Desplazamiento	m ²	17	Grieta parabólica	m ²	18	Hinchamiento	m ²	19	Despredimiento de agregados	m ²	
N°	Fallas	Unidad																																																												
1	Piel de cocodrilo	m ²																																																												
2	Exudación	m ²																																																												
3	Agrietamiento en bloque	m ²																																																												
4	Desnivel localizado	m																																																												
5	Corrugación	m ²																																																												
6	Depresión	m ²																																																												
7	Grieta de borde	m																																																												
8	Grieta de juntas	m																																																												
9	Desnivel carril/Espaldón	m																																																												
10	Grietas longitudinales y transv	m																																																												
11	Parche	m ²																																																												
12	Agregado pulido	m ²																																																												
13	Huecos	U																																																												
14	Cruce de ferrocarril	m ²																																																												
15	Ahuellamiento	m ²																																																												
16	Desplazamiento	m ²																																																												
17	Grieta parabólica	m ²																																																												
18	Hinchamiento	m ²																																																												
19	Despredimiento de agregados	m ²																																																												
Falla #	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																																									
	Alto (H) Medio (M) Bajo (L)																																																													
3		9.45	9.45	4.10%	3																																																									
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI		PCI= 100 - VDT	VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		3																																																									
EXELENTE			CÁLCULO DE PCI=		97																																																									

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 13

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 13.

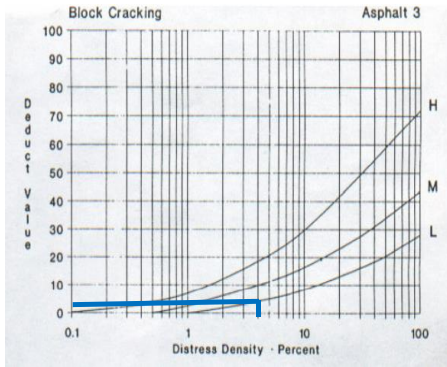


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla agrietamiento en bloque.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002



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



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCSISA 0+000 HASTA LA ABCSISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I)

PROYECTO: Huachi Grande - Montalvo		FECHA: 29 de enero de 2022		EVALUADO POR: Andrés Pérez			
DATOS		TIPO DE FALLAS		ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 3+930 ABSCISA FINAL 3+962 UNIDAD DE MUESTREO U14 ÁREA DE MUESTREO 231.26 m ² ANCHO DE CARRIL 7.34 m TRAMO 1	N°	Fallas	Unidad				
	1	Piel de cocodrilo	m ²				
	2	Exudación	m ²				
	3	Agrietamiento en bloque	m ²				
	4	Desnivel localizado	m				
	5	Corrugación	m ²				
	6	Depresión	m ²				
	7	Grieta de borde	m				
	8	Grieta de juntas	m				
	9	Desnivel carril/Espaldón	m				
	10	Grietas longitudinales y transv	m				
	11	Parche	m ²				
	12	Agregado pulido	m ²				
	13	Huecos	U				
	14	Cruce de ferrocarril	m ²				
	15	Ahuellamiento	m ²				
	16	Desplazamiento	m ²				
	17	Grieta parabólica	m ²				
	18	Hinchamiento	m ²				
19	Despredimiento de agregados	m ²					
Falla #	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	Alto (H)	Medio (M)	Bajo (L)				
13			X	1	1	0.43%	8
3			X	6.23	6.23	2.69%	3
11			X	12.07	12.07	5.22%	8
RANGO DE CALIFICACIÓN PCI				PCI= 100 - VDT	VALOR TOTAL DEDUCIDO (VDT)		19
MUY BUENO					CÁLCULO DE PCI=		81

ABACOS UTILIZADOS EN PCI 14

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 14.

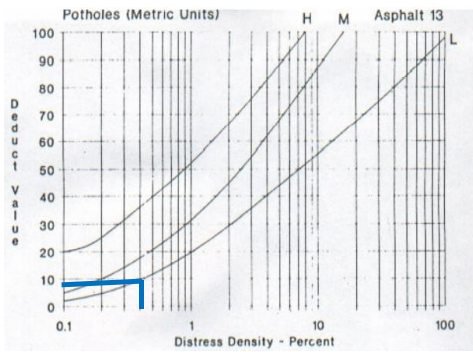


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla huecos.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 14.

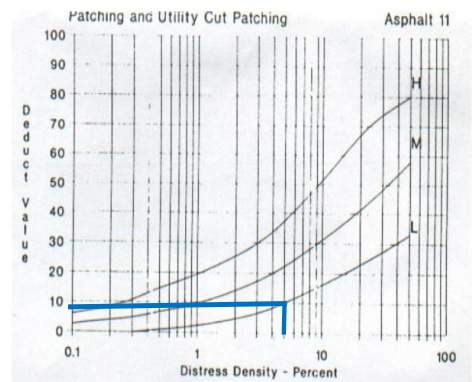


Figura # . Ábaco de valores deducidos para la falla parches.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo #Ábaco utilizado para los valores deducidos de la muestra 14.

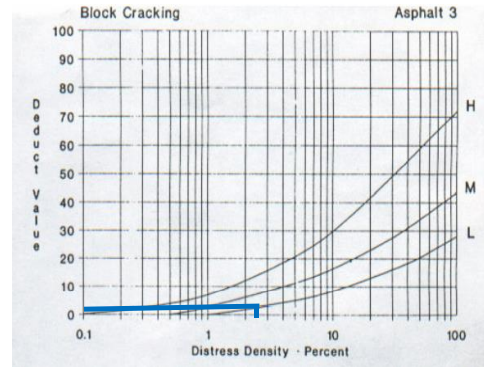


Figura # . Ábaco de valores deducidos para las fallas agrietamiento en bloque.

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

ANEXO D

ESTUDIOS DE SUELO

MUESTRA N°1

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Sector: Huachi Grande

N° de Calicata: PCA 1

Profundidad: 1m

Coordenadas WGS84: UTM, 17S, 763334.01 E, 9855260.20 N

Abscisa: 0+860km

Ensayos de Laboratorio

- **Granulometría**
- **Límites Atterberg**
- **Proctor Modificado**
- **Relación de Soporte California - CBR**



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

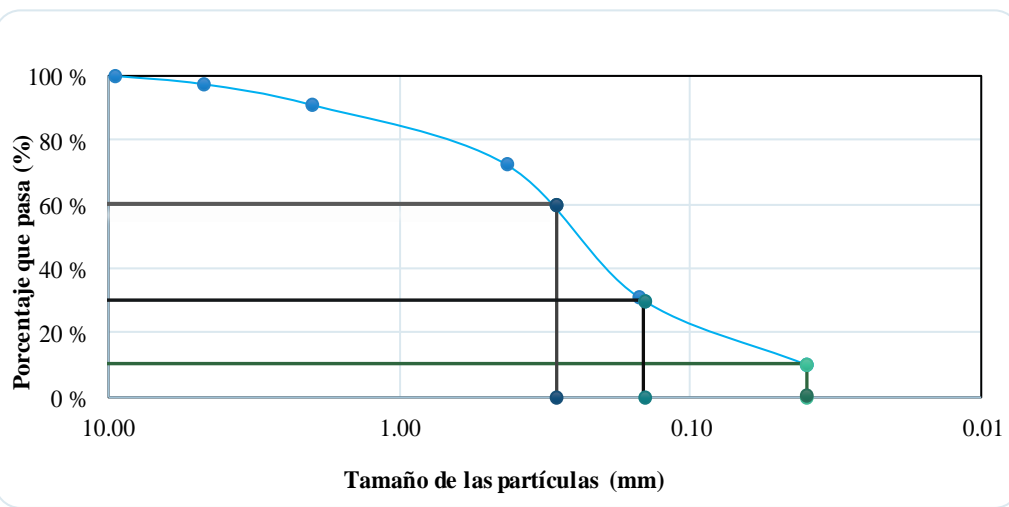
PCI=	1	PESO MUESTRA (gr):	500.00		
GRANULOMETRÍA					
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	12.65	2.53	97.47	-
Pasa #4		487.35	97.47		
#10	2	45.2	9.04	90.96	-
#40	0.43	137.78	27.56	72.44	-
#100	0.15	345.2	69.04	30.96	-
#200	0.08	418.5	83.70	16.30	-
Pasa #200		81.5	16.30		
Total muestra			500		
Total - Cuarteo (gr)			500		

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO

Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material
AASHTO	A-2-4 (0)	Gravas y arenas arcillosas y limosas

GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

D10 en mm	0.040	Cu	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	7.25
D30 en mm	0.145	Cc	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) =$	1.81
D60 en mm	0.290	TNM	en mm	





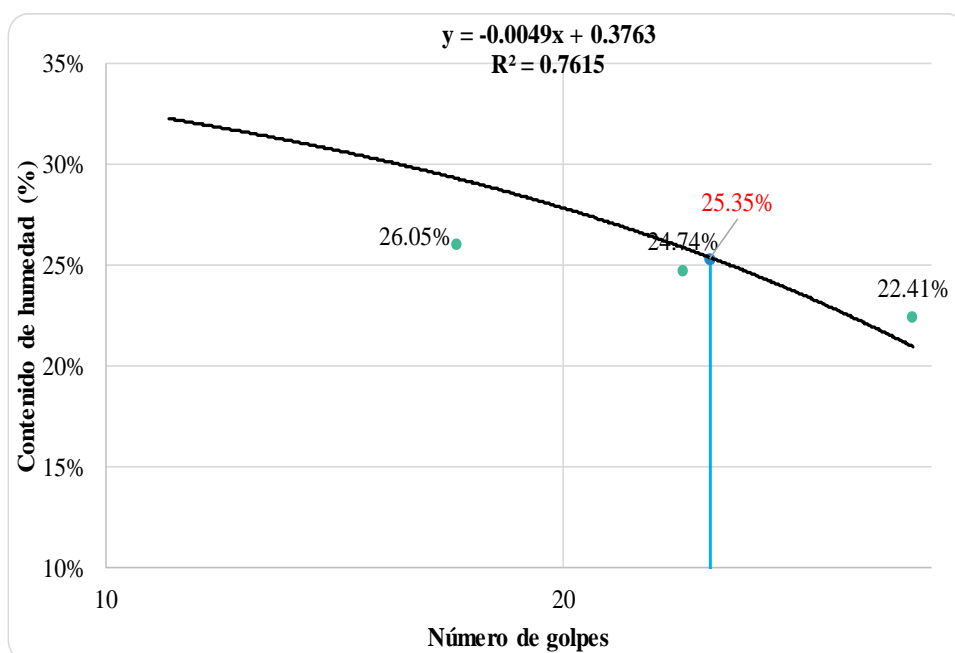
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

MUESTRA: Subrasante				ABCISA: Km 0+ 860								
NORMA:	AASHTO: T-90-70			ASTM: D-424-71		INEN 691						
LÍMITE LÍQUIDO												
Recipiente	A45	H12	34	B65	B7	93	20	123				
Peso de la muestra hum+ rec	61.04	61.95	38.18	41.83	47.11	47.93	81.47	69.75				
Peso de la muestra seca+ rec	53.94	53.79	36.97	39.91	44.2	44.3	72.35	63.08				
Peso del recipiente	32.3	31.97	32.35	32.5	32.11	30.02	32.55	32.64				
Peso del agua (Ww)	7.10	8.16	1.21	1.92	2.91	3.63	9.12	6.67				
Peso de la muestra seca (Ws)	21.64	21.82	4.62	7.41	12.09	14.28	39.80	30.44				
Contenido de humedad (w%)	32.81%	37.40%	26.19%	25.91%	24.07%	25.42%	22.91%	21.91%				
Promedio de (w%)	35.10%		26.05%		24.74%		22.41%					
Número de golpes	11		17		24		34					
LÍMITE PLÁSTICO												
Recipiente N°	23E		4		7		A4		C89		26	
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	7.8		7.9		7.04		8.7		9.6		8.5	
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	7.53		7.58		6.83		8.2		8.95		8	
Peso del recipiente (Wr)	6.3		6.1		5.88		6.1		6.15		5.95	
Peso de agua (Ww)	0.27		0.32		0.21		0.50		0.65		0.50	
Peso muestra seca (Ws)	1.23		1.48		0.95		2.10		2.80		2.05	
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	21.95%		21.62%		22.11%		23.81%		23.21%		24.39%	
Promedio W% (L.P)						22.85%						
Promedio Límite Líquido					25.35%							
IP=LL - LP					2.50%							





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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISCA 0+000 HASTA LA ABCISCA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA: Subrasante **ABSCISA:** Km0+ 860 **NORMA:** AASHTO T- 180

ESPECIFICACIONES

Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb
Número de capas:	5	Peso del molde:	15106 gr
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2268,23 cm ³

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO

N° Molde	M1	M2	M3	M4
Humedad inicial añadida	6%	12%	18%	24%
Peso suelo + recipiente	19604	20165	20396	19764
Peso del recipiente	15106	15106	15106	15106
Peso de la masa de suelo (Wm)	4498	5059	5290	4658

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO

Altura del molde (cm)	13.04	13.04	13.04	13.04
Diámetro de la muestra (cm)	15.22	15.22	15.22	15.22
Volumen de la muestra (Vm)	2372.45	2372.45	2372.45	2372.45

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA

$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm³)	1.896	2.132	2.230	1.963
--	-------	-------	-------	-------

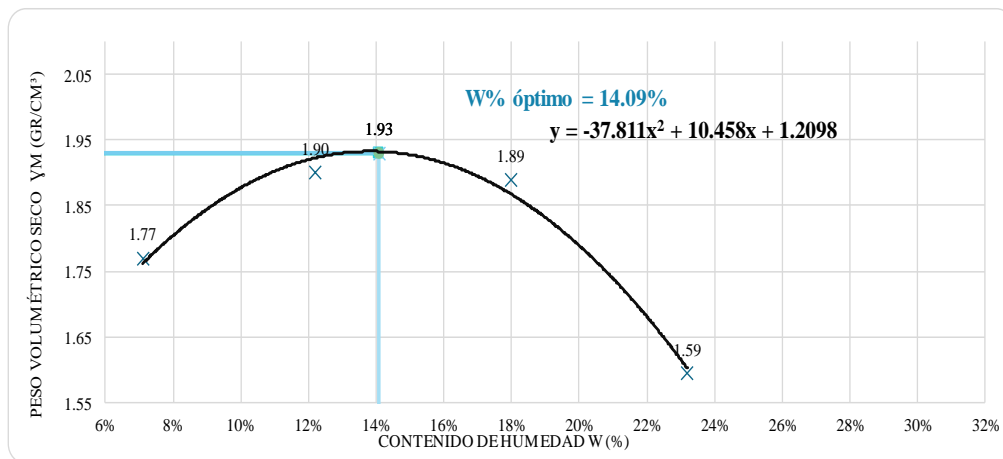
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	81	10	90	82	99	17	100
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	87.23	81.89	93.37	92.00	88.32	98.5	79.23	85.62
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	83.49	78.03	86.78	84.34	78.78	87.45	68.59	75.76
Peso del recipiente Wr	27.89	26.47	27.8	26.45	25.91	25.74	26.13	29.51
Peso agua (Ww)	3.74	3.86	6.59	7.66	9.54	11.05	10.64	9.86
Peso de la muestra seca (ws)	55.60	51.56	58.98	57.89	52.87	61.71	42.46	46.25
Contenido de humedad w%	6.73%	7.49%	11.17%	13.23%	18.04%	17.91%	25.06%	21.32%
Contenido de humedad promedio	7.11%		12.20%		17.98%		23.19%	

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO

$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm³)	1.770	1.900	1.900	1.890	1.594
---	-------	-------	-------	-------	-------

GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d:	1.290	Óptimo Contenido de Humedad w:	14.09%
--	--------------	---------------------------------------	---------------



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO C.B.R.

ESPECIFICACIONES

Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 0+ 860
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso Muestra (gr):	6000	Conten. Hum. Óptimo:	14.09%

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

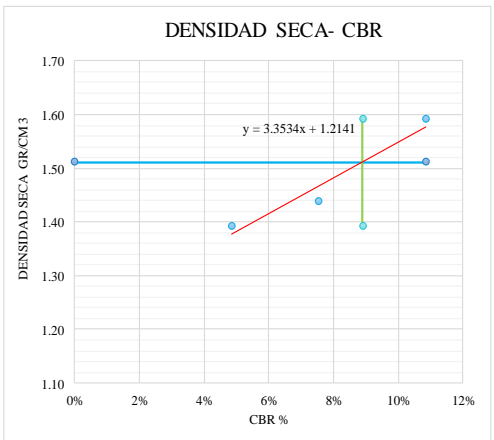
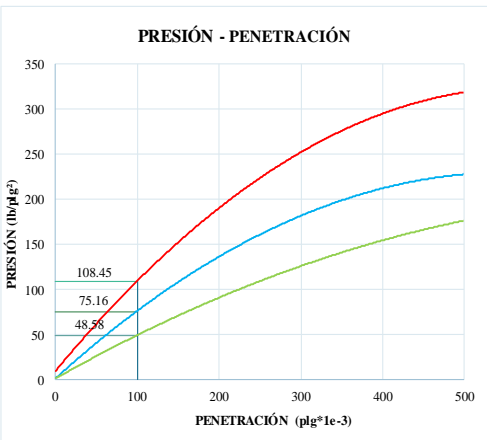
MOLDE	5	7	9B
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	56	25	11
Cond. Muestra	Antes del remojo		
P. húmedo + molde	19103	16270	16107
Peso molde	15006	12543	12431
Peso húmedo	4097	3727	3676
Volumen muestra	2263.11	2267.64	2309.24
Densidad húmeda	1.810	1.644	1.592

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	(ABAJO)	81 (ARRIBA)	10(ABAJO)	90(ARRIBA)	82(ABAJO)	99(ARRIBA)
P. hum. + recipiente	94.89	86.31	107.04	102.45	89.08	106.56
P. seco + recipiente	87.38	79.58	97.48	93.59	81.66	97.13
Peso recipiente	32.63	31.24	30.49	32.06	29.13	31.78
Peso agua	7.51	6.73	9.56	8.86	7.42	9.43
Peso de sólidos	54.75	48.34	66.99	61.53	52.53	65.35
Contenido humedad %	13.72%	13.92%	14.27%	14.40%	14.13%	14.43%
Promedio	13.82%		14.34%		14.28%	
Densidad seca	1.591		1.437		1.393	

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón= 3 plg²		Norma: ASTM D 193 - 13		Subrasante	ABCISA	0+860					
Molde				C - 1			C - 2			C - 3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg *10-3	Lb	Leída	Corregida	%	lb	Leída	Corregida	%	lb	Leída	Corregida	%
0	0	0.64	25	108	36.00			79	26.33			29	9.67		
1	0	1.27	50	156	52.00			97	32.33			89	29.67		
1	0	1.91	75	285	95.00			178	59.33			123	41.00		
2	0	2.54	100	357	119.00	108.45	10.85	265	88.33	75.16	7.52	180	60.00	48.58	4.86
3	0	3.81	150	497	165.67			300	100.00			202	67.33		
4	0	5.08	200	569	189.67			378	126.00			208	69.33		
5	0	6.35	250	688	229.33			502	167.33			333	111.00		
6	0	7.62	300	723	241.00			578	192.67			398	132.67		
8	0	10.16	400	818	272.67			601	200.33			488	162.67		
10	0	12.7	500	998	332.67			692	230.67			512	170.67		
CBR Corregido							10.85				7.52				4.86



Tipo: Proctor Modificado				DENSIDAD MAX				1.591			
Densidad 56	1.591	gr/cm3	CBR 56	10.85%	95% DE DM	1.51	1.51	1.393	1.591		
Densidad 25	1.437	gr/cm3	CBR 25	7.52%		0	10.85%	8.90%	8.90%		
Densidad 11	1.393	gr/cm3	CBR 11	4.86%							8.90%

MUESTRA N°2

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Sector: Huachi Grande

N° de Calicata: PCA 2

Profundidad: 1m

Coordenadas WGS84: UTM, 17S, 763215.91 E, 9854569.47 N

Abscisa: 1+560km

Ensayos de Laboratorio

- **Granulometría**
- **Límites Atterberg**
- **Proctor Modificado**
- **Relación de Soporte California - CBR**



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

PCI=	2	PESO MUESTRA (gr):	500.00
------	---	--------------------	--------

GRANULOMETRÍA

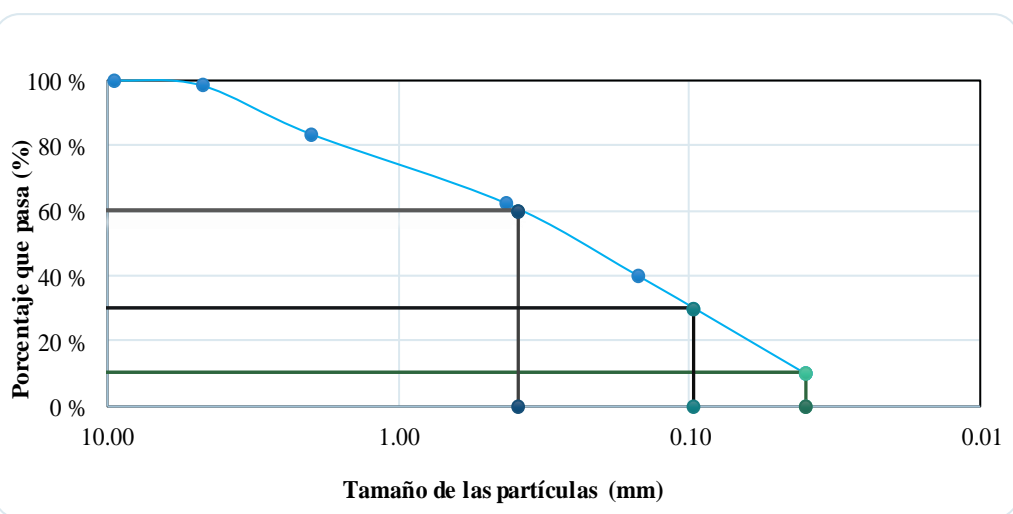
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	7.81	1.56	98.44	-
Pasa #4	492.19		98.44		
#10	2	82.5	16.50	83.50	-
#40	0.43	188.3	37.66	62.34	-
#100	0.15	300.1	60.02	39.98	-
#200	0.08	384.12	76.82	23.18	-
Pasa #200	115.88		23.18		
Total muestra		500			
Total - Cuarteo (gr)		500			

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO

Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material
AASHTO	A-2-4 (0)	Gravas y arenas arcillosas y limosas

GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

D10 en mm	0.040	Cu	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	9.75
D30 en mm	0.097	Cc	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) =$	0.60
D60 en mm	0.390	TNM	en mm	





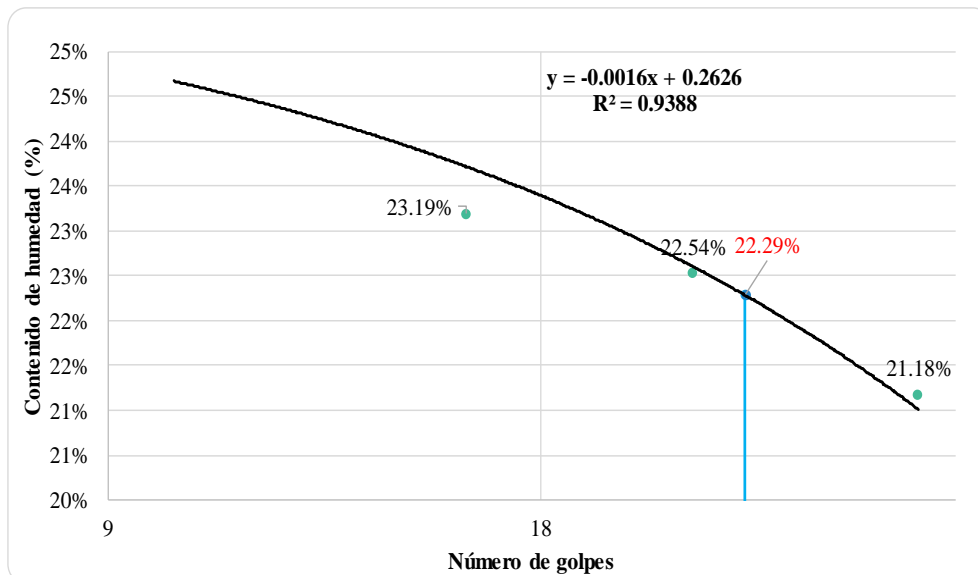
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

MUESTRA: Subrasante				ABCISIA: Km 1+ 560				
NORMA:	AASHTO: T-90-70			ASTM: D-424-71		INEN 691		
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	A45	H12	34	B65	B7	93	20	123
Peso de la muestra hum+ rec	70.23	68.34	62.87	77.11	90.03	82.3	62.78	91.45
Peso de la muestra seca+ rec	62.68	61.19	57.12	68.72	79.36	72.7	57.48	81.2
Peso del recipiente	33.3	31.97	32.35	32.5	32.11	30.02	32.55	32.64
Peso del agua (Ww)	7.55	7.15	5.75	8.39	10.67	9.60	5.30	10.25
Peso de la muestra seca (Ws)	29.38	29.22	24.77	36.22	47.25	42.68	24.93	48.56
Contenido de humedad (w%)	25.70%	24.47%	23.21%	23.16%	22.58%	22.49%	21.26%	21.11%
Promedio de (w%)	25.08%		23.19%		22.54%		21.18%	
Número de golpes	10		16		23		33	
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°			23E	4	7	A4	C89	26
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)			9.21	8.2	11.77	8.07	8.45	11.76
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)			8.71	7.85	10.73	7.75	8.03	10.77
Peso del recipiente (Wr)			6.3	6.1	5.88	6.1	6.15	5.95
Peso de agua (Ww)			0.50	0.35	1.04	0.32	0.42	0.99
Peso muestra seca (Ws)			2.41	1.75	4.85	1.65	1.88	4.82
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)			20.75%	20.00%	21.44%	19.39%	22.34%	20.54%
Promedio W% (L.P)			20.74%					
Promedio Límite Líquido			22.29%					
IP=LL - LP			1.55%					





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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA: Subrasante **ABSCISA:** Km 1+ 560 **NORMA:** AASHTO T- 180

ESPECIFICACIONES

Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb
Número de capas:	5	Peso del molde:	15106 gr
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2268,23 cm ³

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO

N° Molde	M1	M2	M3	M4
Humedad inicial añadida	6%	12%	18%	24%
Peso suelo + recipiente	19245	19944	20076	19534
Peso del recipiente	15106	15106	15106	15106
Peso de la masa de suelo (Wm)	4139	4838	4970	4428

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO

Altura del molde (cm)	13.04	13.04	13.04	13.04
Diámetro de la muestra (cm)	15.22	15.22	15.22	15.22
Volumen de la muestra (Vm)	2372.45	2372.45	2372.45	2372.45

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA

$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.745	2.039	2.095	1.866
--	-------	-------	-------	-------

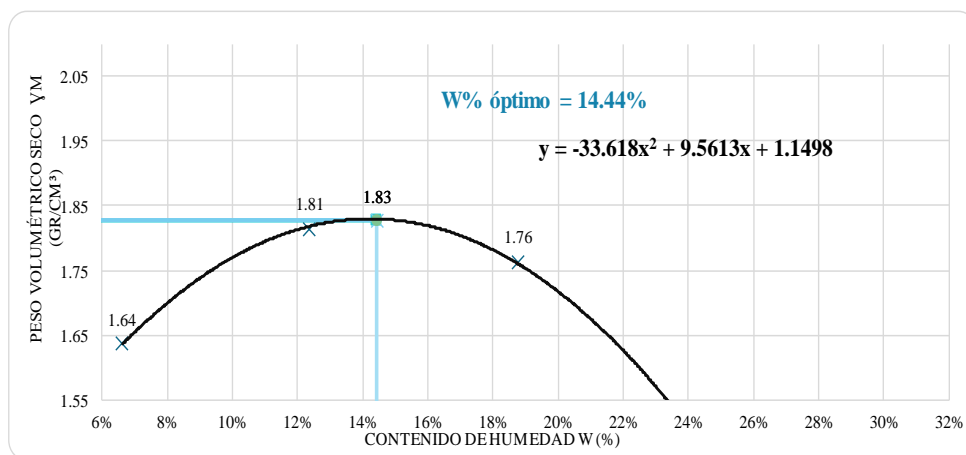
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	81	10	90	82	99	17	100
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wv)	96.11	73.89	80.65	91.71	91.54	95.89	73.9	75.03
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	91.89	70.94	74.98	84.34	80.94	85.05	64.49	66.36
Peso del recipiente Wr	27.89	26.47	27.8	26.45	25.91	25.74	26.13	29.51
Peso agua (Ww)	4.22	2.95	5.67	7.37	10.60	10.84	9.41	8.67
Peso de la muestra seca (ws)	64.00	44.47	47.18	57.89	55.03	59.31	38.36	36.85
Contenido de humedad w%	6.59%	6.63%	12.02%	12.73%	19.26%	18.28%	24.53%	23.53%
Contenido de humedad promedio	6.61%		12.37%		18.77%		24.03%	

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO

$\gamma_d = \gamma_m / (1+w)$ (gr/cm ³)	1.636	1.815	1.764	1.505
---	-------	-------	-------	-------

GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Peso Volumétrico Seco Máximo γ_m	1.827	ptimo Contenido de Humedad	14.44%
---	--------------	-----------------------------------	---------------



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO C.B.R.

ESPECIFICACIONES

Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 1+ 560
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso Muestra (gr):	6000	Conten. Hum. Óptimo:	14.44%

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

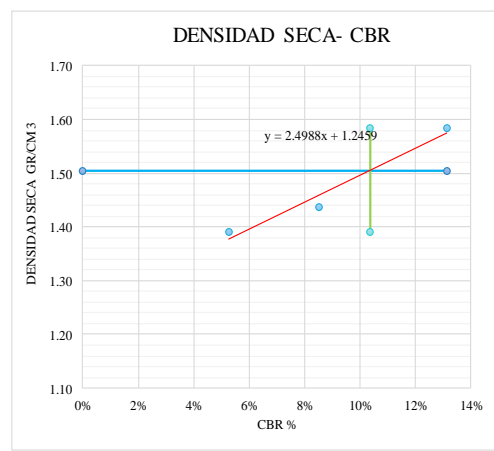
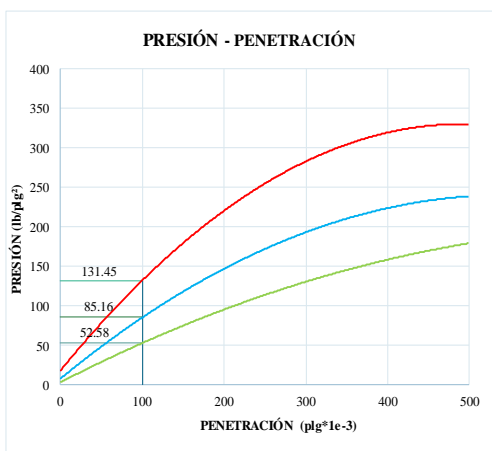
MOLDE	5	7	9B
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	56	25	11
Cond. Muestra	Antes del remojo		
P. húmedo + molde	19103	16270	16107
Peso molde	15006	12543	12431
Peso húmedo	4097	3727	3676
Volumen muestra	2263.11	2267.64	2309.24
Densidad húmeda	1.810	1.644	1.592

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	(ABAJO)	81 (ARRIBA)	10(ABAJO)	90(ARRIBA)	82(ABAJO)	99(ARRIBA)
P. hum. + recipiente	94.89	86.31	107.04	102.45	89.08	106.56
P. seco + recipiente	86.9	79.58	97.38	93.59	81.46	97.13
Peso recipiente	32.63	31.24	30.49	32.06	29.13	31.78
Peso agua	7.99	6.73	9.66	8.86	7.62	9.43
Peso de sólidos	54.27	48.34	66.89	61.53	52.33	65.35
Contenido humedad %	14.72%	13.92%	14.44%	14.40%	14.56%	14.43%
Promedio	14.32%		14.42%		14.50%	
Densidad seca	1.584		1.436		1.390	

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón= 3 plg²		Norma: ASTM D 193 - 13		Subrasante	ABCISA	1+650				
Molde				C - 1			C - 2			C - 3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		Q Carga	Presiones		Q Carga	Presiones		Q Carga	Presiones
Mín.	Seg.	mm	plg *10-3	Lb	Leída	Corregida	lb	Leída	Corregida	lb	Leída	Corregida	lb	Leída
		0	0	0	0.00		0	0.00		0	0.00		0	0.00
0	0	0.64	25	168	56.00		109	36.33		39	13.00			
1	0	1.27	50	216	72.00		127	42.33		99	33.00			
1	0	1.91	75	341	113.67		208	69.33		133	44.33			
2	0	2.54	100	418	139.33	131.45	13.15	295	98.33	85.16	8.52	190	63.33	52.58
3	0	3.81	150	554	184.67		330	110.00		212	70.67			
4	0	5.08	200	727	242.33		408	136.00		228	76.00			
5	0	6.35	250	749	249.67		532	177.33		343	114.33			
6	0	7.62	300	793	264.33		608	202.67		408	136.00			
8	0	10.16	400	898	299.33		631	210.33		498	166.00			
10	0	12.7	500	1034	344.67		729	243.00		522	174.00			
CBR Corregido							13.15				8.52			5.26



Tipo: Próctor Modificado				DENSIDAD MAX				1.584			
Densidad 56	1.584	gr/cm3	CBR 56	13.15%	95% DE DM	1.50	1.50	1.390	1.584		
Densidad 25	1.436	gr/cm3	CBR 25	8.52%		0	13.15%	10.36%	10.36%		
Densidad 11	1.390	gr/cm3	CBR 11	5.26%							10.36%

MUESTRA N°3

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Sector: Huachi Grande

N° de Calicata: PCA 3

Profundidad: 1m

Coordenadas WGS84: UTM, 17S, 762982.58 E, 9853267.39 N

Abscisa: 2+900km

Ensayos de Laboratorio

- **Granulometría**
- **Límites Atterberg**
- **Proctor Modificado**
- **Relación de Soporte California - CBR**



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

PCI=	3	PESO MUESTRA (gr):	500.00
------	---	--------------------	--------

GRANULOMETRÍA

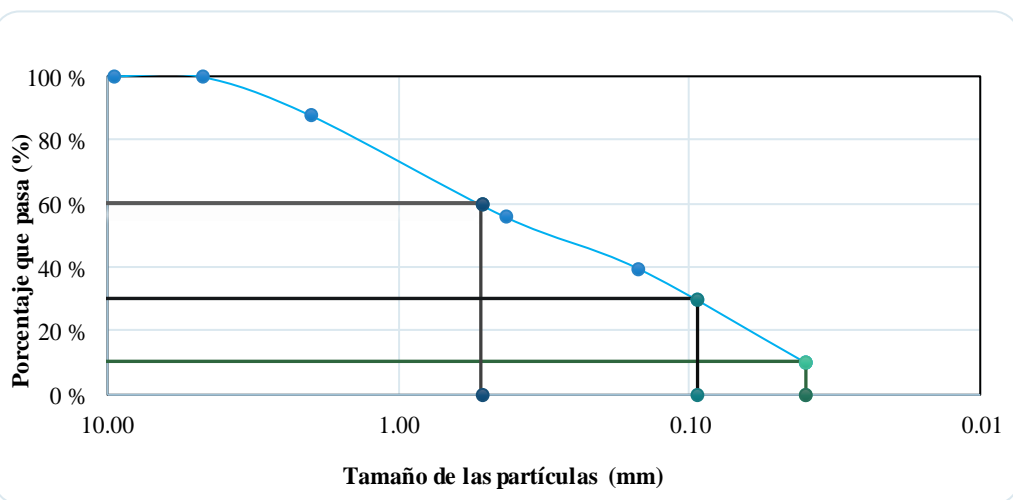
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	0.81	0.16	99.84	-
Pasa #4		499.19	99.84		
#10	2	61.87	12.37	87.63	-
#40	0.43	221.11	44.22	55.78	-
#100	0.15	302.5	60.50	39.50	-
#200	0.08	397.76	79.55	20.45	-
Pasa #200		102.24	20.45		
Total muestra			500		
Total - Cuarteo (gr)			500		

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO

Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material
AASHTO	A-2-4 (0)	Gravas y arenas arcillosas y limosas

GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

D10 en mm	0.040	Cu	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	13.00
D30 en mm	0.094	Cc	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) =$	0.42
D60 en mm	0.520	TNM	en mm	





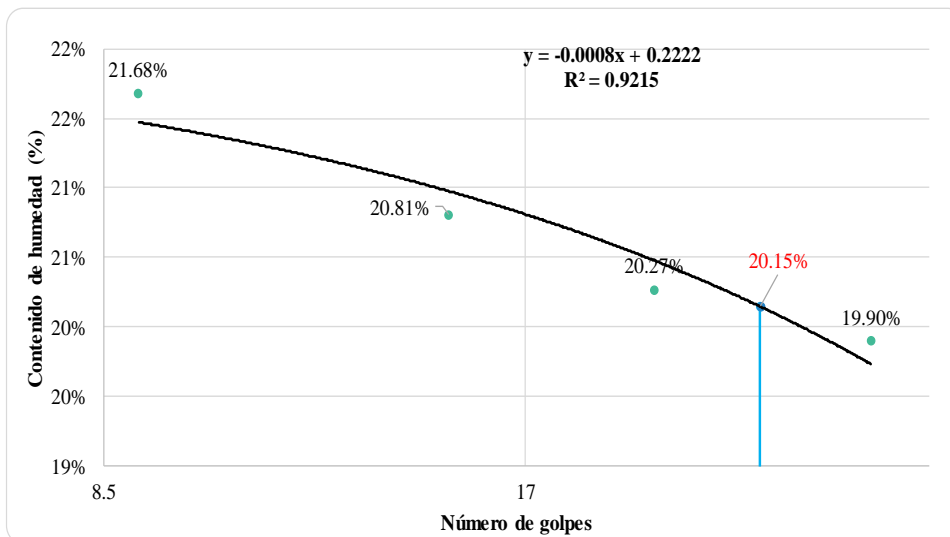
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

MUESTRA: Subrasante				ABCISA: Km 2+ 900								
NORMA:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691									
LÍMITE LÍQUIDO												
Recipiente	A45	H12	34	B65	B7	93	20	123				
Peso de la muestra hum+ rec	81.03	76.42	70.71	85.43	78.4	90.34	71.78	99.17				
Peso de la muestra seca+ rec	72.56	68.47	64.11	76.3	70.61	80.16	65.25	88.16				
Peso del recipiente	33.3	31.97	32.35	32.5	32.11	30.02	32.55	32.64				
Peso del agua (Ww)	8.47	7.95	6.60	9.13	7.79	10.18	6.53	11.01				
Peso de la muestra seca (Ws)	39.26	36.50	31.76	43.80	38.50	50.14	32.70	55.52				
Contenido de humedad (w%)	21.57%	21.78%	20.78%	20.84%	20.23%	20.30%	19.97%	19.83%				
Promedio de (w%)	21.68%		20.81%		20.27%		19.90%					
Número de golpes	9		15		21		30					
LÍMITE PLÁSTICO												
Recipiente N°	23E		4		7		A4		C89		26	
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	8.56		9.5		12.17		7.13		9.15		10.56	
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	8.2		8.97		11.22		6.97		8.67		9.78	
Peso del recipiente (Wr)	6.3		6.1		5.88		6.1		6.15		5.95	
Peso de agua (Ww)	0.36		0.53		0.95		0.16		0.48		0.78	
Peso muestra seca (Ws)	1.90		2.87		5.34		0.87		2.52		3.83	
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	18.95%		18.47%		17.79%		18.39%		19.05%		20.37%	
Promedio W% (L.P)					18.83%							
Promedio Límite Líquido					20.15%							
IP=LL - LP					1.32%							





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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISCA 0+000 HASTA LA ABCISCA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA: Subrasante **ABSCISA:** Km 2+ 900 **NORMA:** AASHTO T- 180

ESPECIFICACIONES

Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb
Número de capas:	5	Peso del molde:	15106 gr
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2268,23 cm ³

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO

N° Molde	M1	M2	M3	M4
Humedad inicial añadida	6%	12%	18%	24%
Peso suelo + recipiente	19005	19114	19824	19515
Peso del recipiente	15106	15106	15106	15106
Peso de la masa de suelo (Wm)	3899	4008	4718	4409

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO

Altura del molde (cm)	13.04	13.04	13.04	13.04
Diámetro de la muestra (cm)	15.22	15.22	15.22	15.22
Volumen de la muestra (Vm)	2372.45	2372.45	2372.45	2372.45

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA

$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.643	1.689	1.989	1.858
--	-------	-------	-------	-------

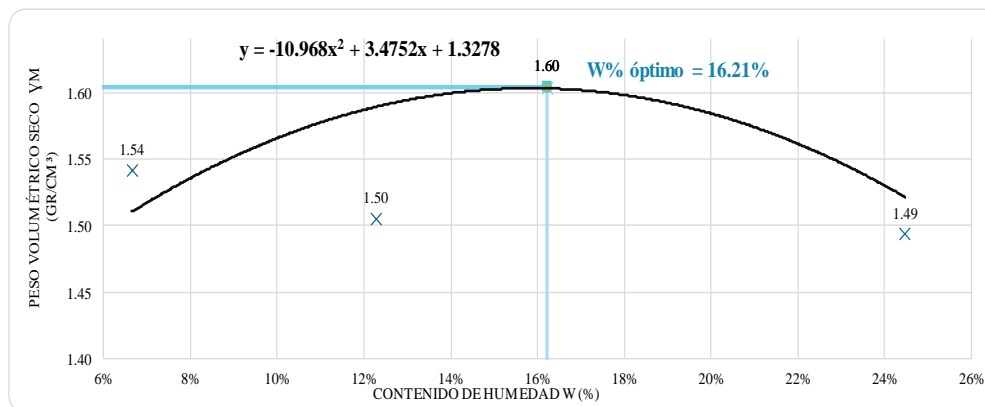
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	81	10	90	82	99	17	100
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	102.71	83.51	108.45	93.56	87.12	92.76	89.51	91.67
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	97.97	80.01	99.51	86.33	77.62	82.17	76.98	79.52
Peso del recipiente Wr	27.89	26.47	27.8	26.45	25.91	25.74	26.13	29.51
Peso agua (Ww)	4.74	3.50	8.94	7.23	9.50	10.59	12.53	12.15
Peso de la muestra seca (ws)	70.08	53.54	71.71	59.88	51.71	56.43	50.85	50.01
Contenido de humedad w%	6.76%	6.54%	12.47%	12.07%	18.37%	18.77%	24.64%	24.30%
Contenido de humedad promedio	6.65%		12.27%		18.57%		24.47%	

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO

$\gamma_a = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.541	1.505	1.677	1.493
---	-------	-------	-------	-------

GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d:	1.604	Óptimo Contenido de Humedad w:	16.21%
--	--------------	---------------------------------------	---------------



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO C.B.R.

ESPECIFICACIONES

Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 2+ 900
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso Muestra (gr):	6000	Conten. Hum. Óptimo:	16.21%

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

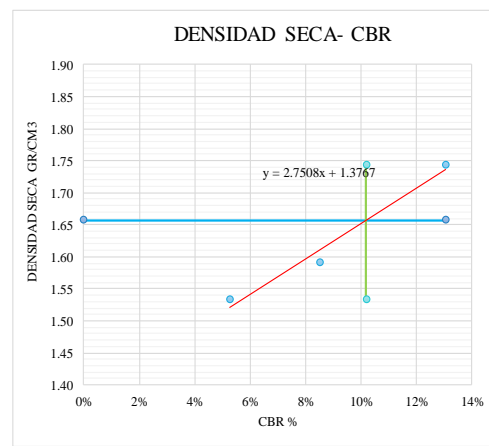
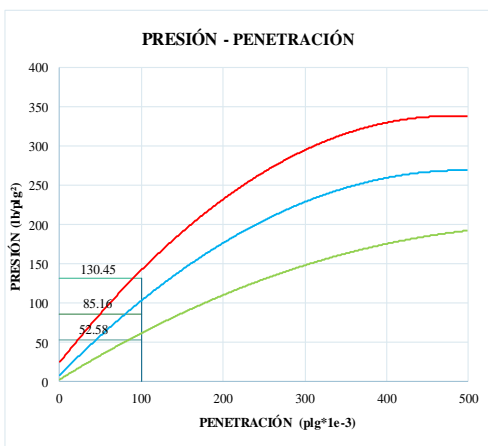
MOLDE	5	7	9B
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	56	25	11
Cond. Muestra	Antes del remojo		
P. húmedo + molde	19598	16734	16556
Peso molde	15006	12543	12431
Peso húmedo	4592	4191	4125
Volumen muestra	2263.11	2267.64	2309.24
Densidad húmeda	2.029	1.848	1.786

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	(ABAJO)	81 (ARRIBA)	10(ABAJO)	90(ARRIBA)	82(ABAJO)	99(ARRIBA)
P. hum. + recipiente	86.32	110.41	92.56	85.6	91.23	101.14
P. seco + recipiente	78.72	99.37	83.83	78.22	82.45	91.28
Peso recipiente	32.63	31.24	30.49	32.06	29.13	31.78
Peso agua	7.6	11.04	8.73	7.38	8.78	9.86
Peso de sólidos	46.09	68.13	53.34	46.16	53.32	59.5
Contenido humedad %	16.49%	16.20%	16.37%	15.99%	16.47%	16.57%
Promedio	16.35%			16.18%		
Densidad seca	1.744			1.591		

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón= 3 pulg²		Norma: ASTM D 193 - 13		Subrasante		ABCISA		2+900			
Molde				C - 1				C - 2				C - 3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Mín.	Seg.	mm	pulg *10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		mm	pulg *10-3	Lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	0	0.64	25	126	42.00			107	35.67			57	19.00		
1	0	1.27	50	278	92.67			143	47.67			101	33.67		
1	0	1.91	75	386	128.67			278	92.67			146	48.67		
2	0	2.54	100	499	166.33	130.45	13.05	371	123.67	85.16	8.52	203	67.67	52.58	5.26
3	0	3.81	150	602	200.67			414	138.00			251	83.67		
4	0	5.08	200	756	252.00			498	166.00			305	101.67		
5	0	6.35	250	787	262.33			593	197.67			381	127.00		
6	0	7.62	300	818	272.67			691	230.33			475	158.33		
8	0	10.16	400	868	289.33			789	263.00			518	172.67		
10	0	12.7	500	1097	365.67			804	268.00			575	191.67		
CBR Corregido				13.05				8.52				5.26			



Tipo: Próctor Modificado				DENSIDAD MAX				1.744			
Densidad 56	1.744	gr/cm3	CBR 56	13.05%	95% DE DM	1.66	1.66	1.533	1.744		
Densidad 25	1.591	gr/cm3	CBR 25	8.52%		0	13.05%	10.18%	10.18%		
Densidad 11	1.533	gr/cm3	CBR 11	5.26%					10.18%		

MUESTRA N°4

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Sector: Huachi Grande

N° de Calicata: PCA 4

Profundidad: 1m

Coordenadas WGS84: UTM, 17S, 762813.37 E, 9852303.83 N

Abscisa: 3+880km

Ensayos de Laboratorio

- **Granulometría**
- **Límites Atterberg**
- **Proctor Modificado**
- **Relación de Soporte California – CBR**



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

PCI=	4	PESO MUESTRA (gr):	500.00
------	---	--------------------	--------

GRANULOMETRÍA

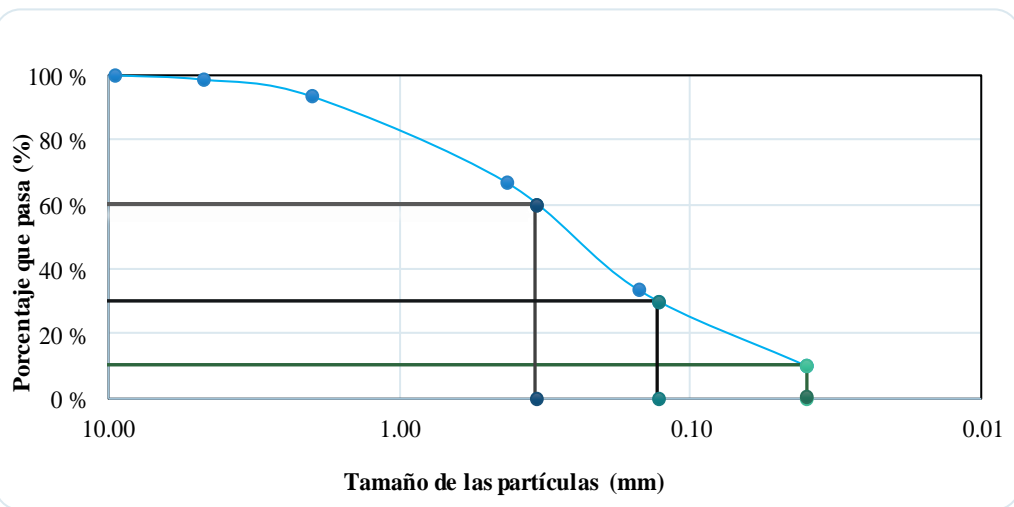
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	6.54	1.31	98.69	-
Pasa #4		493.46	98.69		
#10	2	32.67	6.53	93.47	-
#40	0.43	165.34	33.07	66.93	-
#100	0.15	332.87	66.57	33.43	-
#200	0.08	401.65	80.33	19.67	-
Pasa #200		98.35	19.67		
Total muestra			500		
Total - Cuarteo (gr)			500		

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO

Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material
AASHTO	A-2-4 (0)	Gravas y arenas arcillosas y limosas

GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

D10 en mm	0.040	Cu	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	8.50
D30 en mm	0.130	Cc	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) =$	1.24
D60 en mm	0.340	TNM	en mm	





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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

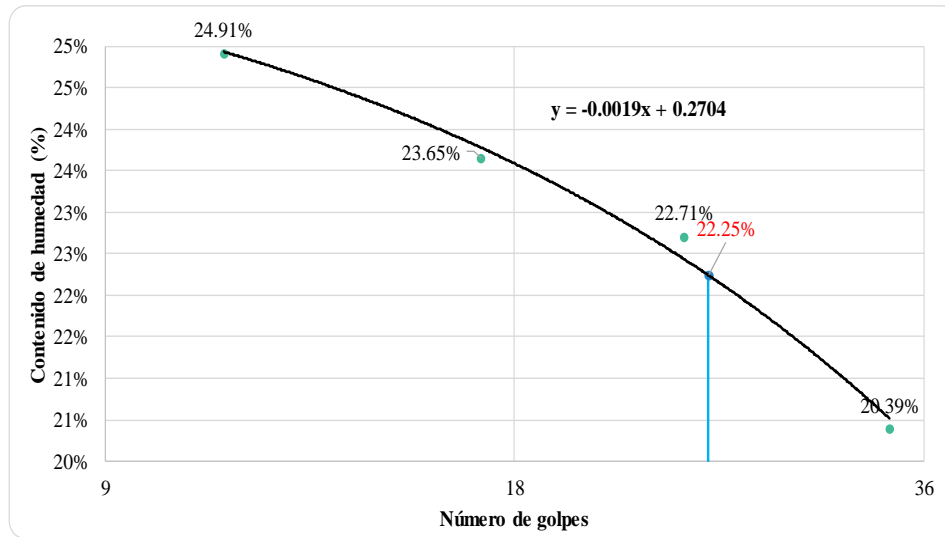
MUESTRA: Subrasante		ABCISIA: Km 3+ 880	
NORMA:	AASHTO: T-90-70	ASTM: D-424-71	INEN 691

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente	21	43	32	56	12	A47	20	H31
Peso de la muestra hum+ rec	63.05	65.89	39.39	52.65	48.91	47.93	80.97	70.03
Peso de la muestra seca+ rec	57.05	59.21	37.84	48.97	45.45	44.89	72.9	63.5
Peso del recipiente	33.01	32.34	31.35	33.25	30.19	31.52	32.71	31.96
Peso del agua (Ww)	6.00	6.68	1.55	3.68	3.46	3.04	8.07	6.53
Peso de la muestra seca (Ws)	24.04	26.87	6.49	15.72	15.26	13.37	40.19	31.54
Contenido de humedad (w%)	24.96%	24.86%	23.88%	23.41%	22.67%	22.74%	20.08%	20.70%
Promedio de (w%)	24.91%		23.65%		22.71%		20.39%	
Número de golpes	11		17		24		34	

LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°	5	A43	10	22	67	28
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	10.3	11.23	8.76	9.67	9.79	8.23
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	9.57	10.52	8.18	9.08	9.19	7.68
Peso del recipiente (Wr)	6.45	7.24	5.53	6.47	6.51	4.95
Peso de agua (Ww)	0.73	0.71	0.58	0.59	0.60	0.55
Peso muestra seca (Ws)	3.12	3.28	2.65	2.61	2.68	2.73
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	23.40%	21.65%	21.89%	22.61%	22.39%	20.15%
Promedio W% (L.P)	22.01%					
Promedio Límite Líquido	22.25%					
IP=LL - LP	0.24%					





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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCSISA 0+000 HASTA LA ABCSISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA: Subrasante **ABCSISA:** Km 3+ 880 **NORMA:** AASHTO T- 180

ESPECIFICACIONES

Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb
Número de capas:	5	Peso del molde:	15106 gr
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2268,23 cm ³

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO

N° Molde	M1	M2	M3	M4
Humedad inicial añadida	6%	12%	18%	24%
Peso suelo + recipiente	18989	19254	19817	19468
Peso del recipiente	15106	15106	15106	15106
Peso de la masa de suelo (Wm)	3883	4148	4711	4362

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO

Altura del molde (cm)	13.04	13.04	13.04	13.04
Diámetro de la muestra (cm)	15.22	15.22	15.22	15.22
Volumen de la muestra (Vm)	2372.45	2372.45	2372.45	2372.45

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA

$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.637	1.748	1.986	1.839
--	-------	-------	-------	-------

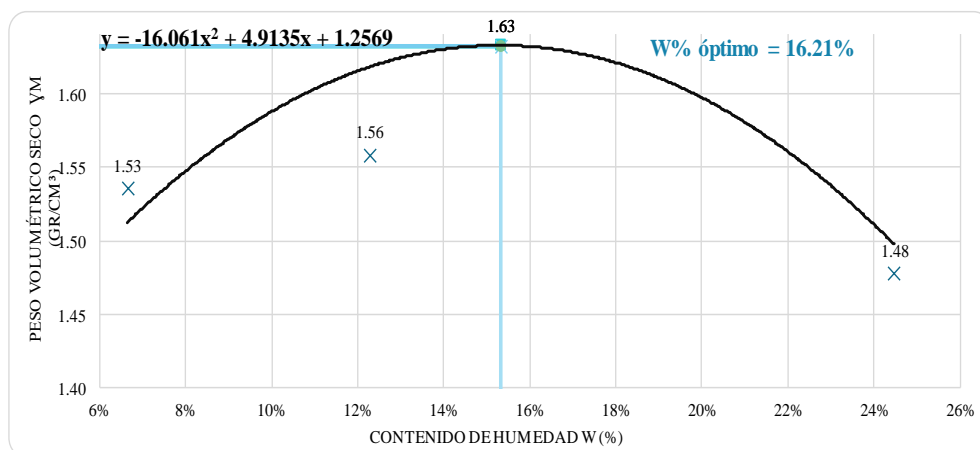
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	81	10	90	82	99	17	100
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	102.71	83.51	108.45	93.56	87.12	92.76	89.51	91.67
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	97.97	80.01	99.51	86.33	77.62	82.17	76.98	79.52
Peso del recipiente Wr	27.89	26.47	27.8	26.45	25.91	25.74	26.13	29.51
Peso agua (Ww)	4.74	3.50	8.94	7.23	9.50	10.59	12.53	12.15
Peso de la muestra seca (ws)	70.08	53.54	71.71	59.88	51.71	56.43	50.85	50.01
Contenido de humedad w%	6.76%	6.54%	12.47%	12.07%	18.37%	18.77%	24.64%	24.30%
Contenido de humedad promedio	6.65%		12.27%		18.57%		24.47%	

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO

$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.535	1.557	1.675	1.477
---	-------	-------	-------	-------

GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d:	1.632	Óptimo Contenido de Humedad w:	15.32%
--	-------	---------------------------------------	--------



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



TEMA: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISIA 0+000 HASTA LA ABCISIA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

ENSAYO C.B.R.

ESPECIFICACIONES

Muestra:	Subrasante	Abscisa:	km 3+ 880
Tipo:	Próctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso Muestra (gr):	6000	Conten. Hum. Óptimo:	15.32%

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

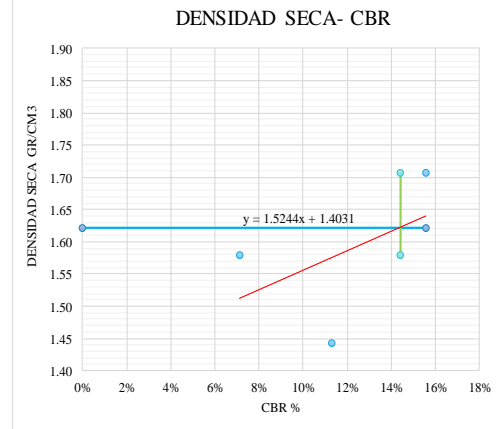
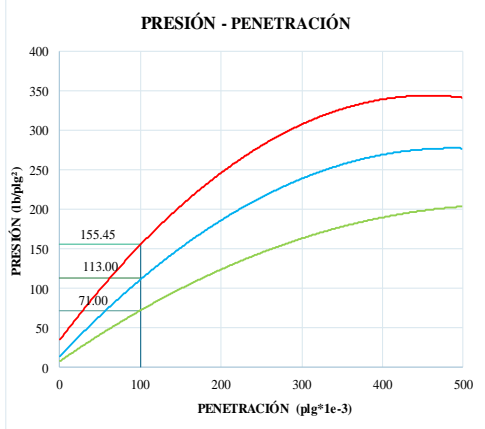
MOLDE	5	7	9B
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	56	25	11
Cond. Muestra	Antes del remojo		
P. húmedo + molde	19472	16310	16709
Peso molde	15006	12543	12431
Peso húmedo	4466	3767	4278
Volume n muestra	2263.11	2267.64	2309.24
Densidad humeda	1.973	1.661	1.853

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	(ABAJO)	81 (ARRIBA)	10(ABAJO)	90(ARRIBA)	82(ABAJO)	99(ARRIBA)
P. hum. + recipiente	93.17	123.67	82.76	81.76	107.28	88.29
P. seco + recipiente	85.06	111.07	75.87	75.16	95.79	79.89
Peso recipiente	32.63	31.24	30.49	32.06	29.13	31.78
Peso agua	8.11	12.6	6.89	6.6	11.49	8.4
Peso de sólidos	52.43	79.83	45.38	43.1	66.66	48.11
Contenido humedad %	15.47%	15.78%	15.18%	15.31%	17.24%	17.46%
Promedio	15.63%		15.25%		17.35%	
Densidad seca	1.707		1.441		1.579	

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón= 3 plg²	Norma: ASTM D 193 - 13	Subrasante	ABCISIA	3+880					
Molde				C - 1			C - 2		C - 3				
TIEMPO	PENET.	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
Mín.	Seg.	mm	plg *10-3	Lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%	
0	0	0.64	25	173	57.67		134	44.67		75	25.00		
1	0	1.27	50	325	108.33		170	56.67		130	43.33		
1	0	1.91	75	433	144.33		305	101.67		185	61.67		
2	0	2.54	100	546	182.00	155.45	398	132.67	113.00	113.00	80.67	71.00	
3	0	3.81	150	649	216.33		441	147.00		290	96.67		
4	0	5.08	200	803	267.67		525	175.00		344	114.67		
5	0	6.35	250	787	262.33		620	206.67		420	140.00		
6	0	7.62	300	858	286.00		718	239.33		514	171.33		
8	0	10.16	400	915	305.00		816	272.00		557	185.67		
10	0	12.7	500	1104	368.00		831	277.00		614	204.67		
CBR Corregido					15.55				11.30			7.10	



Tipo: Proctor Modificado				DENSIDAD MAX				1.707			
Densidad 56	1.707	gr/cm3	CBR 56	15.55%	95% DE DM	1.62	1.62	1.579	1.707		
Densidad 25	1.441	gr/cm3	CBR 25	11.30%		0	15.55%	14.40%	14.40%		
Densidad 11	1.579	gr/cm3	CBR 11	7.10%					14.40%		

ANEXO E

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Toma de muestras

Realizando calicatas



Extracción de muestras



Medición del ancho de vía



Identificación y medición de la falla



Identificación y medición de la falla







Identificación y medición de la falla




Levantamiento topográfico	
Estación total	Toma de coordenadas
	
Levantamiento de la vía	
	
Levantamiento de la vía	
	
Estación de conteo vehicular	
	

Ensayo de la Viga Benkelman	
Equipo	Tomando la temperatura
	
Medición de separación de la berma	Tomando coordenadas
	
Colocando la viga entre las llantas	Tomando lectura del dial
	

Ensayos en laboratorio	
Muestra 1	Muestra 2
	
Muestra 3	Muestra 4
	
Peso para el contenido de humedad	
	

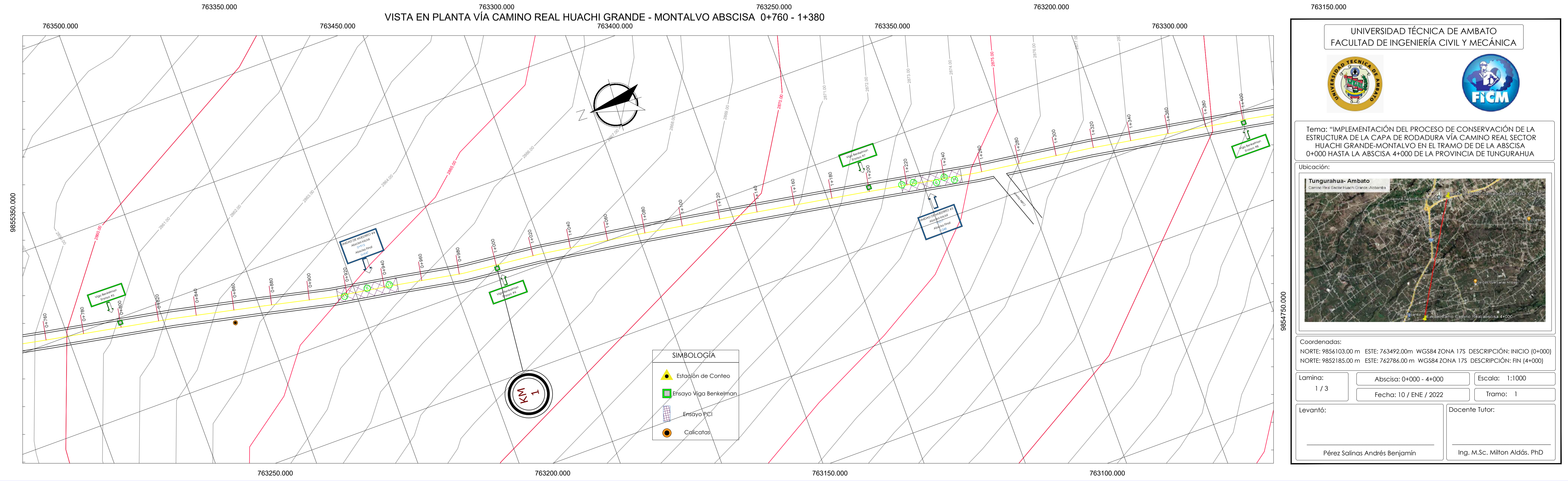
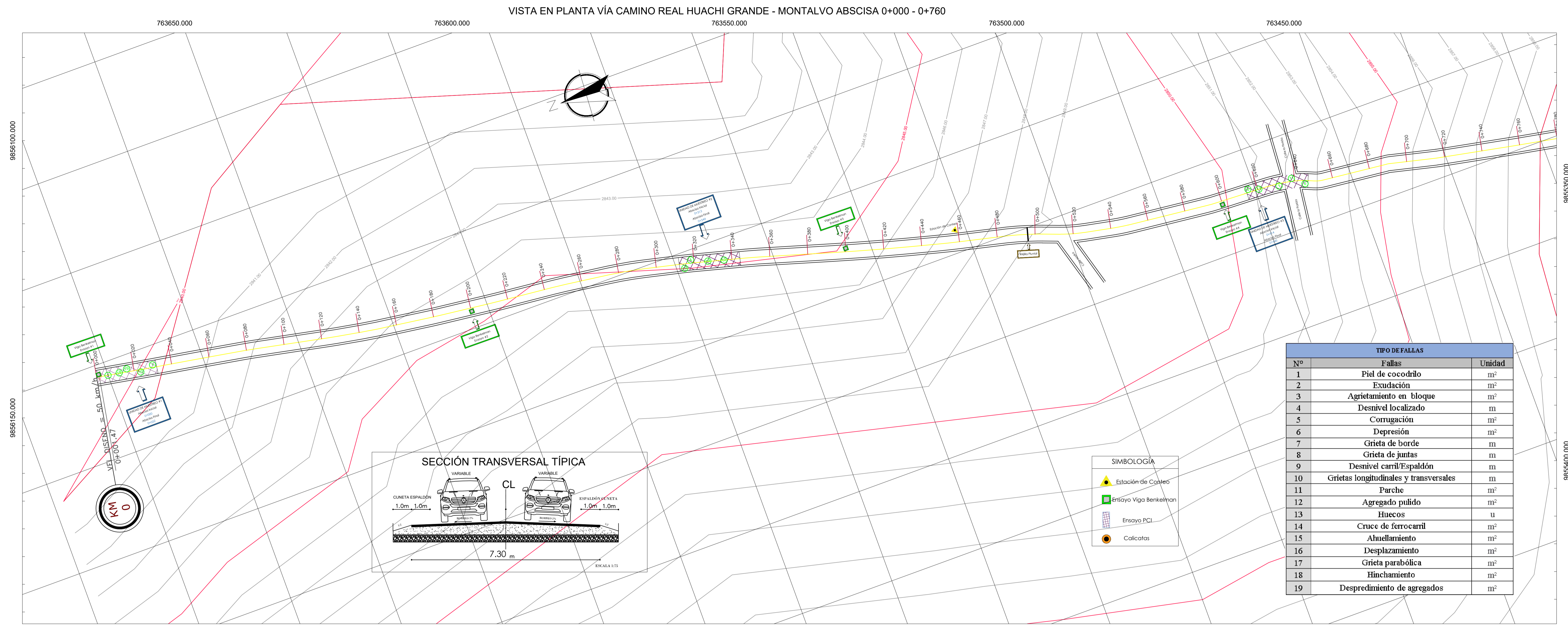
Límites de consistencia	
Ensayo de Límite líquido	Ensayo de Límite líquido
	
Ensayo de Límite Plástico	Muestras de los 2 ensayos
	

Análisis Granulométrico


Ensayo Proctor y CBR	
Equipo	Medición de dimensiones del molde
	
Peso del material	Colocando agua para el ensayo
	
Compactando el material con el martillo	Moldes del proctor con las 4 muestras
	
Sumergiendo el molde en el tanque para ensayo CBR	Pesando muestra para ensayo CBR
	

ANEXO F

PLANOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Tema: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Ubicación:

Coordenadas:
NORTE: 9856103.00 m ESTE: 763492.00m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: INICIO (0+000)
NORTE: 9852185.00 m ESTE: 762786.00 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: FIN (4+000)

Lamina: 1 / 3 Abscisa: 0+000 - 4+000 Escala: 1:1000

Fecha: 10 / ENE / 2022 Tramo: 1

Levantó: Docente Tutor:

Pérez Salinas Andrés Benjamín Ing. M.Sc. Milton Aldás. PhD

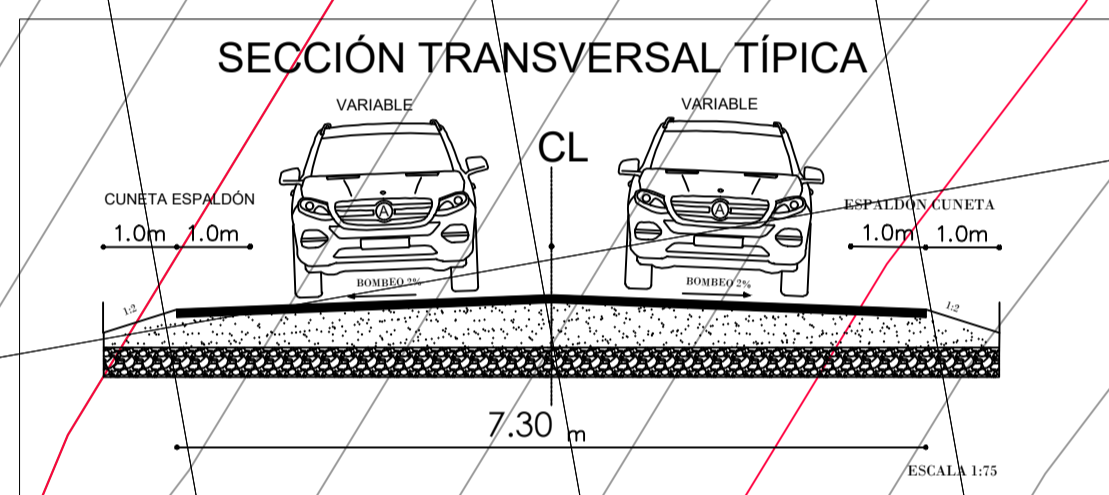
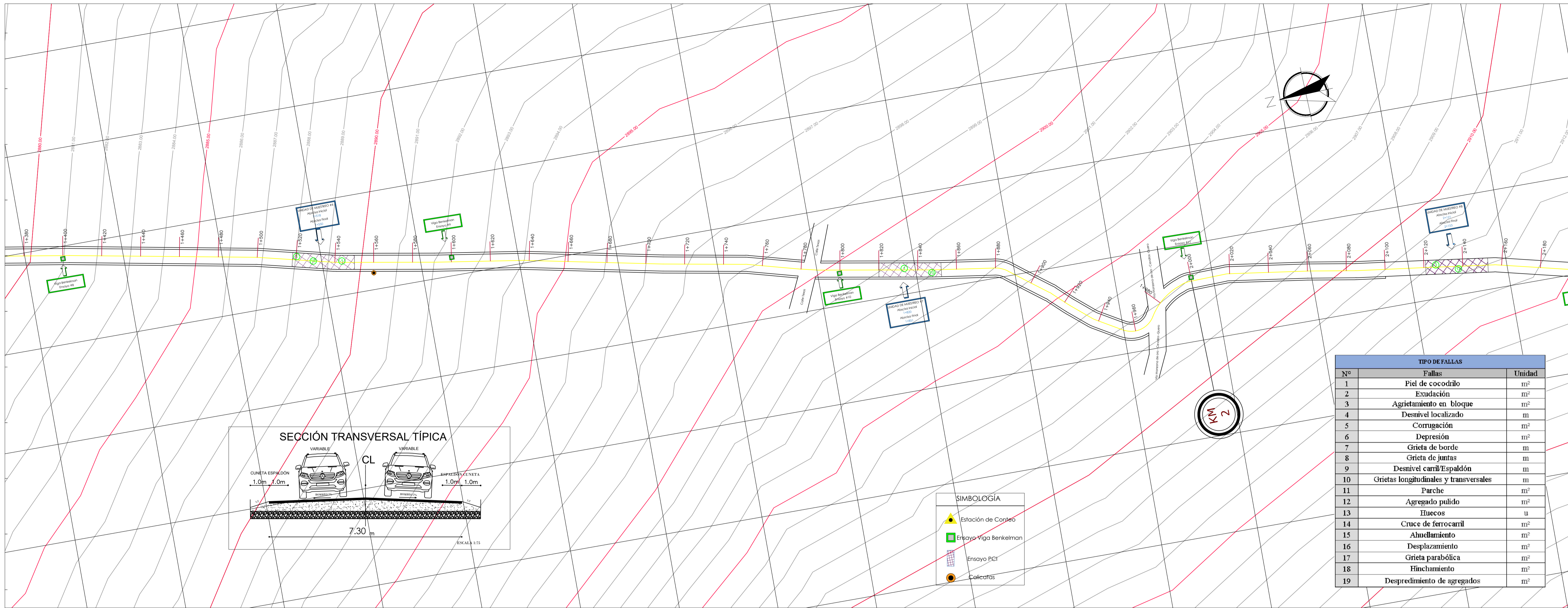
763350.000

VISTA EN PLANTA VÍA CAMINO REAL HUACHI GRANDE - MONTALVO ABCISAS 1+380 - 2+180

763300.000

763250.000

9854750.000



SIMBOLOGÍA

- Estación de Conteo
- Ensayo Viga Benkelman
- Ensayo PCI
- Calicatas

TIPO DE FALLAS		
Nº	Fallas	Unidad
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Desnivel localizado	m
5	Corrugación	m ²
6	Depresión	m ²
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de juntas	m
9	Desnivel caril/Espaldón	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parche	m ²
12	Agregado pulido	m ²
13	Huecos	u
14	Cruce de ferrocarril	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Desplazamiento	m ²
17	Grieta parabólica	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Despredimiento de agregados	m ²

763050.000

763000.000

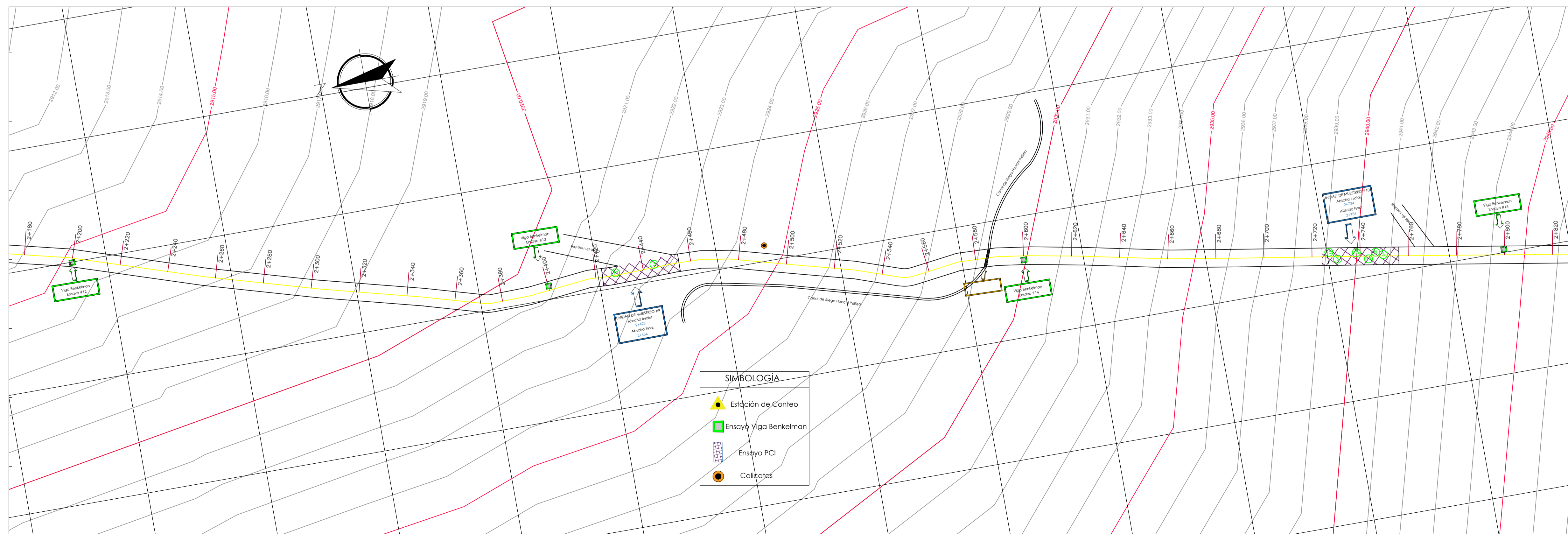
762950.000

763200.000

VISTA EN PLANTA VÍA CAMINO REAL HUACHI GRANDE - MONTALVO ABCISAS 2+180 - 2+820

763100.000

9854000.000



SIMBOLOGÍA

- Estación de Conteo
- Ensayo Viga Benkelman
- Ensayo PCI
- Calicatas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Tema: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

Ubicación:

Coordenadas:
NORTE: 9856103.00 m ESTE: 763492.00 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: INICIO (0+000)
NORTE: 9852185.00 m ESTE: 762786.00 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: FIN (4+000)

Lamina: 2 / 3 Abscisa: 0+000 - 4+000 Escala: 1:1000

Fecha: 10 / ENE / 2022 Tramo: 1

Levantó: Docente Tutor:

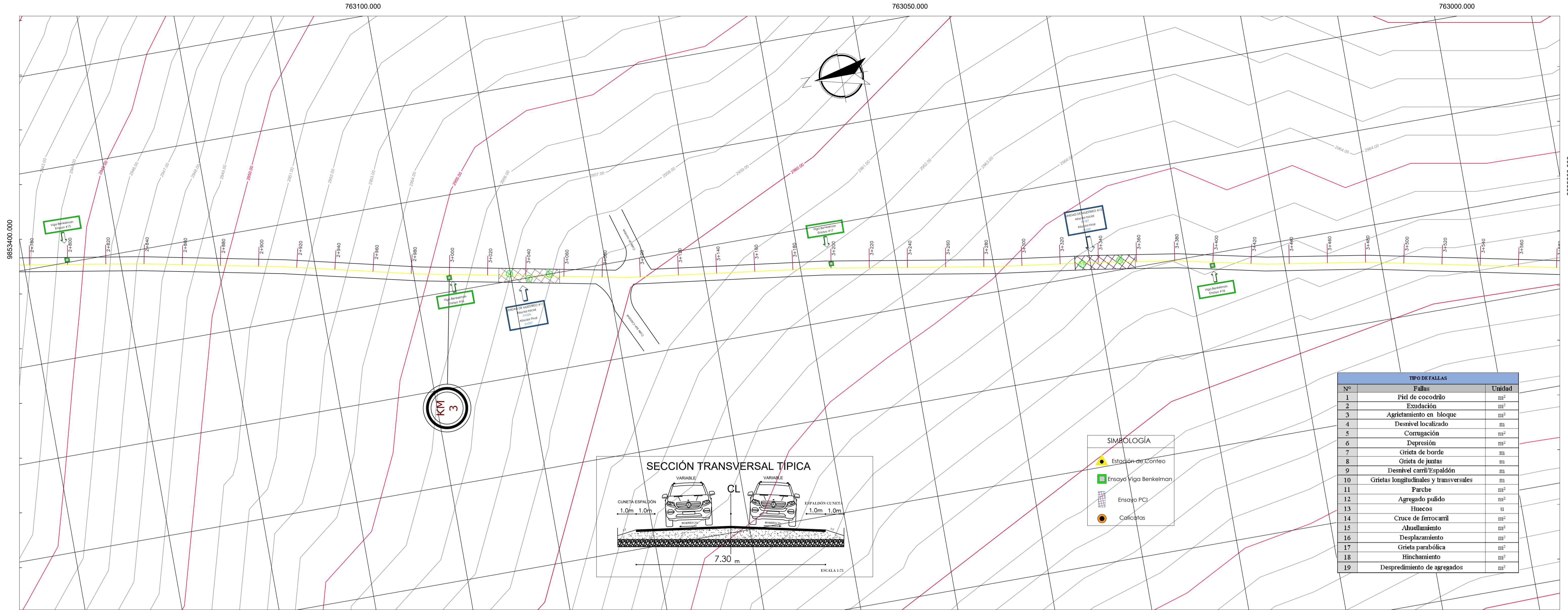
Pérez Salinas Andrés Benjamín Ing. M.Sc. Milton Aldás. PhD

762950.000

762900.000

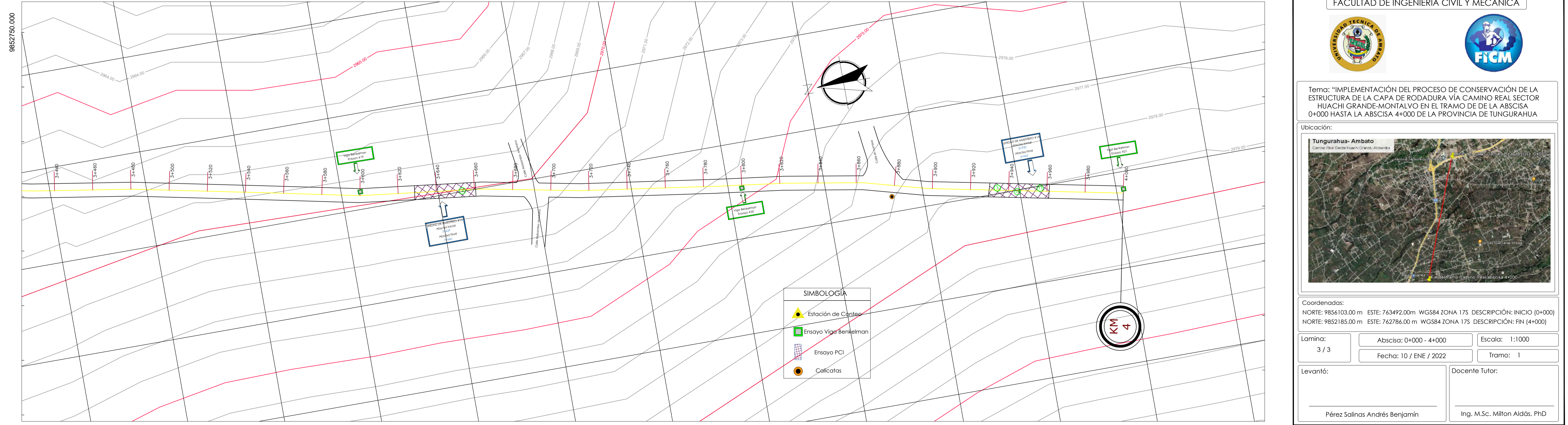
9853950.000

VISTA EN PLANTA VÍA CAMINO REAL HUACHI GRANDE - MONTALVO ABCISAS 2+820 - 3+560



762800.000 762750.000 762700.000

VISTA EN PLANTA VÍA CAMINO REAL HUACHI GRANDE - MONTALVO ABCISAS 3+560 - 4+000



762750.000 762700.000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Tema: "IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA VÍA CAMINO REAL SECTOR HUACHI GRANDE-MONTALVO EN EL TRAMO DE LA ABCISA 0+000 HASTA LA ABCISA 4+000 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Ubicación:



Coordenadas:
NORTE: 9856103.00 m ESTE: 763492.00 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: INICIO (0+000)
NORTE: 9852185.00 m ESTE: 762786.00 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: FIN (4+000)

Lamina: 3 / 3 Abscisa: 0+000 - 4+000 Escala: 1:1000
Fecha: 10 / ENE / 2022 Tramo: 1

Levantó: _____ Docente Tutor: _____
Pérez Sainas Andrés Benjamín Ing. M.Sc. Milton Aldás. PhD