



**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 de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua**

---

**Autor: Julio Brayan Yanchapaxi Barragán**

**Tutor: Ing. Mg. Milton Rodrigo Aldás Sánchez PhD.**

**AMBATO – ECUADOR**

**Octubre - 2020**

## CERTIFICACIÓN

En 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 DE LA VÍA AMBATO – TISALEO EN EL SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 9+600 HASTA LA ABSCISA 12+800 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, elaborado por el Sr. Julio Brayan Yanchapaxi Barragán, portador de la cédula de ciudadanía: 0503793051, egresado 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 recibido cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Octubre 2020



---

Ing. Mg. Milton Rodrigo Aldás Sánchez PhD.

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo Julio Brayan Yanchapaxi Barragán con C.I. 0503793051 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 DE LA VÍA AMBATO – TISALEO EN EL SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 9+600 HASTA LA ABSCISA 12+800 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad, como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Octubre 2020



---

Julio Brayan Yanchapaxi Barragán

C.I. 050379305-1

**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, Octubre 2020



---

Julio Brayan Yanchapaxi Barragán

C.I. 050379305-1

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Julio Brayan Yanchapaxi Barragán de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – TISALEO EN EL SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 9+600 HASTA LA ABSCISA 12+800 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Octubre 2020

Para constancia firman:



---

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda  
**Miembro del Tribunal**



---

Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás  
**Miembro del Tribunal**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico para mi familia y amigos, decirles que lo logramos, ¡nos la rifamos! Pero en gran resalte especial a mis dos madres Wilma Yanchapaxi y Zoila Barragán quienes nunca dejaron de confiar en mí, por todo el esfuerzo, sacrificios que hicieron para sacarme adelante, a mi padre, José J. Yanchapaxi por sus enseñanzas, consejos y ocurrencias que son parte del carácter que forjaron en mí y a J. Robinson Yanchapaxi quien es un padre y hermano, uno de los mayores ejemplos que tengo e inspiró para tomar esta carrera en esta gran universidad.

*De: JB*

*Para: JB*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos los que alguna vez han influido en mi vida, una más que otras y viceversa, a los que siguen aquí y a los que tuvieron que partir. A cada sujeto que he tenido el privilegio de convivir, pero especialmente que puedo hacer mención y que sin importar cualquier cosa que estarán ahí es a mi familia.

A mis madres Wilma y Zoila y padres José Julio y Robinson que sin su apoyo incondicional nada de esto habría sucedido.

A mis tíos y primos Karen, Jonh, Santiago, Alexis quienes son como mis hermanos por acompañarme y alentarme para culminar esta etapa de mi vida.

A mis amigos Alejandro, Andrés, Danny, Jéssica, Jimmy, Joseline, Pauli, Ronald y Silvia quienes han tolerado, apoyado y divertido a este sujeto durante nuestra vida universitaria.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que han aportado los conocimientos que tengo para realizar este proyecto.

A mis tutores Ing. Milton Aldás e Ing. Alex López y colaboradores Ing. Julio R. Yanchapaxi y Lab. Darwin Cadena quienes con su conocimiento y sabiduría aportaron a realizar el presente proyecto técnico.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO</b> .....	<b>iii</b>
<b>© DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DE TUTOR Y TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Justificación .....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica .....	4
1.1.3.1. Estudios para la recolección de información .....	4
Información georreferenciada .....	4
Estudio del volumen del tránsito .....	4
Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index).....	6
Determinación de deflexiones debido a carga estática.....	14
Ensayos para la obtención de Valor Soporte de California (CBR) .....	19
1.1.3.2. Conservación Vial.....	24
Conservación rutinaria.....	24
Conservación Periódica .....	24
Rehabilitación.....	25
Mejoramiento .....	25
Reparaciones de emergencia .....	25



1.2. OBJETIVOS .....	26
1.2.1. Objetivo General.....	26
1.2.2. Objetivos Específicos .....	26
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>27</b>
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS .....	27
2.2. MÉTODOS.....	29
2.2.1. Plan de recolección de datos.....	29
2.2.2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información .....	30
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>38</b>
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	38
3.1.1. Zona de Estudio .....	38
3.1.2. Levantamiento georreferenciado .....	39
3.1.3. Estudio del Tráfico .....	39
3.1.4. Determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) .....	45
3.1.5. Determinación de deflexiones en la capa de rodadura. ....	48
3.1.6. Estudios de suelos.....	59
3.1.7. Plan de conservación vial .....	60
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>62</b>
4.1. CONCLUSIONES.....	62
4.2. RECOMENDACIONES.....	63
<b>MATERIALES DE REFERENCIA .....</b>	<b>64</b>
BIBLIOGRAFÍAS .....	64
ANEXOS.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de Fallas de Pavimentos Flexibles .....	14
<b>Tabla 2.</b> Factores de corrección por estacionalidad .....	16
<b>Tabla 3.</b> Valores de deflexión característica .....	17
<b>Tabla 4.</b> Características del pavimento de acuerdo con el tipo de deflexión y radio de curvatura.....	19
<b>Tabla 5.</b> Denominación de suelos, según sistemas de Clasificación.....	20
<b>Tabla 6.</b> Límites para los cuatro estados de los suelos finos.....	21
<b>Tabla 7</b> Clasificación AASHTO M-145.....	21
<b>Tabla 8</b> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) .....	22
<b>Tabla 9.</b> Clasificación del suelo según su CBR .....	23
<b>Tabla 10.</b> Materiales y Equipos.....	27
<b>Tabla 11.</b> Plan de recolección de datos .....	29
<b>Tabla 12.</b> Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento.....	34
<b>Tabla 13.</b> Coordenadas del Proyecto.....	38
<b>Tabla 14.</b> Resumen de características de la vía.....	39
<b>Tabla 15.</b> Coordenadas de la estación de conteo.....	39
<b>Tabla 16.</b> Tránsito diario registrado .....	41
<b>Tabla 17.</b> Hora pico registrada el día de mayor tránsito .....	41
<b>Tabla 18.</b> TE vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km .	42
<b>Tabla 19.</b> Tat vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km.	42
<b>Tabla 20.</b> TPDA vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km .....	43
<b>Tabla 21.</b> Índices de crecimiento vehicular.....	44
<b>Tabla 22.</b> Tf vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km ..	44
<b>Tabla 23.</b> Relación Función, Clase y Tráfico.....	45
<b>Tabla 24.</b> Secciones y áreas para determinar su PCI.....	47
<b>Tabla 25.</b> Resumen PCI de la vía de estudio.....	47
<b>Tabla 26.</b> Registro de deflexiones obtenidas en campo de la vía Ambato – Tisaleo, abscisa 9+600 - 12+800 .....	48
<b>Tabla 27.</b> Deflexiones con la corrección por relación 1:2 de la viga Benkelman.....	49
<b>Tabla 28.</b> Deflexiones con la corrección por cambio de temperatura.....	50
<b>Tabla 29.</b> Deflexiones con la corrección por la estacionalidad.....	51

<b>Tabla 30.</b> Radios de Curvatura por estación .....	52
<b>Tabla 31.</b> Análisis estadístico de las deflexiones recuperables máximas .....	52
<b>Tabla 32.</b> Valores de deflexión característica $\sigma=24.63$ .....	53
<b>Tabla 33.</b> Factores de Daño con relación el tipo de vehículo .....	54
<b>Tabla 34.</b> Factores de distribución direccional.....	54
<b>Tabla 35.</b> Porcentajes de W18 el carril DI .....	55
<b>Tabla 36.</b> Ejes Equivalentes .....	55
<b>Tabla 37.</b> Deflexiones calculadas de la vía de estudio 2019 .....	57
<b>Tabla 38.</b> Deflexiones admisibles y críticas en años venideros. ....	58
<b>Tabla 39.</b> Coordenadas de calicatas en la vía Ambato – Tisaleo, tramo 3.....	59
<b>Tabla 40.</b> Identificación del suelo .....	59
<b>Tabla 41.</b> Resultados de ensayo de compactación .....	60
<b>Tabla 42.</b> Relación de Soporte de California .....	60
<b>Tabla 43.</b> Cuadro de actividades tentativos para el mantenimiento vial rutinario. ...	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Deterioro de un pavimento a través del tiempo.....	1
<b>Fig. 2</b> Deterioro de un pavimento .....	2
<b>Fig. 3</b> Escala de PCI y Tipo de Intervención .....	6
<b>Fig. 4</b> Sección transversal de un pavimento flexible .....	8
<b>Fig. 5</b> Esquema y principio de la Viga Benkelman .....	15
<b>Fig. 6</b> Gráfica de Deflexiones .....	18
<b>Fig. 7</b> Formato para el conteo vehicular .....	31
<b>Fig. 8</b> Formato de registro del método PCI.....	33
<b>Fig. 9</b> Vía Ambato – Tisaleo sector Juan Benigno Vela abscisa 9+600 – 12+800....	38
<b>Fig. 10</b> Estación de conteo vehicular .....	40
<b>Fig. 11</b> Interpretación del TPDA según el tipo de vehículo .....	43
<b>Fig. 12</b> Deflexiones tolerables vs. Ejes equivalentes a 8.2 Tn.....	58

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto técnico se hizo la propuesta del plan de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector de Juan Benigno Vela en la abscisa 9+600 hasta la 12+800 que compete el estudio. Se realizó el levantamiento georreferenciado del tramo vial de estudio, en el cual se consideró una marcación de abscisas cada 20 metros, registrando esta información con un receptor satelital GPS, permitiendo localizar y representar la vía digitalmente. Se analizó el tráfico que se produce sobre la vía de estudio durante una semana, exponiendo esta como una vía colectora, clase II, teniendo suficiente ancho de calzada actual para soportar el tráfico. Adicional se realizó una inspección visual aplicando el método PCI, reduciendo a 14 unidades de muestreo a estudiar, dando como resultado un PCI de 83.71, calificando a la vía como en muy buen estado. Se obtuvo las deflexiones estáticas de la capa de rodadura con la viga Benkelman, en 17 diferentes puntos de la vía, resolviendo que la misma genera deflexiones tipo III, lo cual significa que la estructura del pavimento no se encuentra bien, pero su subrasante sí. Se realizaron cuatro pozos a cielo abierto, para la determinación del comportamiento de la subrasante y principalmente su valor de CBR el cual fue un valor de 10 por ciento que sirve de apoyo para el resultado de la viga Benkelman. Planteando así un mantenimiento rutinario en el cual se contempla diferentes actividades para una adecuada conservación de la capa de rodadura de la vía.

**Palabras clave:** Capa de rodadura, Viga Benkelman, Conservación vial, Tráfico vehicular, Deflexiones Estáticas, PCI.

## ABSTRACT

In this technical project, a proposal was made for the conservation plan to the structure of the tread layer of the Ambato - Tisaleo road in the Juan Benigno Vela sector on the abscissa 9 + 600 to 12 + 800, which is the responsibility of the study. A georeferenced survey of the study road section was carried out, which was considered an abscissa marking every 20 meters, recording this information with a GPS satellite receiver, allowing to locate and represent the road digitally. The traffic that occurs on the study road during a week was analyzed, exposing it as a collector road, class II, having enough current road width to support the traffic. In addition, a visual inspection was carried out applying the PCI method, reducing to 14 sampling units to study, resulting in a PCI of 83.71, qualifying the road as in very good condition. The static deflections of the tread layer were obtained with the Benkelman beam, in 17 different points of the road, solving that it generates type III deflections, which means that the pavement structure is not well, but its subgrade is. Four open-pit wells were drilled to determine the behavior of the subgrade and mainly its CBR value, which was a value of 10 percent that supports the result of the Benkelman beam. Thus, proposing a routine maintenance in which different activities are contemplated for an adequate conservation of the road surface layer.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

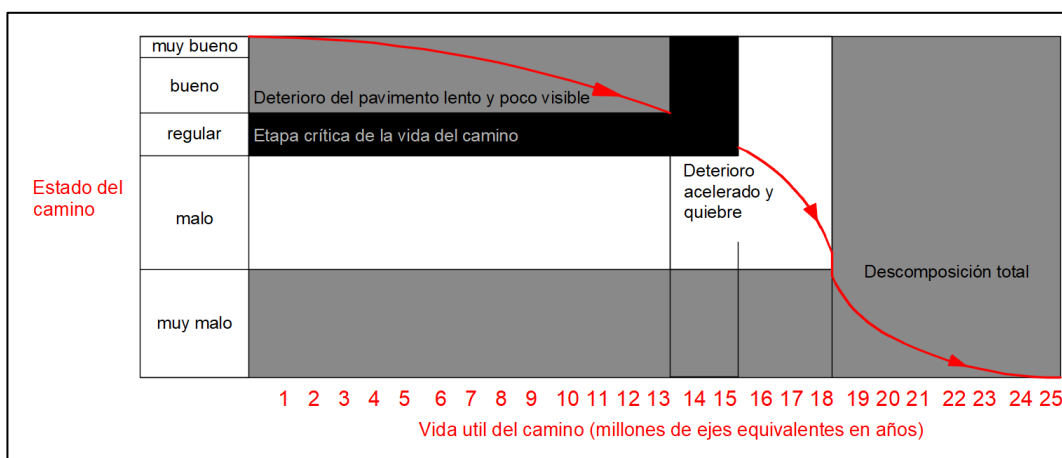
#### 1.1.1. Antecedentes

El sector vial es uno de los pilares de crecimiento económico desde el inicio de la sociedad, que permite la conectividad entre diferentes regiones de un territorio, cual es el caso del intercambio comercial y cultural[1].

Según el trabajo realizado en [2], las fallas del pavimento flexible se clasifica y se puede entender como:

- **Falla Estructural:** es el colapso o descomposición de una o más capas estructurales del pavimento.
- **Falla Funcional:** es la molestia que causa al conductor cuando circula por la vía, esta puede o no ir acompañada con la falla estructural.

Por lo que los pavimentos se proyectan para un tiempo de diseño (funcionamiento), la falta de mantenimiento o un trabajo inadecuado e inoportuno del mismo se refleja disminuyendo su vida útil, entregando un servicio menor al estimado. En la Figura 1 se representa la forma general en que se deterioran los pavimentos, en este se puede observar que en los primeros años el deterioro es lento; sin embargo, llega a un punto de tiempo en el cual el deterioro se acelera, llegando rápidamente al término de la vida útil del camino o una parte de este.[3]

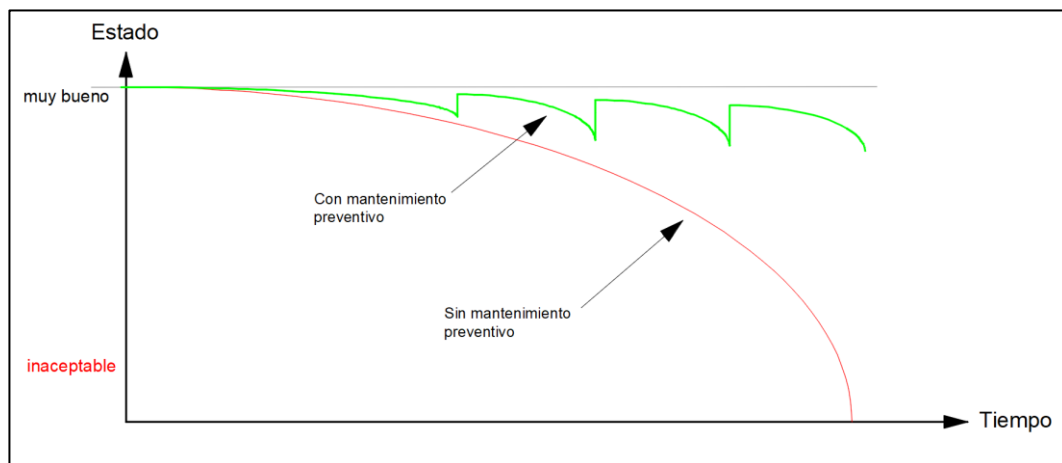


**Fig. 1** Deterioro de un pavimento a través del tiempo

**Fuente:** C. Martínez, 2015.

El aumento en el kilometraje de una carretera, el número creciente de vehículos en circulación, el peso de los vehículos mercantiles, las demandas de mayores estándares de mantenimiento y rendimiento son factores importantes para solicitar la necesidad de una conservación en la carpeta de rodadura. Adicionando, el impacto de las obras de bienestar público y la variabilidad de las condiciones climáticas[2].

Entonces cuando el pavimento se ve afectado necesita un mantenimiento apropiado, esto se logra identificando sus defectos, de esta manera determinar qué tipo de mantenimiento necesita y según el daño al pavimento, este requerirá diferentes tratos para poder cumplir su función de comunicador terrestre[4].



**Fig. 2** Deterioro de un pavimento con un mantenimiento y sin mantenimiento a través del tiempo

**Fuente:** E. Barajas and B. Buitrago, 2017.

“Miembros de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, planteaban la necesidad de integrar un banco de datos, con el fin de que sirviera de base a la toma de decisiones sobre la definición de las prioridades en materia de atención a las carreteras[5]”.

Esta metodología se basa con el fin de desarrollar la conservación de la comunicación terrestre entre ciudades más allá del mantenimiento de las propiedades físicas de la vía existente, sino proporcionar un servicio satisfactorio en función del volumen de tránsito. Los resultados de estudios del estado en general de cada vía en total no refleja puntos específicos que pueden tener un daño severo en diferentes tramos específicos de la carretera, por eso el análisis de cada tramo [5].

### **1.1.2. Justificación**

Las agencias de transporte, administradores viales de pavimentos, esperan hasta que la carpeta asfáltica llegue a tener un total deterioro para tomar medidas, mientras que otros usan la preservación cuando los pavimentos todavía están en buenas condiciones. Ambos tipos de acciones pueden considerarse como mantenimiento[6].

Ecuador es un país en vías de desarrollo y se ve obligado a optimizar al máximo los recursos que se asignan al crecimiento y sustento de su red vial[5]. Las instituciones encargadas han recopilado información insuficiente de las características técnicas de estas carreteras para gestionar y programar las intervenciones y evitar el deterioro prematuro de las vías[7].

La red vial de la provincia de Tungurahua se dice que es de calidad y cobertura a nivel de provincias[8] y para mantener ese estatus, las vías interprovinciales (corredores arteriales) e intercantonales (colectoras), ya sean estas nuevas o relativamente longevas, es importante la conservación de su nivel de serviciabilidad para que los diferentes vehículos transiten y se movilicen con fluidez.

La comunidad asentada en Tisaleo es eminentemente rural y el centro más cercano es la ciudad de Ambato, está a pocos minutos de distancia, motivo por el cual su comunicación es directa en todos los aspectos[9]

Por lo tanto, se debe implementar un plan de gestión para conservar las vías a medida que el tiempo transcurre, de tal forma se dispone a realizar un estudio para obtener datos del estado actual de la capa de rodadura de la vía. Aportando con información de la infraestructura de la vía para la toma de decisiones que impulsen su preservación, cual se la realizará mediante un estudio técnico, ensayos de campo y laboratorio, en el sector de Juan Benigno Vela – Tisaleo para que mantenga una comunicación vial de calidad.

Personas locales y turistas que utilicen la vía continúen con su movilidad cómoda y evitar la pérdida de economía, turismo y vidas por posibles fallos o irregularidades del deterioro de la capa de rodadura, mejorar el seguimiento y evaluación de la vía en el marco del equilibrio técnico y económico, impulsando un crecimiento social, ambiental, económico[1] y fomentado a un sistema de desarrollo sostenible de la zona.



### 1.1.3. Fundamentación Teórica

Determinar la vida útil de una carretera es difícil, dado que cada una de sus componentes está sujeta a variaciones en su vida esperada, por varias causas (1.1.1. pág. 2), cambios inesperados, etc. Se considera que la zona o derechos de vía tienen una vida de 100 años (para los cálculos económicos) y el pavimento, entre 10 y 30 años[10].

#### 1.1.3.1. Estudios para la recolección de información

La recolección de información se basa en realizar los diferentes estudios y ensayos:

##### **Información georreferenciada**

Se apoya con la ayuda de un sistema de coordenadas, por lo relevante y útil que es para estudios de ubicación y territorio tanto en zonas urbanas y rurales se utiliza el sistema de coordenadas proyectadas Universal Transversal Mercator (UTM). Información que permite su representación digital con herramientas de Sistemas de Información Geográfica, con ayuda de un software[11] que maneje este tipo de datos recolectados, acoplándose a la realidad.

##### **Estudio del volumen del tránsito**

Elementos importantes para la toma de decisiones son los volúmenes de tránsito, realizar el estudio del tráfico sirve tanto para los análisis de ingeniería (dimensiones estructurales, funcionales) y estudios económicos como la justificación de costos[10]. Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento. [12].

- **Volumen de Tránsito.** - Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso determinado. Dependiendo de la duración de tiempo del lapso[13].
- **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).** - Se refiere a la cantidad de vehículos que pasan por un punto de la vía por un año dividido o para 365 días, o sea que es el volumen de tránsito promedio por día y este se la puede determinar de varias maneras[10][13].

$$TPDA = TE + Tat$$

***Ecuación 1***

Donde:

TPDA = Tránsito promedio diario anual

TE = Tráfico Existente

Tat = Tránsito atraído, es el 10% de TE (Ecuación 1.1)

- **Volumen de la hora pico (VHP).** Es el volumen de tránsito que circula por una carretera en la hora de tránsito más intenso del día [10] [13].

$$VHP = k * (TE) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

VHP = Volumen de la hora pico

TE = Tráfico Existente

k = Valor esperado de la relación entre el volumen de la 30va hora máxima seleccionada y TE

- Zona urbana: k= 0.08
- Zona rural secundaria: k= 0.12
- Zona rural principales: k= 0.16

- **Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional.** En caso de no contar con la información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible[14].

$$T_f = T_a * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

T<sub>f</sub> = Tráfico futuro o proyectado

T<sub>a</sub> = Tráfico actual o TPDA

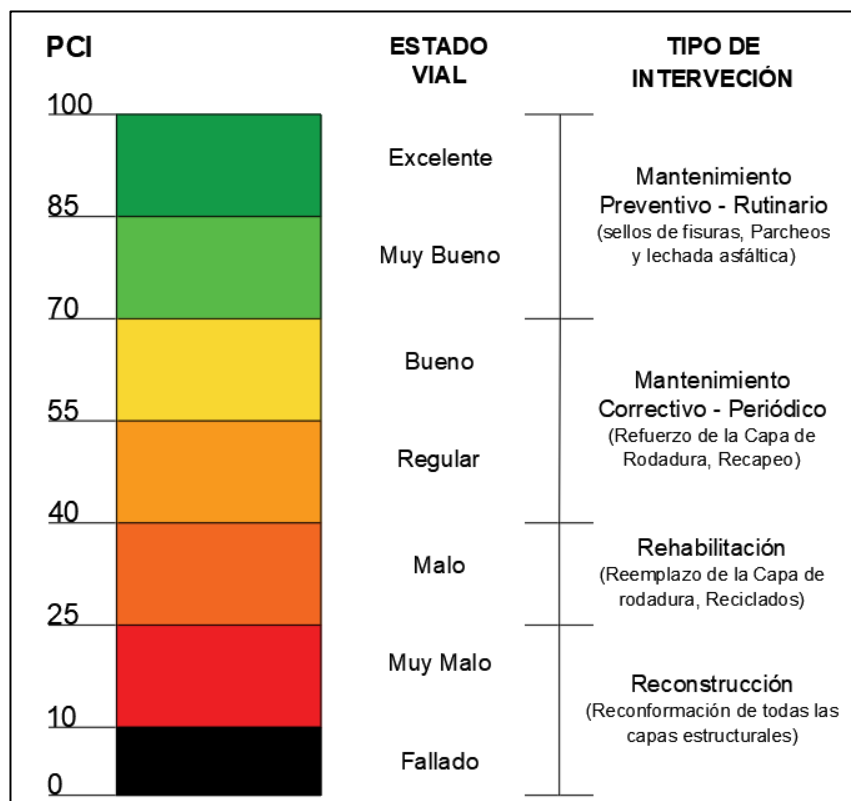
i = Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles)

n = Número de años proyectados.

Existen diferentes formas para obtener los volúmenes de tránsitos. Una de las formas más comunes son los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular[13].

### Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

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[2]. El PCI es un índice, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este, basado en la norma ASTM D6433 – 03[15].



*Fig. 3 Escala de PCI y Tipo de Intervención*

**Fuente:** H. Meza,2017

Varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelentes condiciones[16]. Para la estimación del PCI se lo realizará con respecto las fallas presentadas en este proyecto técnico y resumidas en la tabla 1. En las fallas del pavimento, cada falla encontrada en la vía de estudio se la puede evaluar para encontrar su nivel de severidad que se puede catalogar en 3 estados:

**Bajo(L):** Se perciben las vibraciones, los abultamientos o hundimientos individuales causando un ligero rebote en el vehículo creando una leve incomodidad, pero no es necesario reducir la velocidad.

**Medio(M):** Las vibraciones son significativas, abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo en el vehículo, creando incomodidad, inseguridad y se requiere la reducción de la velocidad.

**Alto (H):** vibraciones excesivas, abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante, un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

### **Unidad de muestra**

Dentro de un tramo vial elegido es conveniente definir una unidad de muestra para la inspección del pavimento. Dentro de los pavimentos asfálticos, si un ancho de calzada es menor a 7.30m el área de muestreo debe estar entre  $230 \pm 93\text{m}^2$  [16].

$$A = L * An \quad \text{Ecuación 4}$$

#### **Donde:**

A: Área de muestreo o unidad de muestreo ( $\text{m}^2$ )

L: Longitud de la unidad de muestreo (m)

An: Ancho de la vía o calzada (m)

### **Número total de unidades de muestreo**

El número total de unidades de muestreo que tiene la vía a evaluar.

$$N = \frac{Lt}{L} \quad \text{Ecuación 5}$$

#### **Donde:**

N: Número total de unidades de muestreo en el tramo vial

Lt: Longitud total del tramo vial a estudiar (m)

L: Longitud de la unidad de muestreo (m)

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

El número mínimo de unidades de muestreo (n) que deberá ser calculado para encontrar un PCI más próximo a la realidad se determina por medio de la siguiente ecuación[16]:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

**Donde:**

- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar
- N: Número total de unidades de muestreo en el tramo vial
- e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = ±5%)
- σ: Desviación estándar del PCI entre unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico[16].

**Intervalo de muestreo (i)**

El número total de unidades de muestreo que tiene la vía a evaluar.

$$i = \frac{N}{n} \qquad \text{Ecuación 7}$$

**Donde:**

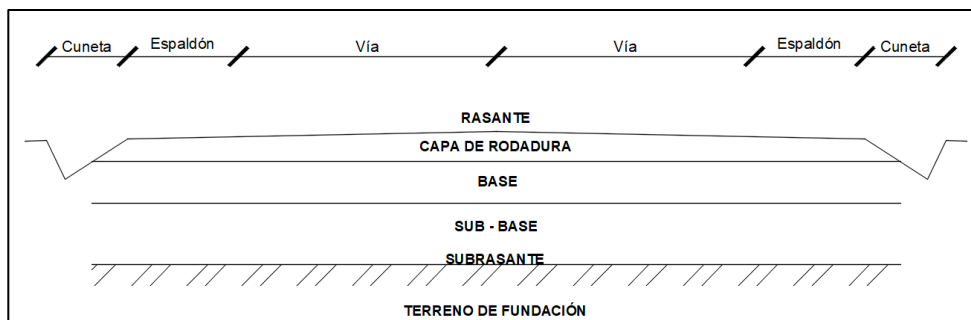
- i: Intervalo de muestreo, se redondea al entero inferior
- N: Número total de unidades de muestreo en el tramo vial
- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

**Fallas de Pavimentos Flexibles**

**Pavimentos Flexibles**

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Los esfuerzos se transmiten al terreno de fundación mediante un mecanismo de disipación de tensiones, las cuales van disminuyendo paulatinamente con la profundidad[12].

**Estructura de los Pavimentos Flexibles**



**Fig. 4** Sección transversal de un pavimento flexible

**Fuente:** Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

En la figura 4 se aprecia las capas que posee generalmente un pavimento flexible convencional y se describe sus funciones a continuación:

### **Subrasante**

Es el nivel superior de la plataforma de una carretera donde se coloca la estructura del pavimento[12]. Se considera como cimentación del pavimento, soporta las cargas transmitidas por el pavimento y entre mejor calidad posea esta capa el espesor de las capas superiores se reducirá[17].

### **Sub-base**

Una de las funciones de esta capa es sin duda económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, se recomienda distribuir la parte superior con capas más calificadas y en la parte inferior las de menor calidad, esta capa también en algunos casos se utiliza para el drenaje del agua entre las capas e impedir la ascensión capilar[12].

### **Base**

Su función es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas producidos por el tráfico, transmitiendo uniformemente los esfuerzos a la sub-base y subrasante[12]. Ser resistente a los cambio de humedad y temperatura[17].

### **Carpeta Asfáltica**

Superficie de rodamiento que debe proporcionar una uniformidad y estabilidad al tránsito, de textura y color conveniente; Resistir los efectos abrasivos del tránsito[12]. Protege la capa de base impermeabilizando su superficie para evitar las filtraciones del agua de lluvia[17].

### **Fallas**

Son el resultado de interacciones que involucra el diseño, materiales, construcción, tráfico vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados son causantes del deterioro progresivo del pavimento, situación que se empeora al no darle un mantenimiento adecuado a la vía[16].

A continuación, se enlista las fallas más conocidas en pavimentos flexibles.

## **1. Piel de Cocodrilo**

Es una serie de grietas interconectadas formando polígonos con ángulos agudos, este daño ocurre por fatiga debido a carga, el espesor de la capa asfáltica es insuficiente para soportar cargas impuestas por el tránsito, falta de compactación y/o exceso de humedad de las capas granulares, envejecimiento de mezcla o ligante asfáltico. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

## **2. Fisuración en bloque**

Aparece en zonas del pavimento que no son sometidas a cargas vehiculares. Varían de tamaño entre 0.3m x 0.3m a 3.0m x 3.0m. Debido a la contracción y/o endurecimiento del concreto asfáltico producidas por fatiga térmica, utilización de un ligante asfáltico envejecido y/o de baja penetración[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

## **3. Fisuración de borde**

Se genera por falta de confinamiento lateral de la estructura del pavimento y sumado con los vehículos que se mueven muy cerca de la orilla del pavimento entre 30 a 60cm de dicho borde[18][19].

- **Unidad de medida:** metros lineales.

## **4. Fisuras de reflexión de junta**

Agrietamiento que experimenta la capa asfáltica cuando posee como plataforma losas de concreto hidráulico, las cuales están en movimiento continuo. Es importante resaltar que, si la severidad es alta, las losas deben ser removidas[18][19].

- **Unidad de medida:** metros lineales.

## **5. Fisuras longitudinales y transversales**

Las fisuras longitudinales se producen por el paso continuo de vehículos haciendo que la capa asfáltica flexione, generando esfuerzos de tensión en su extremo inferior, provocando la pérdida de rigidez de la mezcla asfáltica, derivando en microfisuras y la coalescencia de estas últimas formando una fisura visible a nivel de la rasante[18][19].

Las fisuras transversales ocurren por baja temperatura (inferiores a  $-7^{\circ}\text{C}$ ) el esfuerzo interno que se induce es superior a la resistencia de la mezcla generando la fisuración; por fatiga térmica generan cambios en los esfuerzos internos (los cuales son cíclicos en temperaturas entre  $-7$  y  $21^{\circ}\text{C}$ ), si dichos esfuerzos son mayores a la resistencia de la mezcla, generan agrietamiento y/o por envejecimiento de la mezcla asfáltica[18][19].

- **Unidad de medida:** metros lineales.

## **6. Fisuras parabólicas o por deslizamientos**

Se produce en zonas del pavimento en los cuales los vehículos se detienen o inician su recorrido, llegando a experimentar una fisura en la mezcla asfáltica con apariencia de media luna. Otros factores que lo lleva a producir son por exceso de ligante asfáltico, alto contenido de arena en la mezcla asfáltica[19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

## **7. Abultamiento y hundimiento**

Los abultamientos son deslizamientos hacia arriba causa de la expansión por congelación, infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas de tránsito[19].

Los hundimientos son deslizamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

- **Unidad de medida:** metros lineales.

## **8. Depresión**

Es un área de la superficie del pavimento ligeramente más bajo que el pavimento alrededor de esta área, siendo visibles después de la lluvia, cuando el agua se estanca en esta área, se forman por el asentamiento de la subrasante o deficiencias constructivas[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

## **9. Ahuellamiento**

Definido como la deformación vertical permanente que se acumula en el pavimento causa del paso repetitivo de los vehículos, originando delgadas depresiones longitudinales a lo largo de la trayectoria de las llantas. Se atribuye a esta falla, mezclas asfálticas de baja rigidez, falta de compactación de las



diferentes capas estructurales, insuficiente espesor del pavimento acompañado de cargas elevadas de tránsito[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **10. Corrugación**

Serie de cimas y depresiones que ocurren usualmente en intervalos a menos de 3m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito, usualmente causado por el tránsito y una carpeta o una base inestable[19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **11. Desplazamiento**

Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área de la superficie del pavimento producido por las cargas de tránsito. Debido al empuje del tránsito contra el pavimento y por mezclas asfálticas líquidas inestables[19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **12. Hinchamiento**

Se identifica por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor a 3m. Esta falla es causa de congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos[19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **13. Baches (huecos)**

Un área de la capa asfáltica se desprende totalmente, dejando expuesta la capa granular. Se deriva de la evolución de la piel de cocodrilo, otras causas son la deficiencia en las obras de drenaje, subdrenaje o alto contenido de humedad en la subrasante[18][19].

- **Unidad de medida:** Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

### **14. Pulimiento de los agregados**

Generado por una combinación entre altos volúmenes de tránsito y agregados pétreos de baja dureza. La fricción entre las llantas de los vehículos y la capa de rodadura puede generar este daño. Sobre la superficie los agregados gruesos son evidentes por ausencia de caras angulares y disminuye su resistencia al deslizamiento[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **15. Desprendimiento de agregados**

Es la pérdida de la superficie del pavimento producto de la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Indica que el ligante se ha endurecido de forma apreciable o la mezcla presente es de pobre calidad. También se debe a la circulación de vehículos de orugas o derramamiento de aceites, ablandado la superficie y generando la pérdida de agregados[19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **16. Exudación**

Es la afloración del material bituminoso sobre la capa de rodadura, particularmente en zonas de alta temperatura, es el resultado del exceso de asfalto en la mezcla asfáltica. Debido a que en medio de altas temperaturas ambientales el asfalto llena los vacíos de la mezcla, expandiéndose en la superficie del pavimento y al enfriarse la exudación es irreversible, así el asfalto se acumula en la superficie[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

### **17. Desnivel carril – berma**

Es una diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento. Dado por la erosión, asentamiento de la berma o la colocación de sobre carpeta en la calzada sin ajustar el nivel de la berma[19].

- **Unidad de medida:** metros lineales.

### **18. Parches**

Se presenta en forma en la cual ha remediado daños como baches, piel de cocodrilo, etcétera o zonas que se instaló tuberías o cableado bajo el pavimento. No se comportan tan bien como la sección original. Es importante anotar si las zonas aledañas al parche se encuentran agrietadas con el fin de especificar la necesidad de sellar dichas grietas[18][19].

- **Unidad de medida:** metros cuadrados.

Dicho ya en la sección 1.1.1 (pag. 1). Los daños en pavimentos flexibles se pueden agrupar en 4 categorías:

**Tabla 1. Resumen de Fallas de Pavimentos Flexibles**

<b>Fallas de Pavimentos Flexibles</b>	Fisuras y Grietas	- Piel de Cocodrilo - Fisuras en bloque - Fisuras de borde	- Fisuras de reflexión de junta - Fisuras longitudinales y transversales - Fisuras parabólicas o por deslizamiento
	Deformaciones y Superficiales	-Abultamiento y hundimiento - Depresión - Ahuellamiento	- Corrugación - Desplazamiento - Hinchamiento
	Desprendimientos	- Baches - Pulimiento de los agregados - Desprendimiento de agregados	
	Otras fallas	- Exudación - Parches	- Desnivel carril – berma

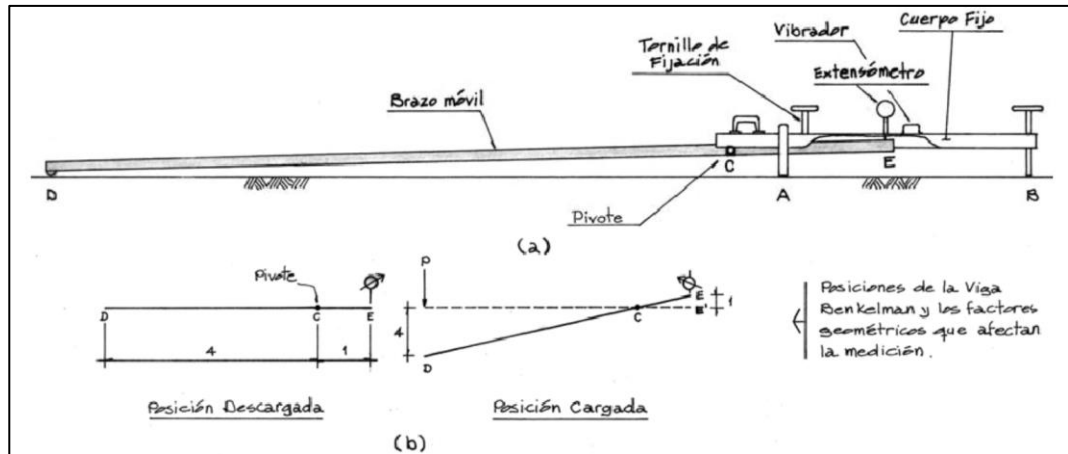
**Fuente:** R. Zevallos, 2018.

### **Determinación de deflexiones debido a carga estática**

La realización de ensayos no destructivos (los cuales no alteran la capacidad estructural del pavimento) en la actualidad es muy útil, ayuda a la reducción de costos en mano de obra y reposición del material ensayado. Las pruebas de estimar la deflexión superficial se basan en producir deformaciones elásticas o deflexiones en el pavimento por medio de la aplicación de carga con dispositivos especiales, estas deflexiones desaparecen una vez que se retira la carga aplicada.

Uno de los equipos para la evaluación estructural de pavimentos flexibles es la Viga Benkelman cual mide deflexiones estáticas basada en la norma AASHTO T256-01.

La viga de Benkelman es un dispositivo sencillo que opera por medio de una palanca suspendida de un bastidor que transmite la deflexión vertical del punto de medida a un comparador(dial). Para la ejecución del ensayo se necesita un camión, cargado con material hasta llegar a pesar aproximadamente 80 kN (18,000 libras, 8,164 kg), en un eje sencillo con neumáticos duales inflados a una presión de entre 480 a 550 kpa (70 a 80 PSI)[20].



**Fig. 5** Esquema y principio de la Viga Benkelman

**Fuente:** H. C. Meza, 2017.

Las deflexiones registradas en campo necesitarán de ajustes por la lectura que no se realiza a escala real[21], tanto por la temperatura cual varía y debe estar en una estándar (20°C) [12], así como por la estacionalidad del lugar.

- **Corrección por el brazo de la viga Benkelman con relación 1:2.**

Debido a que la lectura no se la realiza a escala real con la viga Benkelman porque esta posee una relación de 1:2 o 1:4 normalmente por su brazo, la ecuación para realizar esta corrección es la siguiente[21]:

$$D = RB * (D_f - D_o) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

**D:** Deflexión corregida en 0m, 0.25m, 0.50m, 1m, 5m y 8m.

**RB:** Relación de brazo de la viga Benkelman 1:2.

**D<sub>o</sub>:** Deflexión registrada en diferente distancia en cada estación.

**D<sub>f</sub>:** Deflexión final registrada en cada estación.

- **Corrección de las deflexiones por efecto de la variación de temperatura.**

El cambio constante de temperatura en el transcurso de tiempo que conlleve el estudio con la viga Benkelman en la vía, hace que las deflexiones se vean afectadas por esta, así el incremento de la temperatura en la carpeta asfáltica hace que las deflexiones aumenten[12]. La ecuación para realizar esta corrección es la siguiente:

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_o}{0.001 * (t - 20^{\circ}C) * (h) + 1}$$

Donde:

*Ecuación 9*

- D<sub>(20°C)</sub>:** Deflexión recalculada para una temperatura estándar de 20°C.
- D<sub>0</sub>:** Deflexión recuperable a la temperatura.
- t:** Temperatura registrada del pavimento en °C.
- h:** Espesor de la carpeta asfáltica en cm.

- **Corrección de las deflexiones por estacionalidad.**

Para considerar el período más desfavorable del año (criterio que debe limitarse entre estación lluviosa y seca) se establece un factor de corrección sujeta al conocimiento de la estación actual de la región en la cual se realizó el ensayo, según la experiencia de Brasil[22] que recomienda los siguientes factores:

*Tabla 2. Factores de 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:** CONREVIAL

- **Radio de Curvatura**

Determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas de tránsito. El radio de curvatura según la metodología francesa se expresa mediante la siguiente fórmula[12]:

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}}$$

*Ecuación 10*

Donde:

- Rc:** Radio de Curvatura en m
- D<sub>0</sub>:** Deflexión máxima en 0.01 mm
- D<sub>25</sub>:** Deflexión a 25cm en 0.01 mm

- **Deflexión Característica**

Es un parámetro estadístico, el cual se obtiene por medio de una base de información de deflexiones recuperables máximas (D<sub>0</sub>) del tramo de vía que se está estudiando[22]. La siguiente ecuación se determina la Deflexión característica:

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

*Ecuación 11*

Donde:

- $D_c$ : Deflexión característica en 0.01 de mm
- $\bar{D}$ : Deflexión promedio de los  $D_0$  corregidos en 0.01 de mm
- $t$ : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la  $D_c$ .
- $\sigma$ : Desviación estándar.

**Tabla 3. Valores de deflexión característica**

Valor de Diseño %	Deflexión Característica	Extensión del Pavimento $\bar{D} > D_c$ (%)
50	$\bar{D}$	50
75	$\bar{D} + 0.674 * \sigma$	25
85	$\bar{D} + \sigma$	15
90	$\bar{D} + 1.3 * \sigma$	10
95	$\bar{D} + 1.645 * \sigma$	5
98	$\bar{D} + 2 * \sigma$	2
99	$\bar{D} + 2.33 * \sigma$	1
99.99	$\bar{D} + 3 * \sigma$	0.01

**Fuente:** Control de la deflexión vertical con viga Benkelman, G. Carrera, Perú, 2010

- **Deflexión Admisible**

Es la deflexión tolerable para verificar la capacidad estructural de un pavimento con relación al tráfico que debe soportar.

Se puede calcular mediante la siguiente ecuación empírica[22]:

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{W_{18}}\right)^{0.25} * 100 \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- $D_{adm}$ : Deflexión característica admisible (inicial\*) en 0.01 mm
- $W_{18}$ : Número de ejes estándar equivalentes de 8.2Tn acumulados en millones.

\* Se refiere que la  $D_{adm}$  con la cual se ha diseñado el pavimento o se estima no superará al final de su periodo de vida útil estimada.

- **Deflexión Crítica**

Con el propósito de asegurar un diseño con alternativa de reconstrucción y mantenimiento realistas, la deflexión crítica es aquella que alcanza el pavimento al término del período de servicio:

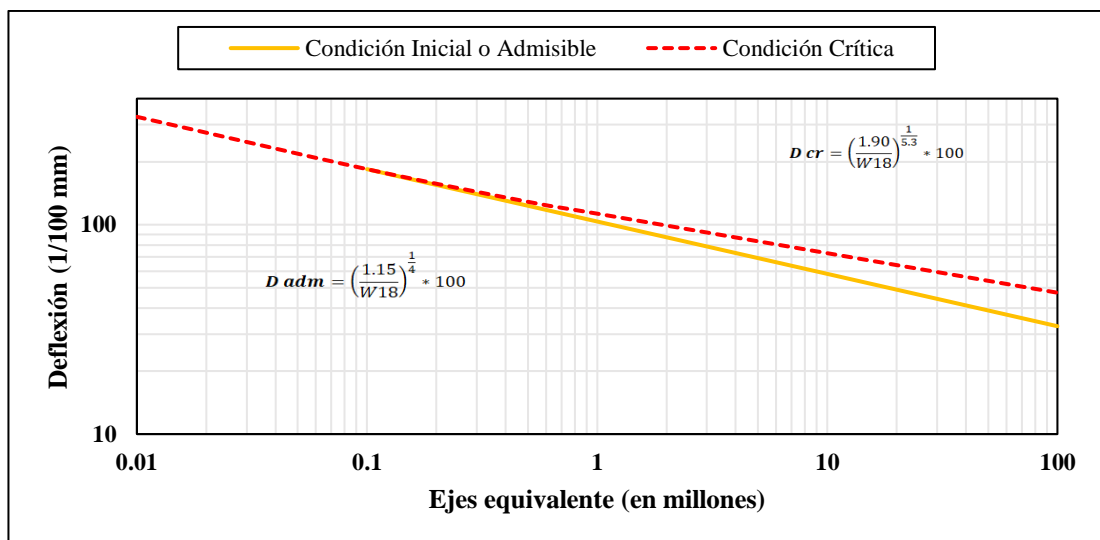
$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{W_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

$D_{cr}$ : Deflexión característica condición crítica\* en 0.01 mm

$W_{18}$ : Número de ejes estándar equivalentes de 8.2Tn acumulados, para los que se diseñó, en millones

\* Se refiere que la  $D_{cr}$  toma relevancia si las deflexiones encontradas superan a  $D_{adm}$  o se realiza un tipo de mejoramiento en la capa de rodadura.



**Fig. 6** Gráfica de Deflexiones

**Fuente:** Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, 2013

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Criterio de evaluación estructural del pavimento**

Las deflexiones encontradas en campo ( $D_o$ ) y la rigidez relativa entre un pavimento y su subrasante, son valores característicos que se puede utilizar para establecer relaciones cualitativas entre el radio de curvatura (curvatura de deflexiones) y el sistema Pavimento - Subrasante[23].

**Tabla 4.** Características del pavimento de acuerdo con el tipo de deflexión y radio de curvatura.

Tipo de Deflexión	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 un refuerzo estructural.
III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100m$	Buen comportamiento estructural de la subrasante 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 <b>capas insuficientes</b> 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.

**Adaptado:** Método CONREVIAl

**Autor:** Julio Yanchapaxi

### Ensayos para la obtención de Valor Soporte de California (CBR)

#### Análisis granulométrico ASTM C136-01

Proceso de laboratorio que permite determinar los porcentajes en que participan los granos de una muestra de suelo, en función de sus tamaños, para conocer su competencia y eficiencia, desde la perspectiva geotécnica[24].

Previo a la toma de muestras para determinar los contenidos de humedad de la muestra del suelo y sus pesos en diferentes estados se procede con:

- **Tamizado.** – Una vez seca la muestra de suelo en el horno o al aire y tomado su peso, se hace pasar esta por una serie organizada de tamices, con mallas de tamaño decrecientes y conocidos, evitando la pérdida de finos, al final se encuentra un recipiente que recoge las partículas que no fueron retenidas por ningún tamiz[24].



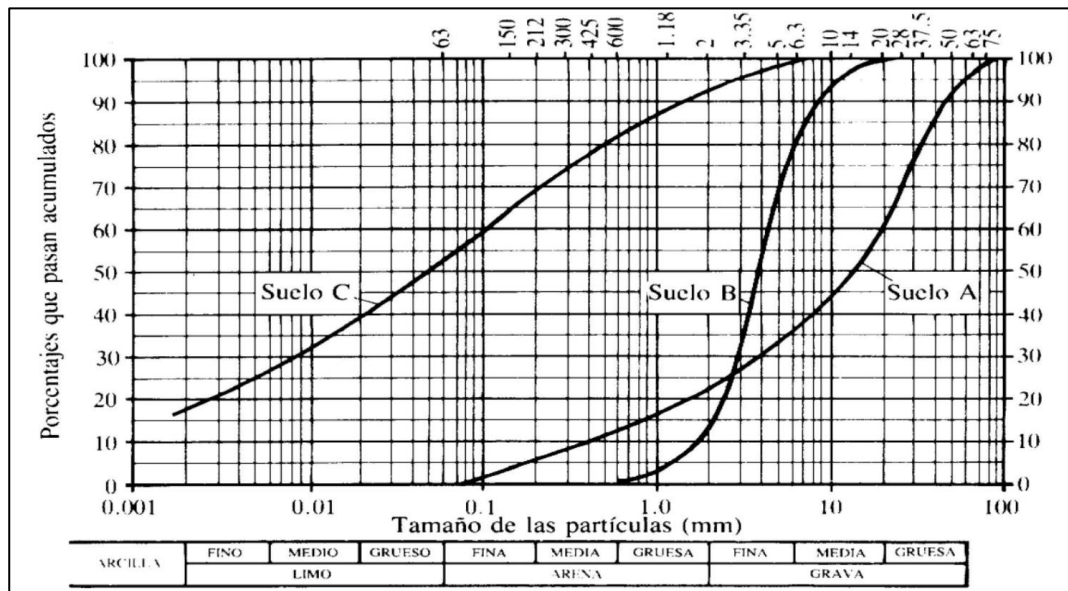
Los resultados del ensayo de tamizado son utilizados para realizar la curva granulométrica (figura 6), teniendo diferentes denominaciones según el sistema:

**Tabla 5. Denominación de suelos, según sistemas de Clasificación.**

SISTEMA	BRITÁNICO <sub>1</sub>	AASHTO <sub>2</sub>	ASTM <sub>3</sub>	SUCS <sub>4</sub>
	$\phi$ (mm)	$\phi$ (mm)	$\phi$ (mm)	$\phi$ (mm)
Grava	60 - 2	75 - 2	> 2	75 - 4.75
Arena	2 - 0.06	2 - 0.05	2 - 0.075	4.75 - 0.075
Limo	0.06 - 0.002	0.05 - 0.002	0.075 - 0.005	< 0.075 finos
Arcilla	< 0.002	< 0.002	< 0.005	

1: B S - 5930: 1981; 2: American Association of State Highway and Transportation Official; 3: American Society for Testing and Materials; 4: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos [24].

**Fuente:** Geomecánica, G. Duque y C. Escobar, 2016



**Fig. 6** Curvas granulométrica

**Fuente:** Geomecánica, G. Duque y C. Escobar, 2016

La curva A representa un suelo bien gradado y de grano grueso. La curva B representa un suelo mal gradado, de poca uniformidad (curva parada sin extensión); el suelo C corresponde a una arcilla limosa (suelo fino) [24].

### Consistencia y Plasticidad (Límites de Atterberg)

Son contenidos de humedad propios de los suelos finos (limos, arcillas). La consistencia equivale a la capacidad de un suelo mantener las partes de un conjunto íntegras, estables y coherentes; dependiendo del contenido de agua y su mineralogía[24], presentan los estados siguientes:

**Tabla 6. Límites para los cuatro estados de los suelos finos.**

<b>Humedad (<math>\omega</math>)</b>	<b>Estado Líquido</b>	Cuando un suelo se comporta como un fluido viscoso, deformándose por su propio peso y con resistencia al corte casi nulo.	
		<b>Límite Líquido</b>	$W_L$ $LL$
	<b>Estado Plástico</b>	Cuando un suelo pierde fluidez, pero continúa deformándose plásticamente, pierde su forma sin agrietarse.	
		<b>Límite Plástico</b>	$W_P$ $LP$
	<b>Estado Semisólido</b>	Si al intentar moldearlo el suelo se desmorona.	
		<b>Límite de Retracción</b>	$W_S$ $LR$
	<b>Estado Sólido</b>	Punto en el cual el volumen del suelo ya no se reduce por la pérdida de agua y su color toma un tono más claro.	

**Fuente:** Geomecánica, G. Duque y C. Escobar, 2016.

- **Límite Líquido.** Es el contenido de humedad que requiere una muestra en el aparato de Casagrande para que cierre una ranura de ½ pulgada con amplitud a los 25 golpes, generados en la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por segundo ASTM D4318[24].
- **Límite Plástico.** Es el contenido de humedad para el cual un suelo se fractura al ser amasado en rollitos de diámetro 1/8” (3 mm) sobre una superficie plana, lisa y no absorbente ASTM D4318.
- **Índice de Plasticidad.** Rango de humedad en el que un suelo se mantiene plástico, es la diferencia entre el límite líquido con el límite plástico[24].

### Clasificación de Suelos

Agrupar suelos por semejanza en sus componentes, relacionarlos con grupos de un sistema de clasificación, aunque sea un proceso empírico, ayuda a encontrar solución a multitud de problemas simples. Estas clasificaciones se basan en los resultados de granulometría y límites de Atterberg[24]. A continuación, se presentan resúmenes de los dos sistemas más conocidos en Latinoamérica:

**Tabla 7 Clasificación AASHTO M-145**

Clasificación General	Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200						Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200							
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7			
Grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6		
Análisis por mallas. % que pasa la malla No 200	10 30max 50max 15max	40 50max 25max	51min 10max	35Max	35Max	35Max	35Max	36Min	36Min	36Min	36Min	36Min		
Característica de la fracción que pasa la malla 40	LL			40Max	41Min	40Max	41Min	40Max	41Min	40Max	41Min	41Min		
Índice de grupo	IP		NP	10Max	10Max	11Min	11Min	10Max	10Max	11Min	11Min	11Min		
Tipo usual de materiales constituyentes	0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12Max	16Max	20Max	20Max		
Comportamiento general como subbase	Piedra Grava Arena						Arena		Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos limosos Suelos arcillosos	
	EXLENTE A BUENO						ACEPTABLE A MALO							

Nota: En la división A-7, cuando IP > 30, el grupo A-7-5. Si el IP < 30 el grupo es A-7-6

**Fuente:** Geomecánica, G. Duque y C. Escobar, 2016.

**Tabla 8 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Divisiones principales		Símbolos grupos	Nombres típicos	Identificación de laboratorio		
SUELOS DE GRANO GRUESO (Más del 50% retenido en el tamiz #200)	GRAVAS (Más del 50% fracción gruesa es retenida por el tamiz #4)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = 1 < (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} < 3$	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
			<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg debajo línea A o $IP < 4$	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla	Límites de Atterberg sobre la línea A $IP > 7$	
	ARENAS (Más 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz # 4)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = 1 < (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} < 3$	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW	
			<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Límites debajo de la línea A o $IP < 4$	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg sobre la línea A $IP > 7$	
	SUELOS DE GRANO FINO (Más 50% pasa por el tamiz #200)	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo el porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como: < 5% - GW, GP, SW, SP > 12% - GM, GC, SM, SC 5% - 12% - Casos de frontera que requieren doble símbolo	
			<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas		
<b>OL</b>			Limos y arcillas orgánicos limosas de baja plasticidad			
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos			
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta			
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos			
		<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

**Fuente:** Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles, 1981[25]

## Medida de la Compactación de los Suelos

**Compactación.** - Es la estabilización de las propiedades ingenieriles como estructura de los suelos, siendo necesario en algunos casos adicionar compuestos especiales (cemento hidráulico, material bituminoso, productos químicos)[24]. La compactación se relaciona con la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo del suelo y para ello la masa debe tener una humedad óptima[26].

- **Método Proctor.** - Consiste en compactar la muestra de un suelo en un molde metálico y cilíndrico, en 3 o 5 capas por la caída de un pistón. Existen dos variaciones del método[24]:
  1. **Proctor estándar o normal ASTM D698-91**, con pistón de 2.5kg (5½lbs), h=30.48cm (12in), N = 25 golpes y 3 capas a compactar.
  2. **Proctor modificado ASTM D1557-91**, con pistón de 4.54kg (10lbs), h=45.72cm (18in), N = 56 golpes, y compactando en 5 capas.
- **Curva de humedad – densidad o Compactación.** – Representación gráfica de la variación del contenido de humedad de un suelo para encontrar su contenido óptimo de agua. En las ordenadas se representa la densidad seca y en las abscisas el contenido de humedad[24].

## Valor Soporte de California (CBR)

El ensayo de CBR mide la resistencia a corte de una muestra de suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El número CBR se obtiene como *la relación de la carga unitaria del ensayo con respecto a la carga unitaria patrón* requerida para obtener la misma profundidad de penetración de una muestra estándar de un material triturado[27] ASTM 1883 – 07. Este número permite clasificar el uso que se le puede dar al suelo ensayado como se indica en la siguiente tabla.

*Tabla 9. Clasificación del suelo según su CBR*

CBR	Clasificación General	Uso
2 - 5	Muy Mala	Subrasante
5 - 8	Mala	Subrasante
8 - 20	Regular – Buena	Subrasante
20 - 30	Excelente	Subrasante
30 - 60	Buena	Subbase
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

**Fuente:** AASHTO-93, Diseño de pavimentos.

### **1.1.3.2. Conservación Vial**

Los elementos que constituyen a un camino, la rasante o capa de rodadura es la que determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, siendo oportuno corregir sus deterioros para evitar el progreso de estos últimos y obliguen a una reconstrucción total para su arreglo[28].

Se compara con un análisis combinado de los resultados obtenidos en la evaluación, así presenta una serie de posibilidades que necesitan ser analizadas para establecer la capacidad estructural del pavimento actual con relación al tráfico y cargas del pavimento. Definiendo la estructura del pavimento[29]:

- Adecuada y sólo requiere de una renovación superficial.
- Fatigada y requiere un refuerzo estructural
- Deficiente y requiere una reconstrucción parcial o total.

#### **Conservación rutinaria**

Son rubros que se realizan de forma continua, no dependen del tráfico y se realizan labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la carretera[28][30].

Los trabajos que se ejecutan son:

- **Calzada**
  - Bacheo menor
  - Sellado de fisuras longitudinales y transversales.
  - Retiro de obstáculos (Limpieza de derrumbes)
  - Reposición de rellenos.
  - Mantenimiento de señalización vertical y horizontal.
- **Zonas Laterales**
  - Limpieza de cunetas y alcantarillas
  - Deshierbe
  - Retiro de basura

#### **Conservación Periódica**

Actividad que se realiza en forma cíclica para mantener en condiciones adecuadas de servicio; el deterioro es producto de la acción del tráfico.

Los trabajos principales que constituyen a esta conservación son:

- Bacheo mayor (profundo)

- Nivelación de la superficie
- Sellado de la superficie
- Recapeos
- Restitución de señalización horizontal y vertical
- Restitución de obras de prevención de derrumbes

### **Rehabilitación**

Se ejecuta cuando el estado de deterioro de la carretera existente sea insuficiente para poder resistir una mayor cantidad de tránsito futuro o impida la reparación aislada de las áreas afectadas[30].

Los trabajos que se generan son[31]:

- Restablecer la capacidad estructural y/o la calidad de la superficie de rodadura.
  - Escarificación, desintegración, humedecimiento, mezclado, reconformación, compactación e imprimación.
  - Reciclaje y recuperación, pulverización de la superficie bituminosa del lugar o su base granular, inyección y mezclado del ligante con el material pulverizado, para después homogenizarlo, conformarlo y compactarlo.
- Mejorar el sistema de drenaje.

### **Mejoramiento**

Tiene por objetivo incrementar la capacidad del camino y la velocidad de circulación. Mejoras en los caminos, relacionadas con el ancho, alineamiento, las curvas o las pendientes longitudinales, incluidos los trabajos relacionados a la renovación de la superficie y la rehabilitación[30].

### **Reparaciones de emergencia**

Rubros que se realizan cuando el camino está en mal estado o intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural. Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado[30].

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Disponer de un levantamiento georreferenciado de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.
- Conocer la movilidad vehicular en la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.
- Evaluar cada uno de los componentes físicos de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.
- Proponer el sistema de gestión de conservación vial adecuado de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1. Materiales y Equipos

Para la recolección de información oportuna para el presente proyecto técnico se utilizaron materiales y equipos que se detallan a continuación:

*Tabla 10.* Materiales y Equipos

Ensayos	Materiales	Equipos	Norma
<b>Toma de muestras alteradas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pala</li> <li>• Pico</li> <li>• Barra</li> <li>• Fundas de polietileno</li> <li>• Sacos de polipropileno</li> <li>• Flexómetro</li> </ul>	NTE INEN 686
<b>Georreferencia ción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receptor satelital GPSeTrex Venture HC</li> <li>• Cinta Métrica 50m</li> <li>• Brocha</li> </ul>	-
<b>Medición de deflexiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Pintura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viga Benkelman</li> <li>• Combo</li> <li>• Cíncel</li> <li>• Termómetro de mercurio</li> <li>• Cinta Métrica 50 m</li> <li>• Flexómetro 5 m</li> <li>• Volqueta cargada con material sin clasificar, eje trasero peso 8.2tn</li> </ul>	AASHTO T 256
<b>Análisis granulométrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamizadora</li> <li>• Juego de tamices</li> <li>• Brocha</li> <li>• Balanza digital</li> </ul>	ASTM C136
<b>Límite líquido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 g de suelo que pasa por tamiz #40</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copa de Casagrande</li> <li>• Acanalador</li> <li>• Mortero de porcelana</li> </ul>	ASTM D4318



Ensayos	Materiales	Equipos	Norma
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espátula</li> <li>• Recipientes de aluminio</li> <li>• Horno de secado</li> <li>• Balanza digital</li> </ul>	
<b>Límite plástico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 g de suelo que pasa por tamiz #40</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa de vidrio</li> <li>• Mortero de porcelana</li> <li>• Espátula</li> <li>• Recipientes de aluminio</li> <li>• Horno de secado</li> <li>• Balanza digital</li> </ul>	ASTM D4318
<b>Proctor modificado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 kg de suelo</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandeja metálica</li> <li>• Moldes metálicos cilíndricos</li> <li>• Disco espaciador</li> <li>• Martillo compactador</li> <li>• Enrasador</li> <li>• Brocha</li> <li>• Probeta</li> <li>• Palustre</li> <li>• Balanza digital</li> <li>• Recipientes de aluminio</li> <li>• Horno de secado</li> </ul>	AASHTO T- 180 ASTM D1557
<b>CBR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 kg de suelo</li> <li>• Agua</li> </ul>	<p>Para realizar este ensayo se requiere los equipos detallados en el ensayo de Proctor modificado tipo C y adicionalmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesa anular</li> <li>• Pesa ranurada</li> <li>• Máquina automática MULTISPEED</li> </ul>	ASTM D1883

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Los equipos utilizados en este proyecto técnico se encuentran disponibles en el Laboratorio de Topografía y en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Plan de recolección de datos

Para la recolección de información del presente proyecto técnico se utilizará el siguiente plan para lograr los objetivos establecidos.

*Tabla 11. Plan de recolección de datos*

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para proponer un plan para la conservación vial en función de las características físicas y mecánicas que posee la vía.
2. ¿De qué personas u objetos?	De la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo, tramo con abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800, provincia de Tungurahua.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Condiciones de la vía, capacidad de soporte y calidad de los materiales.
4. ¿Quién evalúa?	Julio Brayan Yanchapaxi Barragán. (Egresado) Ing. Mg. Milton Aldás PhD. (Tutor)
5. ¿Dónde evalúa?	- Vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua. - Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo se evalúa?	- Ensayos de Campo Georreferenciación, Conteo vehicular, PCI, Medición de deflexiones de la capa de rodadura. - Ensayos de Laboratorio Análisis Granulométricos, Límites de consistencia, Proctor Modificado y CBR.

**Autor:** Julio Yanchapaxi

## **2.2.2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información**

Para el plan de procesamiento y análisis de datos del presente proyecto técnico se procederá de la siguiente manera:

### **2.2.2.1. Plan de Procesamiento de datos**

#### **1. Especificación de información bibliográfica**

Para el desarrollo del proyecto técnico se revisó gran variedad bibliográfica, artículos científicos, libros, tesis, proyectos de titulación y normas técnicas. Normas tales como: Diseño geométrico de carreteras 2003; ASTM D6433 – 03 Practica estándar para el estudio de PCI en pavimentos; AASHTO T 256 - 01 Mediciones de la deflexión del pavimento; INEN 686 Toma de muestras alteradas; ASTM C136 Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos; ASTM D4318-84 Método estándar de prueba para determinar el límite líquido y plástico de los suelos; AASHTO T- 180 Compactación con Proctor modificado y ASTM D1883 Método estándar de la prueba de Relación de Soporte California, muchos más documentos.

#### **2. Levantamiento georreferenciado**

El levantamiento georreferenciado de la vía Ambato – Tisaleo del sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800, se realizará por medio del registro de datos en campo con el receptor satelital GPS eTrex Venture HC, una cinta métrica y pintura que ayuda marcar las abscisas que forman parte de la vía. Se tomarán puntos en los bordes derecho, izquierdo y en el eje de la vía en el sistema de coordenadas proyectadas UTM y datum WGS84, a una separación de las abscisas aproximada de 20 m. Realizando un registro de los anchos de vía, presencia de aceras, cunetas, pozos, cruces de agua e intersecciones con otras vías.

#### **3. Creación de un modelo digital del tramo del vial**

Los datos entregados por el levantamiento georreferenciado se ordenarán en una hoja digital excel, para su posterior exportación a un software Ingenieril en el cual se realizará las respectivas curvas de nivel del sitio, alineamiento horizontal y sección típica transversal (calzada) de la vía Ambato – Tisaleo del sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800.

#### 4. Conteo Vehicular

La evaluación del tráfico existente de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 se realizará a partir de un conteo manual durante 7 días, 12 horas/día con intervalos de 15 minutos, sin afectación de eventos especiales y se registrará el tipo de vehículo que transita por esta. De ser necesario, el registro debe realizarse por carril. El siguiente formato permite la tabulación de datos recolectados durante el conteo vehicular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Día: Lunes		Ubicación: 11+800		Estación: Única					
Fecha: 25/11/2019		Sentido: Ambos sentidos		Estado del clima: Nublado					
Proyecto: Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			C-2P	C-2G	C-3	C-4			
7h00	7h15	36		3	2			41	47
7h15	7h30	40		5				45	45
7h30	7h45	34	2					41	41
7h45	8h00	27						27	162
8h00	8h15	29		3	1			33	148
8h15	8h30	29		3	2			34	137
8h30	8h45	24		3	2			29	125
8h45	9h00	24		3				27	123
9h00	9h15	13	1	2				16	106
9h15	9h30	15		1	2			18	90
9h30	9h45	13		1	3			17	78
9h45	10h00	21	1	1	1			24	75
10h00	10h15	17		2	1			20	79
10h15	10h30	16		2				18	79
10h30	10h45	14		1	5	1		21	83
10h45	11h00	17		2	1			20	79
11h00	11h15	15		1	1			17	76
11h15	11h30	16		2		1		19	77
11h30	11h45	16		1	2			19	75
11h45	12h00	18		1	1			19	74
12h00	12h15	21		2	3			26	83
12h15	12h30	22			6			28	92
12h30	12h45	12						12	85
12h45	13h00	13		1	3			17	83
13h00	13h15	10		1	3			14	71
13h15	13h30	17			3	1		21	64
13h30	13h45	15						15	67
13h45	14h00	18	1		1			20	70
14h00	14h15	17	1	2	4			24	80
14h15	14h30	11	1		2			14	73
14h30	14h45	11		2	2			15	73
14h45	15h00	14		1	2			17	70
15h00	15h15	13	1					14	60
15h15	15h30	12			1			13	59
15h30	15h45	12		2	2	1		17	61
15h45	16h00	13						13	57
16h00	16h15	13		2	1			16	59
16h15	16h30	12			1			13	59
16h30	16h45	18						18	60
16h45	17h00	10		1	2			13	60
17h00	17h15	29		7	6			42	86
17h15	17h30	14			2		1	17	90
17h30	17h45	25			3			28	100
17h45	18h00	20			1			21	108
18h00	18h15	12			2			14	80
18h15	18h30	11			2			13	76
18h30	18h45	15		2				17	65
18h45	19h00	5	1		2			8	52
12 HORAS		849	7	75	77	4	1	157	1013

Fig. 7 Formato para el conteo vehicular

Autor: Julio Yanchapaxi

Dispone de varias secciones, las cuales de mayor importancia son las que se especifican a continuación:

- **Sección 1:** Es el encabezado, cual contiene el nombre de la universidad, facultad y carrera a cuál pertenece el proyecto, nombre del proyecto, día de la semana, fecha, ubicación, sentido, estación y estado del clima.
- **Sección 2:** En esta lugar se ubica los diferentes tipos de vehículos que se espera que circulen en la vía de estudio, tales como: vehículos livianos, buses, camión de 2 ejes pequeño (C-2P), camión de 2 ejes grande (C-2G), camión de 3 ejes (C-3), camiones de 4 ejes o más (C-5), estos últimos se los considerará como tracto camión de 3 ejes con un semirremolque de 2 ejes[10].
- **Sección 3:** En esta parte se realiza la sumatoria de los vehículos pesados y en total de todos los vehículos, por cada intervalo de 15 minutos que ha transcurrido.
- **Sección 4:** En la cual se realiza una sumatoria de los vehículos que han transitado por 60 minutos con intervalos de 15 minutos, para conocer los 60 minutos continuos con mayor circulación de vehículos en las horas aforadas.
- **Sección 5:** Lugar cual son los 60 minutos continuos con mayor tránsito de las horas aforadas.
- **Sección 6:** indica las sumatoria de los diferentes tipos de vehículos y el total de estos transitados en las 12 horas de aforo.

##### **5. Inspección visual de la carpeta asfáltica mediante el PCI**

Para realizar este rubro, se calculará el número mínimo de unidades de muestreo (*ecuación 6*) a inspeccionar para la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800, para proceder la identificación visual de las fallas existentes en estas unidades y se registrará en el formato indicado en la figura 8 en el cual se debe registrar cada falla encontrada, dimensión en las unidades solicitadas, llegando a determinar su nivel de severidad para deducir su índice de condición.



## 6. Medición de las deflexiones de la capa de rodadura

La valoración estructural del pavimento se lleva a cabo con la viga Benkelman, equipo que se utiliza en ingeniería de pavimentos, cual consiste en medir las deflexiones que presenta la superficie del pavimento en un punto específico con la producción de una carga controlada a diferentes distancias normadas es decir cada 0.25m, 0.50m, 1m, 5m y 8 m, dicho punto debe estar a una distancia del borde de la vía o berma como se encuentra estipulado en la tabla 12, dependiendo el ancho del carril y se realizará una pequeña perforación con profundidad de entre 3 a 5cm en el pavimento, ayudado de una punta de acero y un combo, en esta se coloca agua y el termómetro previo al ensayo con la viga Benkelman en la estación y se registra la temperatura terminando el ensayo en dicha estación. La vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800, será nuestro objeto por evaluar por lo que se realizará lecturas cada 200m y para ejecutar el ensayo se deberá contar con una volqueta cargada, con un peso de 8.2tn en su eje trasero[21].

*Tabla 12. Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento*

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

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

## 7. Estudio de las muestras de suelo

El conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el cual se consolida nuestro objeto de estudio es vital. El suelo es necesario la obtención de las muestras mediante perforaciones de 1m x 0.8m x 1.20m cada 800m aproximadamente del tramo vial, esto por razones de costos. La cantidad de suelo requerida en cada perforación es de aproximadamente 50 kg por la capa que conforma la subrasante con referencia a la norma INEN 686. Por consiguiente, se realizará los ensayos de laboratorio.

El análisis granulométrico, las muestras para realizar este ensayo fueron secadas en horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y su peso es menor de 500gr por que el material encontrado es un árido fino. Los tamices utilizados fueron N°4, N°10,

N°40, N100° y N°200, suficientes para conocer la información requerida. Los tamices son colocados de forma descendente, de tal forma que la muestra ingresa por el tamiz N°4 y durante 10 minutos se deja la hilera de tamices sobre la máquina tamizadora en funcionamiento. Para luego pesar y registrar el material acumulado en los tamices de forma descendente de acuerdo con la norma ASTM C136.

Los límites de consistencia, el cual se toma 250gr mínimo del material que pasa el tamiz N°40. Para el límite líquido, se toma parte de los 250gr se coloca en un mortero, se agrega agua y se mezcla con ayuda de una espátula dando una consistencia homogénea y se coloca parte de esta en la Copa de Casagrande y se divide la muestra con ayuda del acanalador. Se enciende el equipo y se lo detiene cuando este una las 2 mitades(1cm), se toma parte del material que se unió en la copa y se coloca en recipientes previamente identificados, se registra su peso y número de golpes, posteriormente se coloca en el horno, una vez seca la muestra se registra su peso. Se requiere tres o más ensayos sobre diferentes rangos de contenidos de agua o cantidad de golpes. Con respecto al límite plástico, se determina con parte de la muestra de los 250gr. previamente humedecida, a esta se enrolla presionando contra un cristal o las manos, formando una hebra con un diámetro máximo de 3mm, hasta que esta muestra de suelo presente fisura o desmenuce, entonces se coloca esta muestra en recipientes previamente identificados, se registra su peso antes y después de secarse en el horno acorde a la norma ASTM D4318. para la clasificación de este suelo según AASHTO - M145.

El ensayo de compactación proctor modificado, cuando una muestra se aproximadamente 6000gr con humedad controlada se lo compacta en un molde normado (diámetro de 6 pulgadas) e identificado, con 56 golpes de un matillo de 10lb con altura de 18 pulgadas, a la razón de 5 capas uniformes, después de ello se retira el collarín se enrasa el espécimen con el enrasador y se registra el peso, se extrae una muestra de la parte superior e inferior del espécimen compactado, se coloca en recipientes metálicos previamente identificados, se registra su peso antes y después de secarse en el horno y esto se realiza con 4 diferentes



contenidos de humedad con referencia a la norma AASHTO T-180 y ASTM D1557.

El ensayo de CBR, se procede una vez obtenido el contenido óptimo de humedad del ensayo anterior, se realiza 3 muestras en moldes de dimensiones normadas (diámetro de 6 pulgadas) e identificado, a diferentes grados de compactación es decir de 11, 27 y 56 golpes de un matillo de 10lb con altura de 18 pulgadas, a la razón de 5 capas uniformes, después de ello se retira el collarín se enrasa el espécimen con el enrasador, se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador y se registra el peso. Se coloca sobre la superficie la placa perforada con vástago, y sobre esta los anillos necesarios para completar una sobrecarga, mínimo 10lb correspondiente a dos pesas, se registra su hinchamiento y se lo sumerge en agua completamente durante un periodo, después del periodo de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento (se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen), se extrae el molde del agua, se lo deja escurrir durante 15 minutos, se retira la sobrecarga y la placa perforada, se pesa, se vuelve a colocar la sobrecarga y se procede al ensayo de penetración y se registra los valores de acuerdo a la norma ASTM D1883.

#### **2.2.2.2. Plan de Análisis de Información**

1. Terminado el levantamiento georreferenciado, se procederá a exportar los datos del GPS a un ordenador, en el cual se transporta los datos a una hoja digital, organizar la información, dejándolo en un formato compatible con AutoCad Civil 3D, con el cual se realizará su representación digital.
2. Clasificar la información obtenida en el campo y laboratorio de acuerdo con los parámetros establecidos en las normas correspondientes.
3. Explicar cada uno de los resultados obtenidos comparando con las normas utilizadas, dando a conocer el estado actual de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua.
4. Proponer un plan de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la

abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua, para brindar calidad y servicio en años venideros.

5. Determinar las respectivas conclusiones y recomendaciones con respecto a los objetivos planteados en el presente proyecto técnico.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

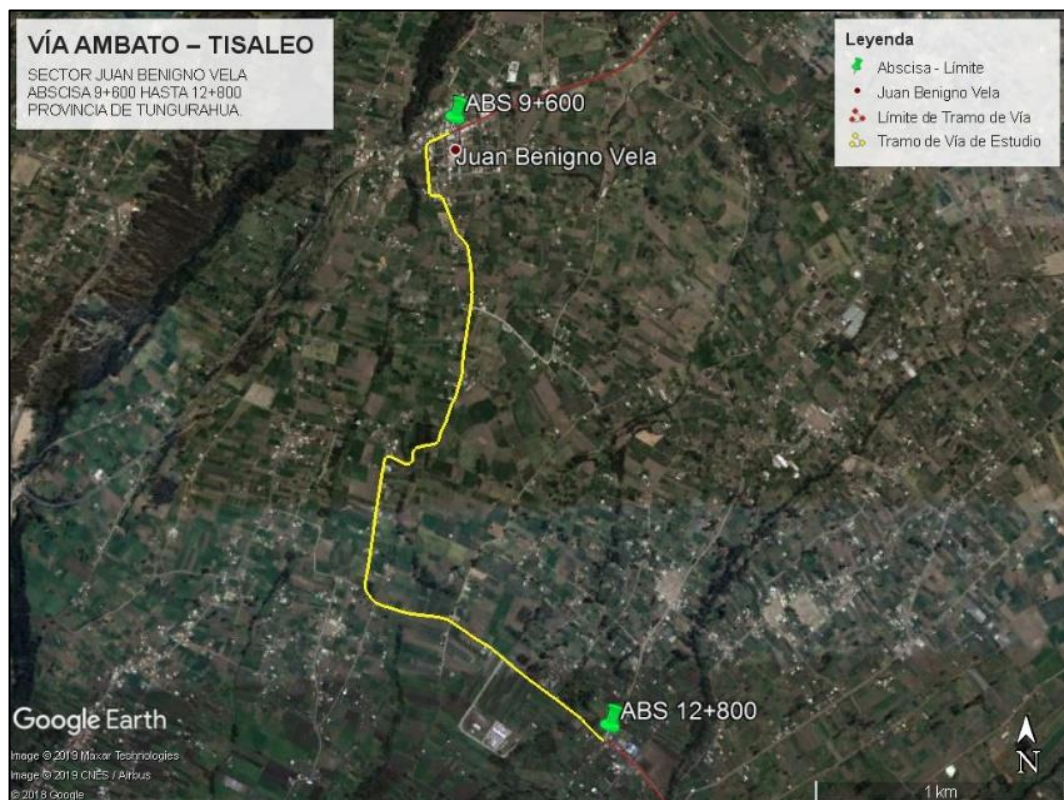
##### 3.1.1. Zona de Estudio

La sección de estudio está localizada en la provincia de Tungurahua, entre los cantones de Ambato y Tisaleo, iniciando en la abscisa 9+600 y culminando en la abscisa 12+800, el tramo tiene una longitud de 3.20 km con las siguientes coordenadas geográficas:

*Tabla 13. Coordenadas del Proyecto*

Abscisa	Coordenadas Norte	Coordenadas Este
9+600 km	9856096.65 m	756477.86 m
12+800 km	9853761.71 m	757135.18 m

**Autor:** Julio Yanchapaxi



**Fig. 9** Vía Ambato – Tisaleo sector Juan Benigno Vela abscisa 9+600 – 12+800

**Fuente:** Julio Yanchapaxi

### 3.1.2. Levantamiento georreferenciado

Se realizó la marcación de abscisas cada 20m de la vía que conecta Juan Benigno Vela y Tisaleo con abscisas 9+600 hasta 12+800 y toma de datos con el GPS eTrex Venture HC, la información obtenida se puede observar en el anexo B y se presenta un resumen a continuación:

*Tabla 14. Resumen de características de la vía*

<b>Ancho de Calzada Promedio</b>	6.84	m.
<b>Acera en metros lineales</b>	435.40	m.
<b>Cuneta en metros lineales</b>	1812.90	m.
<b>Nº de Cruces de Agua</b>	3.00	u.
<b>Nº de Carriles (ambos sentidos)</b>	2.00	u.

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Terminado este trabajo de campo se obtuvo 558 puntos, con los cuales se realizó su representación digital. Ver Anexo G del Plano de la Carretera.

### 3.1.3. Estudio del Tráfico

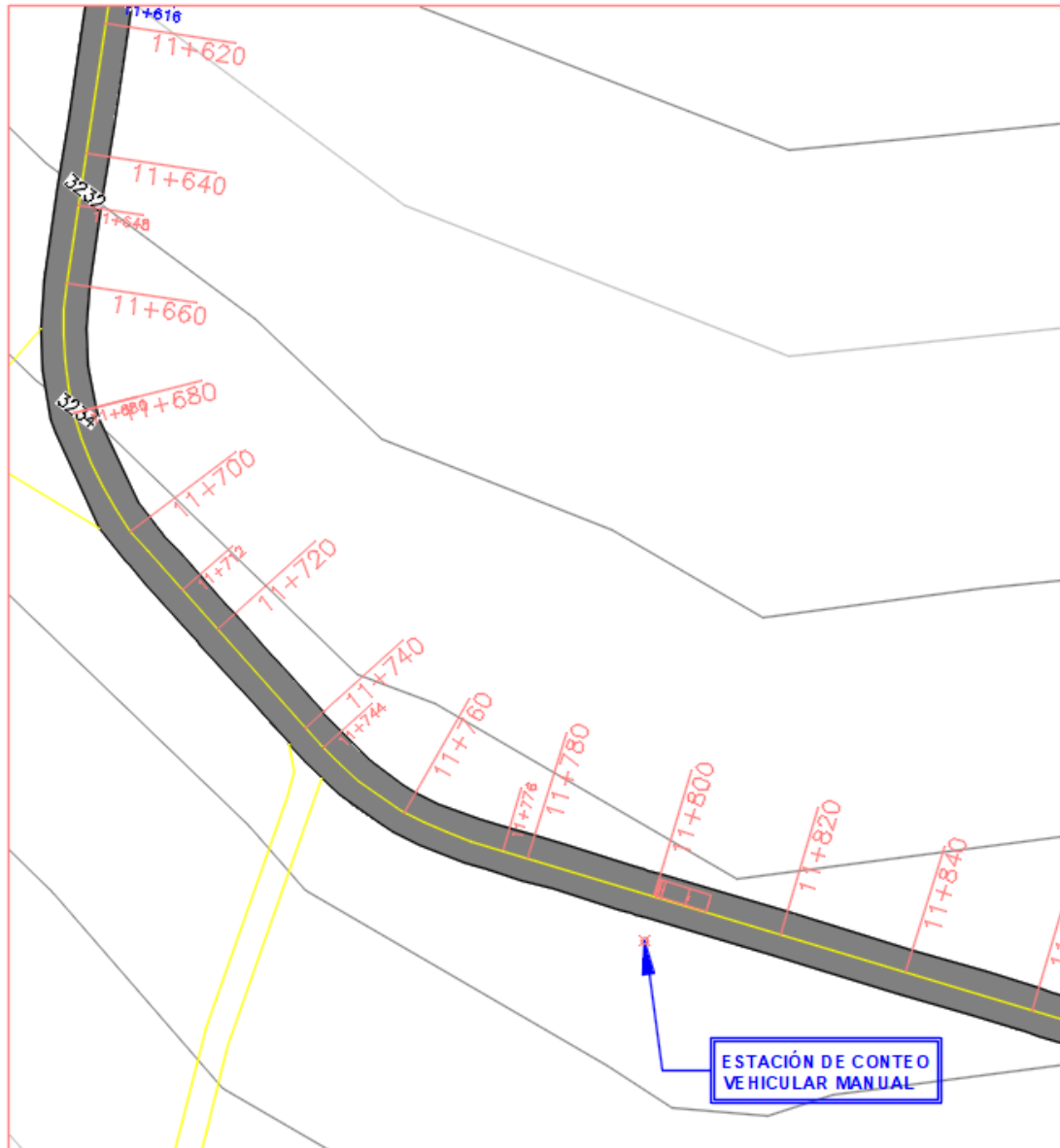
La vía posee 2 carriles en diferentes sentidos de circulación de los vehículos, no obstante, solo fue necesario una persona para el registro de los vehículos utilizando el formato de la figura 7, en el cual los vehículos fueron clasificados según su tipo que designa en [10]. La estación de conteo se situó en la abscisa 11+800, sitio en el cual existe un desvío del tráfico, por lo que se tomó en cuenta los vehículos que ingresaban y salían por este desvío también.

El conteo vehicular inició el 25 de noviembre hasta el 01 de diciembre de 2019, los cuales se alude no fueron afectados por eventos importantes. El tiempo de aforo cada día fue desde las 7h00 hasta 19h00, presentándose en este periodo una mayor movilización de vehículos en el día.

*Tabla 15. Coordenadas de la estación de conteo*

<b>Coordenadas de la estación de conteo</b>	
Norte	9854262.49 m.
Este	756297.13 m.

**Autor:** Julio Yanchapaxi



**Fig. 10** Estación de conteo vehicular

**Autor:** Julio Yanchapaxi

### 3.1.3.1. Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual por el método de la trigésima hora

Con el registro del tránsito generado durante la semana en la vía Ambato – Tisaleo sector Juan Benigno Vela tramo 9+600km hasta 12+800km, como se especifica en el Anexo C, la mayor cantidad de vehículos registrados fue el sábado 30 de noviembre de 2019 con 1063 vehículos, como se señala a continuación:

**Tabla 16. Tránsito diario registrado**

Día	# de vehículos
Lunes	1013
Martes	947
Miércoles	1019
Jueves	878
Viernes	891
Sábado	1063
Domingo	691

**Autor:** Julio Yanchapaxi

En el Anexo C se puede verificar el día de mayor tráfico. El tránsito de la hora pico encontrada en este día es de 128 vehículos entre las 15h15 y 16h15. Como se detalla a continuación:

**Tabla 17. Hora pico registrada el día de mayor tránsito**

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-5	TOTAL PESADO		
15h15	15h30	24		3	2			5	29	108
15h30	15h45	29	1		3			3	33	120
15h45	16h00	21		1	2		1	4	25	115
16h00	16h15	31		4	6			10	41	128
Total		105	1	8	13	0	1	22	128	

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Cálculo del Tránsito Existente (TPDA<sub>actual</sub>)**

Según lo ya enunciado sobre la **Ecuación 2** en el capítulo 1  $k=0.15$  por lo tanto:

$$TE = \frac{VHP}{k} \quad \text{Ecuación 2}$$

- **TE para vehículos livianos**

$$TE = \frac{105}{0.15} \quad (\text{Tabla 17})$$

$$TE = 700 \text{ veh/día}$$

- **TE para buses**

$$TE = \frac{1}{0.15} \quad (\text{Tabla 17})$$

$$TE = 7 \text{ veh/día}$$

- **TE para vehículos pesados**

$$TE = \frac{22}{0.15} \quad (\text{Tabla 17})$$

$$TE = 147 \text{ veh/día}$$

Resumiendo, los resultados en la siguiente tabla del Tráfico Existente:

**Tabla 18.** TE vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km

Tipo de vehículo	VHP (veh/día)	TE (veh/día)
Livianos	105	700
Buses	1	7
Camiones	22	147
<b>Total</b>		<b>854</b>

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Cálculo del Tránsito Atraído**

$$Tat = 10\% * TE \quad \text{Ecuación 1.1}$$

- **Tat para vehículos livianos**

$$Tat = 0.1 * 700 \quad (\text{Tabla 18})$$

$$Tat = 70 \text{ veh/día}$$

- **Tat para buses**

$$Tat = 0.1 * 7 \quad (\text{Tabla 18})$$

$$TE = 1 \text{ veh/día}$$

- **Tat para vehículos pesados**

$$Tat = 0.1 * 147 \quad (\text{Tabla 18})$$

$$TE = 15 \text{ veh/día}$$

Resumiendo, los resultados en la siguiente tabla del Tráfico Atraído:

**Tabla 19.** Tat vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km

Tipo de vehículo	TE (veh/día)	Tat (veh/día)
Livianos	700	70
Buses	7	1
Camiones	147	15
<b>Total</b>	<b>854</b>	<b>86</b>

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Cálculo del Tránsito Promedio Diario Actual**

$$TPDA = TE + Tat \quad \text{Ecuación 1}$$

- **TPDA para vehículos livianos**

$$TPDA = 700 \text{ veh/día} + 70 \text{ veh/día} \quad (\text{Tabla 19})$$

$$TPDA = 770 \text{ veh/día}$$

- **TPDA para buses**

$$TPDA = 7 \text{ veh/día} + 1 \text{ veh/día} \quad (\text{Tabla 19})$$

$$TPDA = 8 \text{ veh/día}$$

- **TPDA para vehículos pesados**

$$TPDA = 147 \text{ veh/día} + 15 \text{ veh/día} \quad (\text{Tabla 19})$$

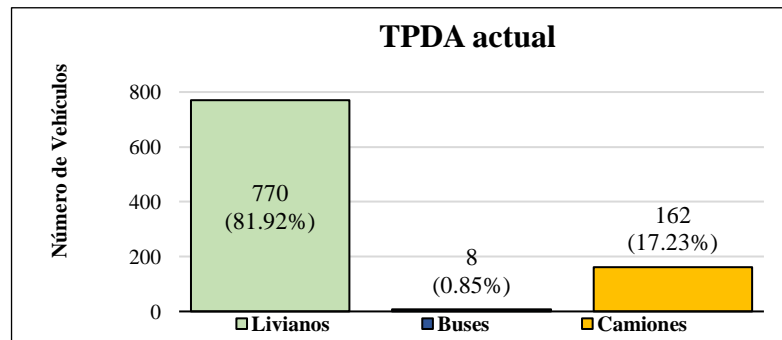
$$TPDA = 162 \text{ veh/día}$$

Resumiendo, los resultados en la siguiente tabla del Tráfico Promedio Diario Anual:

**Tabla 20.** TPDA vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km

Tipo de vehículo	TE (veh/día)	Tat (veh/día)	TPDA (veh/día)	Porcentaje (%)
Livianos	700	70	770	81.92
Buses	7	1	8	0.85
Camiones	147	15	162	17.23
		<b>Total</b>	940	100.00

**Autor:** Julio Yanchapaxi



**Fig. 11** Interpretación del TPDA según el tipo de vehículo

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Como se llega apreciar en la figura 11 existe un mayor porcentaje de vehículos livianos y por el contrario menor cantidad de buses que transita en la vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km, esto se debe a que en la localidad el transporte cotidiano es el automóvil como vehículo particular o las camionetas por lo que es un sector agrícola, por tal razón la cantidad de camiones es el que la sigue con



un 17.23% y por otros factores como son el transporte de combustibles, dejando por debajo del 1% la utilización de los buses diariamente.

- **Cálculo del Tránsito Futuro o Proyectado**

Para el cálculo del tránsito futuro se basa en la proyección del tránsito para un período de 20 años, iniciando en el año 2019 hasta el año 2039 y utilizando la **Ecuación 3**.

$$T_f = T_a * (1 + i)^n$$

**Tabla 21.** Índices de crecimiento vehicular

Período	Tipos de Vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	2.44	1.17	2.9
2020 - 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

**Fuente:** MTOP-Estudio de tráfico (Resumen ejecutivo de proyectos), 2015

**Autor:** Julio Yanchapaxi

La siguiente tabla muestra los resultados de la proyección del tránsito en la vía de estudio, para el año 2039 se valora que tendrá 1612veh/día en ambos sentidos.

**Tabla 22.** Tf vía Ambato – Tisaleo sector JBV tramo 9+600km hasta 12+800km

Año	Tasa de crecimiento (%)			Tránsito Futuro (veh/día)			TPDA <sub>r</sub> (veh/día)
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2019	2.44	1.17	2.9	770	8	162	940
2020	2.44	1.17	2.9	789	9	167	965
2021	3.1	1.05	2.61	819	9	171	999
2022	3.1	1.05	2.61	844	9	176	1029
2023	3.1	1.05	2.61	871	9	179	1059
2024	3.1	1.05	2.61	897	9	184	1090
2025	3.1	1.05	2.61	925	9	189	1123
2026	2.82	0.95	2.38	936	9	190	1135
2027	2.82	0.95	2.38	962	9	196	1167
2028	2.82	0.95	2.38	989	9	201	1199
2029	2.82	0.95	2.38	1017	9	204	1230
2030	2.82	0.95	2.38	1046	9	209	1264
2031	2.82	0.95	2.38	1076	9	215	1300
2032	2.82	0.95	2.38	1106	10	220	1336
2033	2.82	0.95	2.38	1137	10	225	1372
2034	2.82	0.95	2.38	1169	10	230	1409
2035	2.82	0.95	2.38	1202	10	236	1448
2036	2.82	0.95	2.38	1236	10	241	1487
2037	2.82	0.95	2.38	1271	10	248	1529
2038	2.82	0.95	2.38	1307	10	253	1570
2039	2.82	0.95	2.38	1343	10	259	1612

**Autor:** Julio Yanchapaxi

### 3.1.3.2. Clase de carretera en función del tránsito futuro

La clasificación de las carreteras está dictada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, aunque existen diferentes clasificaciones, una de las más relevantes es por el volumen de tráfico que estas fueron diseñadas, como se demuestra a continuación:

**Tabla 23. Relación Función, Clase y Tráfico**

Función	Clase de carretera (Según MOP)	TPDA <sub>r</sub> (Año final de diseño)	Ancho de la Calzada	
			Recomendable	Absoluto
Corredor Arterial	RI – RII (2)	> 8000	7.30	7.30
	I	3000 – 8000	7.30	7.30
Colectora	II	1000 – 3000	7.30	6.50
Vecinal	III	300 – 1000	6.70	6.00
	IV	100 – 300	6.00	6.00
	V	300	4.00	4.00

**Fuente:** MOP – Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

Por los resultados obtenidos del tráfico futuro en la tabla 22 se comprende que la vía Ambato – Tisaleo, sector Juan Benigno Vela del tramo de la abscisa km 9+600 hasta km 12+800 se denomina una Vía Colectora - Clase II, con un ancho de calzada recomendado de 7.30m sin embargo es aceptable un ancho de hasta 6.5m.

### 3.1.4. Determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) evaluación de la superficie del pavimento.

Con el fin de determinar el nivel del estado de la vía de estudio se determina su índice de condición del pavimento que está fuertemente relacionado con las diferentes fallas superficiales que esta presenta.

- **Cálculo de las unidades de muestreo**
  - **Longitud de la unidad de muestreo (L)**

#### Datos

Área de muestro (A):  $230 \pm 93 \text{ m}^2$  (137 – 323 m<sup>2</sup>)

Ancho de vía (An): 6.84 m

$$L = \frac{A}{An} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$L = \frac{230 \pm 93 \text{ m}^2}{6.84 \text{ m}}$$

$$L = 33.63 \pm 13.59 \text{ m}$$

$$L = 20\text{m hasta } 47.23\text{m}$$

$$\mathbf{L = 32 m}$$

- **Número total de unidades de muestreo (N)**

**Datos**

Longitud total del tramo vial (**Lt**): 3200 m

Longitud de la unidad de muestreo (**L**): 32 m

$$N = \frac{Lt}{L} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$N = \frac{3200 \text{ m}}{32 \text{ m}}$$

$$N = 100 \text{ unidades}$$

- **Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar (n)**

Con los anteriores datos calculados, se procede utilizar la **Ecuación 6**, para calcular este ítem:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$
$$n = \frac{100 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (100 - 1) + 10^2}$$
$$n = 13.91 \approx 14 \text{ unidades}$$

- **Intervalo de muestreo (i)**

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$i = \frac{100u.}{14 u.}$$

$$i = 7.14 \approx 7$$

Así se resuelve las unidades de muestreo en 100, de las cuales solo se evalúa 14 unidades de muestreo como mínimo con un intervalo de 7 unidades, adjunto la siguiente tabla de abscisas y áreas a ser evaluadas.

**Tabla 24. Secciones y áreas para determinar su PCI.**

Unidad	Abscisa (m)		Ancho de Vía (m)		Área (m <sup>2</sup> )
	Inicial	Final	Inicial	Final	
U1	9+792	9+824	9.40	9.30	299.20
U2	10+016	10+048	6.70	6.80	216.00
U3	10+240	10+272	6.10	6.20	196.80
U4	10+464	10+496	6.10	6.50	201.60
U5	10+688	10+720	6.20	6.20	198.40
U6	10+912	10+944	6.80	6.80	217.60
U7	11+136	11+168	7.30	6.60	222.40
U8	11+360	11+392	6.10	5.70	188.80
U9	11+584	11+616	5.80	7.20	208.00
U10	11+808	11+840	5.60	6.40	192.00
U11	12+032	12+064	6.90	6.80	219.20
U12	12+256	12+288	7.20	7.20	230.40
U13	12+480	12+512	7.00	6.70	219.20
U14	12+704	12+736	7.10	6.40	216.00

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Con la ubicación de las unidades a ser evaluadas, se utiliza el formato de registro de información para la estimación del PCI que se encuentra en la figura 8.

Con la información tomada en campo (código, severidad y cantidad), se procedió al cálculo del “valor deducido” con respecto a la severidad de cada falla presente en la unidad de muestreo mediante curvas denominadas “valor deducido del daño para pavimentos flexibles”, en el Anexo D se detalla los datos encontrados en campo y el cálculo del PCI por unidad. En la tabla 25 se resume los valores de PCI deducidos por cada unidad de muestreo, calidad del estado de la vía y el promedio de estos.

**Tabla 25. Resumen PCI de la vía de estudio**

Unidad	Área (m <sup>2</sup> )	PCI (%)	Calidad de la vía
U1	299.20	67	Bueno
U2	216.00	83	Muy Bueno
U3	196.80	82	Muy Bueno
U4	201.60	70	Bueno
U5	198.40	96	Excelente
U6	217.60	95	Excelente
U7	222.40	93	Excelente
U8	188.80	78	Muy Bueno
U9	208.00	82	Muy Bueno
U10	192.00	88	Excelente
U11	219.20	79	Muy Bueno
U12	230.40	96	Excelente
U13	219.20	94	Excelente
U14	216.00	69	Bueno
Promedio de sección		83.71	Muy Bueno

**Autor:** Julio Yanchapaxi

La vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua tiene un PCI general de 83.71 con una calidad de **muy buen** estado con respecto a la figura 3 (CAP. 1).

### 3.1.5. Determinación de deflexiones en la capa de rodadura.

El ancho de la calzada promedio es 6.84m, por lo cual las lecturas se realizaron a una distancia de 0.90m del borde de la vía.

En la tabla 26 a continuación, presenta la estación, abscisa, lectura del deflectómetro obtenidas en campo, temperatura y espesor del pavimento.

**Tabla 26.** Registro de deflexiones obtenidas en campo de la vía Ambato – Tisaleo, abscisa 9+600 - 12+800

Nº	Abscisa	Lectura del deflectómetro en campo (x 1e-2 mm)						Temperatura (°C)	Espesor cm
		d0	d25	d50	d100	d500	d800		
1	9+600	0	20	29	42	47	47	47	5
2	9+800	0	28	36	40	47	47	46	5
3	10+000	0	20	27	36	38	38	46	5
4	10+200	0	13	20	26	28	28	45	5
5	10+300	0	6	13	15	17	17	45	5
6	10+500	0	22	48	59	66	66	39	5
7	10+800	0	21	39	48	53	53	44	5
8	11+000	0	20	29	38	39	39	47	5
9	11+200	0	21	30	34	37	37	47	5
10	11+400	0	16	24	31	34	34	46	5
11	11+600	0	22	33	36	40	40	46	5
12	11+800	0	28	38	42	48	48	47	5
13	12+000	0	34	43	49	55	55	47	5
14	12+200	0	21	31	38	42	42	46	5
15	12+400	0	8.5	20	27	30	30	43	5
16	12+600	0	19	28	33	36	36	43	5
17	12+800	0	30	37	40	42	42	38	5

**Autor:** Julio Yanchapaxi

#### 3.1.5.1. Cálculo de deflexiones

Se hace necesario la aplicación de varias correcciones para dar por real las deflexiones.

#### Corrección por el brazo de la viga Benkelman con relación 1:2.

La *ecuación 8* se hace necesaria utilizar para esta corrección:

$$D = RB * (D_f - D_o) \qquad \text{Ecuación 8}$$

Tomando los datos de la primera estación (tabla 26) y el valor de RB=2, por la relación tenemos por cálculo típico:

$$D = 2 * (47 - 0)$$

$$D = 94 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

De esta manera se aplicó a cada lectura realizada en cada estación, como se puede apreciar en la tabla 27 a continuación:

**Tabla 27.** Deflexiones con la corrección por relación 1:2 de la viga Benkelman

Nº	Abscisa	Deflexión (x 1e-2 mm)						Temperatura (°C)	Espesor cm
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	9+600	94	54	36	10	0	0	47	5
2	9+800	94	38	22	14	0	0	46	5
3	10+000	76	36	22	4	0	0	46	5
4	10+200	56	30	16	4	0	0	45	5
5	10+300	34	22	8	4	0	0	45	5
6	10+500	132	88	36	14	0	0	39	5
7	10+800	106	64	28	10	0	0	44	5
8	11+000	78	38	20	2	0	0	47	5
9	11+200	74	32	14	6	0	0	47	5
10	11+400	68	36	20	6	0	0	46	5
11	11+600	80	36	14	8	0	0	46	5
12	11+800	96	40	20	12	0	0	47	5
13	12+000	110	42	24	12	0	0	47	5
14	12+200	84	42	22	8	0	0	46	5
15	12+400	60	43	20	6	0	0	43	5
16	12+600	72	34	16	6	0	0	43	5
17	12+800	84	24	10	4	0	0	38	5

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Corrección de las deflexiones por efecto de las temperaturas.**

Las lecturas se realizan en distintas temperaturas, así se realiza una corrección con la **ecuación 9** colocando a todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, como se indica a continuación:

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{D_o}{0.001 * (t - 20^{\circ}C) * (h) + 1} \quad \text{Ecuación 9}$$

Tomando los datos de la primera estación (tabla 27), tenemos por cálculo típico:

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{94}{0.001 * (47 - 20) * (5) + 1}$$

$$D_{(20^{\circ}C)} = 82.8 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Este mismo cálculo se realiza para todas las deflexiones registradas en campo, ver la tabla 28.

**Tabla 28.** Deflexiones con la corrección por cambio de temperatura

N°	Abscisa	Deflexión (x 1e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	9+600	82.8	47.6	31.7	8.8	0.0	0.0
2	9+800	83.2	33.6	19.5	12.4	0.0	0.0
3	10+000	67.3	31.9	19.5	3.5	0.0	0.0
4	10+200	49.8	26.7	14.2	3.6	0.0	0.0
5	10+300	30.2	19.6	7.1	3.6	0.0	0.0
6	10+500	120.5	80.4	32.9	12.8	0.0	0.0
7	10+800	94.6	57.1	25.0	8.9	0.0	0.0
8	11+000	68.7	33.5	17.6	1.8	0.0	0.0
9	11+200	65.2	28.2	12.3	5.3	0.0	0.0
10	11+400	60.2	31.9	17.7	5.3	0.0	0.0
11	11+600	70.8	31.9	12.4	7.1	0.0	0.0
12	11+800	84.6	35.2	17.6	10.6	0.0	0.0
13	12+000	96.9	37.0	21.1	10.6	0.0	0.0
14	12+200	74.3	37.2	19.5	7.1	0.0	0.0
15	12+400	53.8	38.6	17.9	5.4	0.0	0.0
16	12+600	64.6	30.5	14.3	5.4	0.0	0.0
17	12+800	77.1	22.0	9.2	3.7	0.0	0.0

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Corrección por estacionalidad**

Según CONREVIAl presenta el uso de factores de corrección (tabla 2). Por los ensayos realizados se determinó que el tipo de suelo en la subrasante de la vía de estudio es arcilla arenosa, cual se apega más a un suelo arcilloso y por la región se comprende por un lugar seco cuando se midió, por tal razón se utiliza un factor de corrección de 1.2, mirar la tabla 29.

$$D = 1.2 * D_{(20^{\circ}C)} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

**D<sub>(20°C)</sub>:** Deflexión para una temperatura estándar de 20°C.

**D:** Deflexión recalculada por el factor de estacionalidad

Tomando los datos de la primera estación (tabla 28) y el valor de 1.2 está dado por la tabla 2, por tal razón tenemos por cálculo típico:

$$D = 1.2 * (82.8)$$

$$D = 99.40 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**Tabla 29. Deflexiones con la corrección por la estacionalidad**

N°	Abscisa	Deflexión (x 1e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	9+600	99.4	57.1	38.1	10.6	0.0	0.0
2	9+800	99.8	40.4	23.4	14.9	0.0	0.0
3	10+000	80.7	38.2	23.4	4.2	0.0	0.0
4	10+200	59.7	32.0	17.1	4.3	0.0	0.0
5	10+300	36.3	23.5	8.5	4.3	0.0	0.0
6	10+500	144.7	96.4	39.5	15.3	0.0	0.0
7	10+800	113.6	68.6	30.0	10.7	0.0	0.0
8	11+000	82.5	40.2	21.1	2.1	0.0	0.0
9	11+200	78.2	33.8	14.8	6.3	0.0	0.0
10	11+400	72.2	38.2	21.2	6.4	0.0	0.0
11	11+600	85.0	38.2	14.9	8.5	0.0	0.0
12	11+800	101.5	42.3	21.1	12.7	0.0	0.0
13	12+000	116.3	44.4	25.4	12.7	0.0	0.0
14	12+200	89.2	44.6	23.4	8.5	0.0	0.0
15	12+400	64.6	46.3	21.5	6.5	0.0	0.0
16	12+600	77.5	36.6	17.2	6.5	0.0	0.0
17	12+800	92.5	26.4	11.0	4.4	0.0	0.0

**Autor:** Julio Yanchapaxi

• **Radio de curvatura**

El comportamiento del pavimento tiene relación directa al tipo de deflexiones que posee la vía de estudio, por eso se recurre al cálculo del radio de curvatura con la *ecuación 10* presente a continuación:

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}}$$

Tomando los datos de la primera estación (tabla 28) tenemos por cálculo típico:

$$Rc = \frac{3125}{99.4 - 57.1}$$

$$Rc = 73.89 \text{ m}$$

Por lo tanto, los radios de curvatura por cada estación se presentan en la siguiente tabla:



**Tabla 30. Radios de Curvatura por estación**

N°	Abscisa	D (x1e-2mm)		Rc m
		D0	D25	
1	9+600	99.4	57.1	73.89
2	9+800	99.8	40.4	52.55
3	10+000	80.7	38.2	73.57
4	10+200	59.7	32.0	112.68
5	10+300	36.3	23.5	244.14
6	10+500	144.7	96.4	64.81
7	10+800	113.6	68.6	69.44
8	11+000	82.5	40.2	73.89
9	11+200	78.2	33.8	70.37
10	11+400	72.2	38.2	91.96
11	11+600	85.0	38.2	66.88
12	11+800	101.5	42.3	52.78
13	12+000	116.3	44.4	43.47
14	12+200	89.2	44.6	70.06
15	12+400	64.6	46.3	170.8
16	12+600	77.5	36.6	76.41
17	12+800	92.5	26.4	47.31
Promedio:		87.86	43.95	85.59

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Deflexión característica**

Se calcula la desviación estándar del grupo de deflexiones recuperables máximas:

**Tabla 31. Análisis estadístico de las deflexiones recuperables máximas**

N°	ABSCISA	D0 (Di)	(D0 - $\bar{D}$ )	(D0 - $\bar{D}$ ) <sup>2</sup>
1	9+600	99.4	11.5	132.87
2	9+800	99.8	12.0	143.20
3	10+000	80.7	-7.1	51.10
4	10+200	59.7	-28.1	790.90
5	10+300	36.3	-51.6	2661.49
6	10+500	144.7	56.8	3226.38
7	10+800	113.6	25.7	661.27
8	11+000	82.5	-5.4	29.04
9	11+200	78.2	-9.6	92.51
10	11+400	72.2	-15.6	244.73
11	11+600	85.0	-2.9	8.41
12	11+800	101.5	13.6	186.09
13	12+000	116.3	28.4	809.02
14	12+200	89.2	1.3	1.82
15	12+400	64.6	-23.3	542.07
16	12+600	77.5	-10.4	107.49
17	12+800	92.5	4.6	21.35
Promedio ( $\bar{D}$ ):		<b>87.86</b>	$\Sigma$	<b>9709.74</b>

**Autor:** Julio Yanchapaxi

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

Donde:

**Ecuación 17**

- σ:** Desviación estándar
- D<sub>i</sub>:** Deflexión recuperable máxima corregida en la estación i (0.01mm)
- $\bar{D}$ :** Deflexión media (0.01 mm)
- n** Número de datos

Con los datos encontrados en la tabla 31, procedemos a calcular la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{9709.74}{(17 - 1)}}$$

$$\sigma = 24.63$$

Para determinar este valor ocupamos la **ecuación 11**, en la cual los diferentes valores de “t” se detalla en la **tabla 3**, de esta manera y con la  $\sigma$  igual a 24.63 se obtiene los siguientes valores:

**Tabla 32.** Valores de deflexión característica  $\sigma=24.63$

Valor de Diseño %	Deflexión Característica	Extensión del Pavimento $\bar{D} > D_c$ (%)
50	87.856	50
75	104.460	25
85	112.491	15
90	119.881	10
95	128.380	5
98	137.125	2
99	145.255	1
99.99	161.760	0.01

**Autor:** Julio Yanchapaxi

De acuerdo con el método CONREVIAl recomienda usar el 95% de valor de diseño, superada sólo por el 5% de los valores encontrados en campo.

$$D_c = 128.380 \times 10^{-2} \text{mm}$$

Para el cálculo de las deflexiones tolerables se debe determinar los ejes equivalentes que transitan por la vía.

### Cálculo de ejes equivalentes

Es la conversión de los ejes de diferentes tipos de vehículos pesados que circulan por la vía de estudio a ejes equivalentes de 8.2Tn, presentando la siguiente ecuación:

$$W_{18} = \left( \sum_{i=1}^n FD * TPDA \right) * 365 * Fd * DI \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

**W18:** Número de ejes equivalentes (hasta el periodo de diseño de 20 años)

**TPDA:** Tránsito promedio diario anual de diseño (hasta el periodo de 20 años)

**FD:** Factor de daño

**Fd:** Factor de distribución direccional

**DI:** Porcentaje de W<sub>18</sub> en el carril DI

A continuación, se especifica los factores de daño con relación el tipo de vehículo:

**Tabla 33.** Factores de Daño con relación el tipo de vehículo

Tipo Veh	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		FD
	Tons	(P/6.6) <sup>4</sup>	Tons	(P/8.2) <sup>4</sup>	Tons	(P/15) <sup>4</sup>	Tons	(P/23) <sup>4</sup>	
Bus	4	0.135	8	0.906	-	-	-	-	1.041
C-2P	2.5	0.021	-	-	-	-	-	-	1.286
	7	1.265	-	-	-	-	-	-	
C-2G	6	0.683	11	3.238	-	-	-	-	3.921
C-3	6	0.683	-	-	18	2.074	-	-	2.757
C-5	6	0.683	-	-	18	2.074	-	-	7.585
			-	-	18	2.074	-	-	

**Fuente:** F. Moreira, Guía de Pavimentos, 2015

Se especifica a continuación los factores de distribución direccional según el número de carriles:

**Tabla 34.** Factores de distribución direccional

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

**Fuente:** Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Seguido se especifica los porcentajes de W<sub>18</sub> en el carril DI según el número de carriles en una dirección:

**Tabla 35.** Porcentajes de W18 el carril DI

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

**Fuente:** Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Para la tabla siguiente se reporta los ejes equivalentes acumulados en ambos sentidos y por carril:

$$W18 = [(8 * 1.04) + (58 * 1.29) + (96 * 3.92) + (8 * 4.83)] * 365 * 0.50 * 1$$

$$W18 = 90\ 885 \text{ ejes equivalentes}$$

**Tabla 36.** Ejes Equivalentes

Año	Tf (veh/día)						TPDA <sub>r</sub>	W18 Acumulado	W18 carril
	Livianos	Buses	Pesados						
			C-2P	C-2G	C-3	C-5			
2019	770	8	58	96	0	8	940.0	181770	90885
2020	789	9	60	98	0	9	965.0	369484	184742
2021	819	9	61	101	0	9	999.0	561962	280981
2022	844	9	63	104	0	9	1029.0	759672	379836
2023	871	9	64	106	0	9	1059.0	960714	480357
2024	897	9	66	109	0	9	1090.0	1166990	583495
2025	925	9	68	112	0	9	1123.0	1378498	689249
2026	936	9	68	113	0	9	1135.0	1591436	795718
2027	962	9	70	116	0	10	1167.0	1811370	905685
2028	989	9	72	119	0	10	1199.0	2036538	1018269
2029	1017	9	73	121	0	10	1230.0	2265036	1132518
2030	1046	9	75	124	0	10	1264.0	2498768	1249384
2031	1076	9	77	127	0	11	1300.0	2739496	1369748
2032	1106	10	79	130	0	11	1336.0	2985836	1492918
2033	1137	10	81	133	0	11	1372.0	3237408	1618704
2034	1169	10	83	136	0	11	1409.0	3494212	1747106
2035	1202	10	85	139	0	12	1448.0	3758012	1879006
2036	1236	10	87	142	0	12	1487.0	4027044	2013522
2037	1271	10	89	147	0	12	1529.0	4304172	2152086
2038	1307	10	91	149	0	13	1570.0	4586864	2293432
2039	1343	10	93	153	0	13	1612.0	4876220	2438110

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Deflexión admisible**

Se procede a calcular la deflexión admisible en función del número de ejes estándar equivalentes acumulados que se encuentra en la tabla 36 y la utilización de la **ecuación 12**:

**Datos**

$W_{18} = 90\ 885 \rightarrow 0.09$  (en millones)

$$D_{adm} = \left( \frac{1.15}{W_{18}} \right)^{0.25} * 100$$

$$D_{adm} = \left( \frac{1.15}{0.09} \right)^{0.25} * 100$$

$$D_{adm} = 188.60x10^{-2}mm$$

- **Deflexión Crítica**

Se procede a calcular la deflexión crítica en función del número de ejes estándar equivalentes acumulados que se encuentra en la tabla 36 y la utilización de la **ecuación 13**:

**Datos**

$W_{18} = 90\ 885 \rightarrow 0.09$  (en millones)

$$D_{cr} = \left( \frac{1.9}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{cr} = \left( \frac{1.9}{0.09} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{cr} = 177.46x10^{-2}mm$$

**Nota:** Dado que  $D_{adm} > D_{cr}$ ,  $D_{cr}$  es igual a  $D_{adm}$ .

$$D_{cr} = 188.60x10^{-2}mm$$

El criterio que toma CONREVIAl plantea, que el comportamiento del pavimento – subrasante tiene una relación cualitativa con las deflexiones encontradas y el radio de curvatura. Por lo tanto, se resume los resultados de las deflexiones encontradas en cada estación del tramo vial estudiado, la deflexión característica del tramo, deflexiones tolerables y el criterio tomado para optar el tipo de deflexión que se tiene en cada estación.

Tabla 37. Deflexiones calculadas de la vía de estudio 2019

Año de evaluación							
Nº	ABSCISA	D0	Dadm	Rc	Comportamiento		Tipo de deflexión
		1e-2mm		m	Subrasante	Pavimento	
1	9+600	99.4	188.60	73.89	Bueno	Malo	III
2	9+800	99.8	188.60	52.55	Bueno	Malo	III
3	10+000	80.7	188.60	73.57	Bueno	Malo	III
4	10+200	59.7	188.60	112.68	Bueno	Bueno	I
5	10+300	36.3	188.60	244.14	Bueno	Bueno	I
6	10+500	144.7	188.60	64.81	Bueno	Malo	III
7	10+800	113.6	188.60	69.44	Bueno	Malo	III
8	11+000	82.5	188.60	73.89	Bueno	Malo	III
9	11+200	78.2	188.60	70.37	Bueno	Malo	III
10	11+400	72.2	188.60	91.96	Bueno	Malo	III
11	11+600	85	188.60	66.88	Bueno	Malo	III
12	11+800	101.5	188.60	52.78	Bueno	Malo	III
13	12+000	116.3	188.60	43.47	Bueno	Malo	III
14	12+200	89.2	188.60	70.06	Bueno	Malo	III
15	12+400	64.6	188.60	170.8	Bueno	Bueno	I
16	12+600	77.5	188.60	76.41	Bueno	Malo	III
17	12+800	92.5	188.60	47.31	Bueno	Malo	III
<b>Promedio</b>		<b>87.86</b>	<b>188.60</b>	<b>85.59</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>	<b>III</b>
Resultados							
Deflexión Promedio (Dm)				87.86e-2 mm			
Desviación estándar ( $\sigma$ )				24.63			
Deflexión Característica (Dc)				128.38e-2 mm			
Deflexión Admisible (Dadm)				188.60e-2 mm			
Deflexión Crítica (Dcr)				188.60e-2mm			
Evaluación Estructural							
Comportamiento subrasante				Tipo			
D < Dadm 128.38e-2mm < 188.60e-2mm				III, curva corta poco profunda			
Comportamiento pavimento							
Rc < 100m 85.59m < 100m							
Deflectograma (2019)							
<p>— Deflexiones — Deflexión característica — deflexión admisible — Deflexión Crítica</p>							

Autor: Julio Yanchapaxi

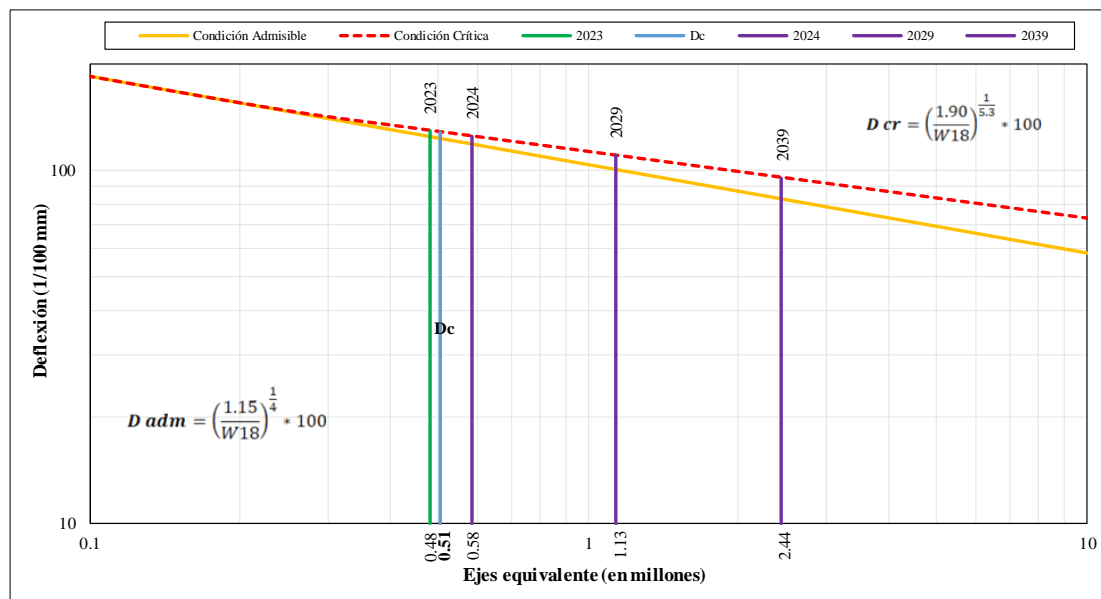
La deflexión tipo III tiene un mal comportamiento por parte de la estructura del pavimento y buena por parte de la subrasante. En la figura de la tabla 37 se aprecia los puntos que se acercan más a línea de la deflexión tolerable, esto se puede interpretar como, la existencia de un problema en la subrasante en estos puntos.

También se debe entender que las deflexiones tolerables usadas para la comparación son las actuales (2019), a continuación, se presenta las deflexiones tolerables para los años 2023, 2024, 2029 y 2039, comparando con la deflexión característica cual representa hasta el año o número de ejes equivalentes que brindará servicio con relativa comodidad al usuario.

**Tabla 38. Deflexiones admisibles y críticas en años venideros.**

Año	2019	2023	2024	2029	2039
W18	90 885	480 357	583 495	1 132 518	2 438 110
Dc (1e-2mm)	128.38	128.38	128.38	128.38	128.38
Dadm (1e-2mm)	188.60	124.39	118.49	100.38	82.87
Dcr (1e-2mm)	188.60	129.62	124.95	110.25	95.40

**Autor:** Julio Yanchapaxi



**Fig. 12 Deflexiones tolerables vs. Ejes equivalentes a 8.2 Tn**

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Se aprecia en la figura 12 que el valor de Dc se encuentra entre el año 2023 y 2024, entiendo que el diseño del pavimento actual solo provee dar serviciabilidad y comodidad a los usuarios de la vía hasta el 2023. A partir de aquí en los años venideros se estima un desgaste del pavimento de manera inminente, llegando a presentar

primero fallas por fatiga, como piel de cocodrilo y ahuellamiento en la carpeta asfáltica, indicando así falta de estructura (espesores) en el pavimento.

### 3.1.6. Estudios de suelos

En el presente proyecto se realizaron calicatas (pozos a cielo abierto) de 1mx0.8m, con profundidad próxima de 0.85m-1.2m, cada 800m aproximadamente en extensión de este tramo vial. Se sustrajo 50kg de material, para la realización de los ensayos de granulometría, límites de consistencia, compactación proctor modificado y CBR.

En la siguiente tabla se presenta la ubicación georreferenciada de las calicatas realizadas:

**Tabla 39.** Coordenadas de calicatas en la vía Ambato – Tisaleo, tramo 3

Nº calicata	Abscisa	Coordenadas		
		Zona	Este	Norte
PCA 1	9+950	17M	756518	9855815
PCA 2	10+900	17M	756490	9854900
PCA 3	11+560	17M	756231	9854465
PCA 4	12+580	17M	756967	9853911

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Clasificación de los suelos**

En el Anexo E se presenta a detalle el análisis granulométrico de las diferentes muestras.

Para la clasificación de este tipo de suelo es necesario tener el conocimiento de otros datos como son sus límites de Atterberg (Consistencia).

En el Anexo E se observa los resultados y determinación del límite líquido, plástico e índice de plasticidad para cada muestra.

En la siguiente tabla se presenta la identificación del tipo de suelo según la tabla 7 y 8 y un resumen de los límites de Atterberg encontrados.

**Tabla 40.** Identificación del suelo

Calicata	Grava	Arena	Finos	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	AASHTO	SUCS
PCA 1	0.6%	72.7%	26.7%	26.40%	19.21%	7.19%	A-2-6	Arenas arcillosas (SC)
PCA 2	0.4%	69.2%	30.4%	26.63%	16.92%	9.71%	A-2-6	Arenas arcillosas (SC)
PCA 3	1.2%	64.0%	34.8%	25.68%	17.49%	8.20%	A-2-6	Arenas arcillosas (SC)
PCA 4	1.4%	68.9%	29.6%	24.56%	16.65%	7.91%	A-2-6	Arenas arcillosas (SC)

**Autor:** Julio Yanchapaxi



- **Compactación de los suelos – Proctor modificado**

Ensayo de laboratorio que determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad de un suelo, para posteriormente utilizar esta información en el ensayo del CBR. En el Anexo E se observa a detalle la determinación del contenido óptimo de humedad por el ensayo proctor modificado.

La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados por el ensayo proctor modificado de cada calicata.

**Tabla 41. Resultados de ensayo de compactación**

Calicata	AASHTO	Tipo de Material	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Óptima (%)
PCA 1	A-2-6	Arenas arcillosas	1.595	15.23
PCA 2	A-2-6	Arenas arcillosas	1.572	17.79
PCA 3	A-2-6	Arenas arcillosas	1.497	16.88
PCA 4	A-2-6	Arenas arcillosas	1.486	15.33

**Autor:** Julio Yanchapaxi

- **Relación de Soporte de California (CBR)**

Ensayo cual mide la resistencia al corte de un suelo con un contenido de humedad óptimo a partir de una prueba de compactación y densidad seca controlada. En el Anexo E se observa a detalle la determinación del CBR de cada muestra.

La siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados por el ensayo CBR.

**Tabla 42. Relación de Soporte de California**

Calicata	Abscisa	%CBR	Clasificación	Usos
PCA 1	9+950	12.70	Regular – buena	Subrasante
PCA 2	10+900	10.21	Regular – buena	Subrasante
PCA 3	11+560	10.54	Regular – buena	Subrasante
PCA 4	12+580	6.70	Mala	Subrasante

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Obteniendo un CBR promedio de 10.03% indicando que tiene un comportamiento de regular a bueno como subrasante.

### 3.1.7. Plan de conservación vial

Para plantear el tipo de conservación se debe analizar los resultados encontrados por el índice de condición del pavimento (PCI), los resultados de las deflexiones proporcionadas por la viga Benkelman y apoyarse en los resultados de los ensayos de suelos, interpretando los resultados para dar una eficiente solución.

Según los valores encontrados por el PCI en la tabla 25 y la comparación con el tipo de intervención que sugiere en la fig. 3, tenemos que en la vía Ambato – Tisaleo, sector Juan Benigno Vela desde las abscisas 9+600 hasta la abscisa 12+800 se recomienda aplicar un mantenimiento rutinario para su preservación, salvo en algunos puntos los cuales (U4 y U14) los cuales sugiere aplicar un mantenimiento periódico.

Con respecto a las deflexiones calculadas señalan que son de tipo III, por lo que se asimila que la subrasante tiene un buen comportamiento, comprobándolo con el estudio de suelos con los resultados de CBR tenemos una calidad de regular a buena (tabla 42) y que la estructura del pavimento es mala, señalando que existe la posibilidad de espesores deficientes en la estructura del pavimento por un mal diseño, por malos procesos constructivos o deficiencia de los materiales y por tal motivo se producen las fallas por fatiga como apareamiento de piel de cocodrilo o ahuellamiento en la carpeta asfáltica.

Sin embargo, en la figura 12 presenta información que la vía puede otorgar relativa serviciabilidad hasta el 2023 o sea sé, para que la vía presente deflexiones tipo IV.

Por lo anterior mencionado la propuesta de conservación es la siguiente:

Realizar un mantenimiento rutinario cada cierto periodo de tiempo, por lo menos una vez al año, en el cual se contempla las siguientes actividades.

**Tabla 43.** Cuadro de actividades tentativas para el mantenimiento vial rutinario.

Nº	Rubro	Cantidad	Unidad
1	Bacheo asfáltico menor y mayor mezclado en caliente	81.64	m <sup>2</sup>
2	Sellado de Fisuras	236.45	m
3	Limpieza de derrumbes (retiro de obstáculos)	20	m
4	Limpieza de cunetas	1820	m
5	Deshierbe	-	-
6	Mantenimiento de señalización vertical y horizontal	-	-

**Autor:** Julio Yanchapaxi

Estos rubros se justifican por las diferentes fallas encontradas por el análisis PCI y las cantidades se encuentran en el anexo F para mantener o inclusive aumentar su PCI actual.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. Conclusiones**

- Se ejecutó el levantamiento georreferenciado de la vía Ambato – Tisaleo, con ayuda del GPS cada 20m, obteniendo datos como localización de los bordes, eje de la vía, sección transversal, así como la ubicación de los pozos a cielo abierto, unidades de muestreo del método PCI y estaciones de ensayo con la viga Benkelman.
- Según el conteo de tráfico vehicular realizado en la vía Ambato – Tisaleo, con proyección de 20 años se obtuvo un  $TPDA_f$  de 1612 vehículos/día y en base a la MOP-2003, se identifica al tramo como una vía colectora clase II y por el ancho de calzada promedio actual de 6.84m cumple con su función de proyección.
- Con la evaluación de las 14 unidades muestreo se determinó un índice de condición del pavimento de 83.71, colocándose en el rango de (70 – 85) de la norma ASTM D6433 señalando que la vía está en un muy buen estado e indicando que solo necesita el tramo vial un mantenimiento rutinario.
- Los resultados de los ensayos con la viga Benkelman presentes en la tabla 37 se basa en MC-MTC-2013, cuales determinan que la vía actualmente posee deflexiones que van del Tipo I en la abscisa 10km+300 hasta deflexiones tipo III en la abscisa 12km+000, siendo este último tipo más relevante, porque se presenta en muchos otras estaciones, sin embargo, por los resultados en la figura 12 basada también en MC-MTC se estima que la vía presentará fallas graves de manera global en el año 2024, reforzando el criterio de solo realizar un mantenimiento rutinario.
- Mediante los ensayos de laboratorio se obtuvo que la subrasante de la vía posee un CBR promedio de 10.03%, posicionado en el rango de 8% - 20% en base AASTHO 93, cual indica que su comportamiento es de regular a bueno como subrasante.
- Considerando todos los métodos y ensayos realizados en el presente proyecto técnico sobre la vía Ambato – Tisaleo, sector Juan Benigno Vela de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800, se determinó que con el mantenimiento rutinario propuesto es suficiente y satisface las necesidades ante las fallas encontradas en la vía.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda verificar la calibración de los equipos a utilizar en campo, como son los GPS, dial de la viga Benkelman, así como el equipo a utilizar en los laboratorios como son balanzas digitales para evitar errores en los resultados.
- Se recomienda empezar los ensayos de límites de consistencia del menor número de golpes (mayor contenido de humedad) por la razón de que se extrae las muestras que van al horno, para después solo agregar material seco al mortero, facilitando encontrar los demás resultados con menor contenido de humedad.
- Se recomienda realizar conteos vehiculares cada año durante una semana, así como se realizó en el presente documento, para determinar índices de crecimiento vehicular apegados a la realidad del sector.
- Se recomienda realizar evaluaciones de la condición de la capa de rodadura una vez por año y una evaluación con la viga Benkelman cada 3 o 4 años para verificación y conocimiento del estado vial.
- Se recomienda buscar nuevos métodos para la evaluación del estado de la capa de rodadura, como son la determinación de las deflexiones en el pavimento mediante análisis dinámico.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍAS

- [1] M. Díaz and C. Meneses, “CRITERIOS E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN EL SUBSECTOR VIAL,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 25 (2), no. 0124–8170, pp. 81–98, 2015.
- [2] R. R. A. Almuhanha, H. A. Ewadh, and S. J. M. Alasadi, “Using PAVER 6.5.7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 8, no. 2214–5095, pp. 323–332, 2018.
- [3] H. De Solminihac, T. Echaveguren, and A. Chamorro, *Gestión de infraestructura vial*, Tercera ed. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2018.
- [4] E. Barajas and B. Buitrago, “Análisis comparativo del sistema de gestión de dos pavimentos o mantenimiento vial de la ciudad de Bogotá con la ciudad de Sao Paulo,” Universidad Católica de Colombia, 2017.
- [5] E. Jaramillo, “Conservación de carreteras libres de peaje en el estado de Morelos,” Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
- [6] Y. Zhang and J. P. Mohsen, “A Project-Based Sustainability Rating Tool for Pavement Maintenance,” *Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 200–208, 2018.
- [7] W. Navarro, “Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Santo Domingo,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.
- [8] “Para tener vías de calidad,” 2018. [Online]. Available: <https://www.tungurahua.gob.ec/index.php/informativo-hgpt/principales/2750-para-tener-vias-de-calidad>.
- [9] <http://www.connectambato.com/>, “Tisaleo Gobierno Autónomo Descentralizado,” *Cantón Tisaleo*, 2019. [Online]. Available: <https://www.tisaleo.gob.ec/turismo/atractivos-turisticos.html>.
- [10] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador *et al.*, *Volumen N° 2 – Libro A Norma para estudios Y diseños viales; Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 - MTOP*, vol. NEVI-12-MT. ECUADOR, 2013.








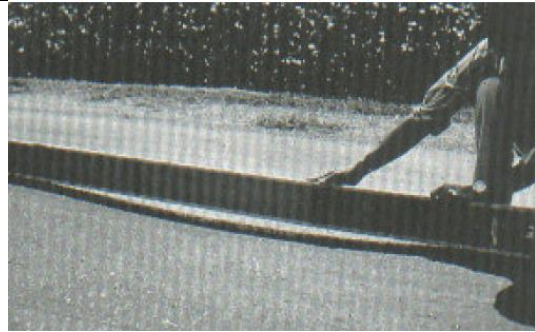
- [11] O. Padilla, R. Salazar, and K. G. Freire, “Implementación del Geoportal para el Centro Geografico de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente Utilizando el software propietario ARCMS,” *Univ. las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera Ing. Geográfica y del Medio Ambient.*, pp. 1–15, 2016.
- [12] H. C. Meza, “Evaluación deflectométrica obtenida con la viga Benkelman y diseño de estructuras de pavimentos por el método AASHTO 2008 en la avenida Hartley del distrito de José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa,” Universidad Católica de Santa María, 2017.
- [13] R. Cal y Mayor and J. Cárdenas, *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones*, 9na ed. México, 2018.
- [14] T.A.M.S. – ASTEC and L. Berger, “NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS - 2003,” 2003.
- [15] A. International, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. West Conshohocken: ASTM D6433-03, 2003.
- [16] R. Zevallos, “Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca,” Universidad César Vallejo, 2018.
- [17] F. Moreira, *Apuntes de Pavimentos*, 3ra ed. Ambato - Tungurahua - Ecuador, 2018.
- [18] H. Rondón and F. Reyes, *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*, Ecoe edici. Bogotá, Colombia, 2015.
- [19] L. Vásquez, *Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*, 1ra ed. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [20] 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.
- [21] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, “Medida de la deflexión de un Pavimento Flexible empleando la viga Benkelman,” in *Manueal de Ensayos de Materiales*, Mayo 2016., Lima, Perú: Ministerio de Transportes y


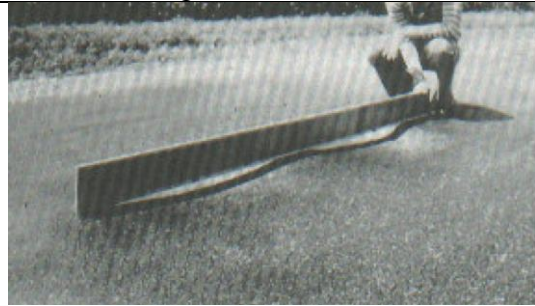


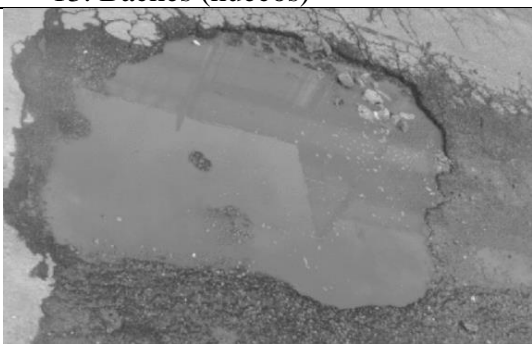

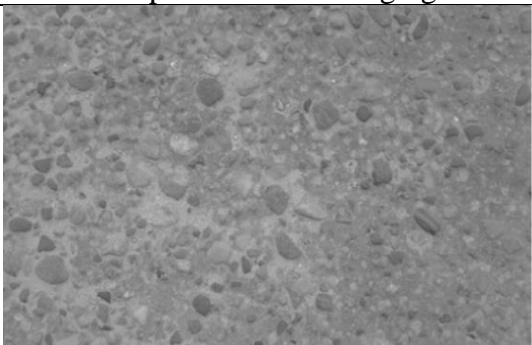

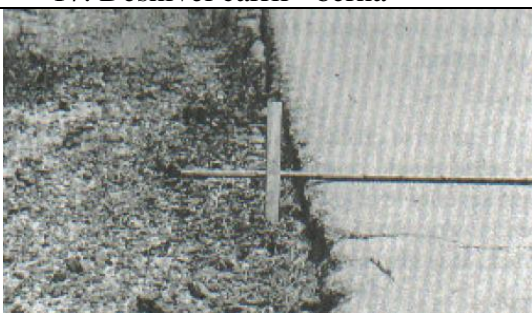

- Comunicaciones, 2016, pp. 962–966.
- [22] G. Carrera, “Control de la deflexión vertical con viga Benkelman monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo km.110+000 al km.112+000,” Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 2010.
- [23] R. Carahuatay, “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel - San Pablo, tramo San Miguel - Sunuden, mediante el análisis deflectométrico,” Universidad Nacional de Cajamarca, 2015.
- [24] G. Duque and C. Escobar, *Geomecánica*, 1ra ed. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [25] J. Bowels, *Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*, 1ra ed. México: McGRAW-HILL, 1981.
- [26] R. Pacompia, J. Bernal, R. Mamani, and E. Fuentes, “Determinación de las características físico mecánicas de suelos mediante ensayos estándares – Ensayo de compactación Proctor Estándar,” UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, 2015.
- [27] P. A. Gordillo and S. F. Navas, “Análisis de la aplicación de la Norma ASTM D 6951 - 03 para estimar el índice del CBR en un suelo de la ciudad de Cuenca,” UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2018.
- [28] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, “Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014,” Ciudad de México, México, 2014.
- [29] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, “Refuerzo del Pavimento Flexible,” in *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos*, Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013, p. 1440.
- [30] J. R. Menéndez, *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*, 1ra ed., vol. I. Lima, Perú: Organización Internacional del Trabajo, 2003.
- [31] M. Torres, *Pavimentos de Carreteras*, Edición En. Quito, 2010.

# **ANEXO A.**

Fotografías de los diferentes tipos de falla en el pavimento flexible.



<p>1. Piel de cocodrilo</p> 	<p>2. Fisuración en bloque</p> 
<p>3. Fisuración de borde</p> 	<p>4. Fisuración de reflexión de junta</p> 
<p>5. Fisuración longitudinal y transversal</p> 	<p>6. Fisuración parabólica o por deslizamientos</p> 
<p>7. Abultamiento y hundimiento</p> 	<p>8. Depresión</p> 

<p>9. Ahuellamiento</p> 	<p>10. Corrugación</p> 
<p>11. Desplazamiento</p> 	<p>12. Hinchamiento</p> 
<p>13. Baches (huecos)</p> 	<p>14. Pulimiento de los agregados</p> 
<p>15. Desprendimiento de agregados</p> 	<p>16. Exudación</p> 
<p>17. Desnivel carril - berna</p> 	<p>18. Parches</p> 

# **ANEXO B.**

## **CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA**



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

**Proyecto:** Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua

Abscisa	Ancho de vía (m)	Acera		Cuneta		Tapa de Pozos	Cruce de Agua	Intersección		Observaciones
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda			Derecha (m)	Izquierda (m)	
9+600	8.2									Zona Urbana
9+620	8.5									Zona Urbana
9+640	8.9					x				Zona Urbana
9+660	10	x	x							Zona Urbana
9+680	10	x	x							Zona Urbana
9+700	10		x						7.4	Zona Urbana
9+720	9.4	x	x							Zona Urbana
9+740	8.4	x	x							Zona Urbana
9+760	9.4	x	x							Zona Urbana
9+780	10	x	x						7.2	Zona Urbana
9+800	10	x	x			x				Zona Urbana
9+820	10	x	x							Zona Urbana
9+840	9.3	x	x			x				Zona Urbana
9+860	9.4	x	x						10	Zona Urbana
9+880	9.8	x	x			x				Zona Urbana
9+900	7.3									Zona Rural
9+920	6.4									Zona Rural
9+940	6.1									Zona Rural
9+960	6.3									Zona Rural
9+980	6.1									Zona Rural
10+000	6.1					x				Zona Rural
10+020	6.7					x				Zona Rural
10+040	6.8									Zona Rural
10+060	6.8									Zona Rural
10+080	6.6				x	x				Rompe Velocidades
10+100	7.2				x	x			3.5	Zona Rural
10+120	6.8				x	x				Zona Rural
10+140	6.8				x					Zona Rural
10+160	6.6				x					Zona Rural
10+180	6.8				x	x				Zona Rural
10+200	6.6				x					Zona Rural
10+220	6.4				x				2.4	Zona Rural
10+240	6.1				x					Zona Rural
10+260	6.2				x	x				Zona Rural
10+280	6.2				x					Zona Rural
10+300	6.5				x	x				Zona Rural
10+320	6.2				x					Zona Rural
10+340	6				x	x				Zona Rural
10+360	6.1				x				5.2	Zona Rural
10+380	6.2				x					Zona Rural
10+400	6.2				x	x				Zona Rural
10+420	6.1				x					Zona Rural
10+440	6.1				x					Zona Rural
10+460	6.1				x					Zona Rural
10+480	6.2				x					Zona Rural
10+500	6.5				x					Zona Rural
10+520	6.4				x					Zona Rural
10+540	6.6				x					Zona Rural
10+560	6.7				x					Zona Rural
10+580	6.9				x	x				Zona Rural
10+600	7.2				x	x				Zona Rural
10+620	6.3				x					Zona Rural
10+640	6.2									Zona Rural
10+660	6.2								4.8	Zona Rural
10+680	6.2									Zona Rural
10+700	6.2									Zona Rural
10+720	6.2									Zona Rural
10+740	6.2					x				Zona Rural
10+760	6.1									Zona Rural
10+780	6.1									Zona Rural
10+800	6.1									Zona Rural
10+820	6.1									Zona Rural
10+840	6.2									Zona Rural
10+860	6.7									Zona Rural
10+880	7									Zona Rural
10+900	6.6					x				Zona Rural
10+920	6.8									Zona Rural
10+940	6.8					x				Zona Rural
10+960	7.5									Zona Rural
10+980	6.9					x				Zona Rural
11+000	6.6					x				Zona Rural
11+020	6.6									Zona Rural
11+040	6.6									Zona Rural
11+060	7.2					x				Zona Rural
11+080	7.2				x	x				Zona Rural
11+100	7.1				x					Zona Rural
11+120	7				x					Zona Rural
11+140	7.3				x					Zona Rural
11+160	6.6				x					Zona Rural
11+180	6.2				x	x			3	Zona Rural
11+200	5.9					x				Zona Rural
11+220	5.8									Zona Rural
11+240	6.1									Zona Rural
11+260	6.1									Zona Rural

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

**Proyecto:** Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua

Abscisa	Ancho de vía (m)	Acera		Cuneta		Tapa de Pozos	Cruce de Agua	Intersección		Observaciones
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda			Derecha (m)	Izquierda (m)	
11+280	6.1					x				Zona Rural
11+300	6.1									Zona Rural
11+320	6.1				x					Zona Rural
11+340	6.1				x					Zona Rural
11+360	6.1									Zona Rural
11+380	5.7					x				Zona Rural
11+400	5.7									Zona Rural
11+420	6.1									Zona Rural
11+440	6.1									Zona Rural
11+460	5.9			x						Zona Rural
11+480	6.1			x						Zona Rural
11+500	6.3			x						Zona Rural
11+520	6.1			x						Zona Rural
11+540	6.1			x						Zona Rural
11+560	6.1			x						Zona Rural
11+580	5.8			x						Zona Rural
11+600	6.4			x						Zona Rural
11+620	7.2			x						Zona Rural
11+640	8			x						Zona Rural
11+660	6.4			x						Zona Rural
11+680	6.1							6.6		Zona Rural
11+700	6.5									Zona Rural
11+720	6.3									Zona Rural
11+740	6.2									Zona Rural
11+760	6.6							8		Zona Rural
11+780	6.1									Zona Rural
11+800	5.6									Zona Rural
11+820	6.4			x						Zona Rural
11+840	6.4			x						Zona Rural
11+860	7.2			x						Zona Rural
11+880	7.2			x						Zona Rural
11+900	6.8			x						Zona Rural
11+920	6.8			x						Zona Rural
11+940	6.8			x						Zona Rural
11+960	6.9			x						Zona Rural
11+980	7.1			x						Zona Rural
12+000	6.7			x						Zona Rural
12+020	6.9			x						Zona Rural
12+040	6.9			x						Zona Rural
12+060	6.8			x				8	9	Zona Rural
12+080	6.7			x						Zona Rural
12+100	6.3			x						Zona Rural
12+120	6.2			x						Rompe velocidades
12+140	6.9			x						Zona Rural
12+160	7.3			x						Zona Rural
12+180	7.1			x						Zona Rural
12+200	7			x						Zona Rural
12+220	7.3			x						Zona Rural
12+240	7.2			x						Zona Rural
12+260	7.2			x						Zona Rural
12+280	7.2			x		x				Zona Rural
12+300	7.3			x		x		8		Zona Rural
12+320	7			x						Zona Rural
12+340	6.6			x						Zona Rural
12+360	6.4									Zona Rural
12+380	6.4									Zona Rural
12+400	6.8									Zona Rural
12+420	6.8									Zona Rural
12+440	6.8			x		x			6	Zona Rural
12+460	6.9			x						Zona Rural
12+480	7			x			x			Zona Rural
12+500	7.2			x						Zona Rural
12+520	6.7			x			x			Zona Rural
12+540	6.6			x					9	Zona Rural
12+560	6.8			x						Zona Rural
12+580	7.3			x						Zona Rural
12+600	7.1			x						Zona Rural
12+620	6.7									Zona Rural
12+640	6.8			x		x	x			Zona Rural
12+660	6.4			x						Zona Rural
12+680	6.7			x		x				Zona Rural
12+700	7.1			x						Zona Rural
12+720	6.4			x						Zona Rural
12+740	6.4			x		x				Zona Rural
12+760	7.2			x		x				Zona Rural
12+780	8.2			x						Zona Rural
12+800	8.2			x						Zona Rural
<b>Promedio</b>	<b>6.84</b>	<b>220</b>	<b>215.4</b>	<b>1104</b>	<b>708.9</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>33.6</b>	<b>64.5</b>	<b>Suma</b>

# **ANEXO C.**

## **CONTEO VEHICULAR**

**ANEXO C-1. Formato Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>		<b>Ubicación:</b>			<b>Estación:</b>			Única		
<b>Fecha:</b>		<b>Sentido:</b>			Ambos sentidos			<b>Estado del clima:</b>		
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			C-2P	C-2G	C-3	C-4				
6h00	6h15									
6h15	6h30									
6h30	6h45									
6h45	7h00									
7h00	7h15									
7h15	7h30									
7h30	7h45									
7h45	8h00									
8h00	8h15									
8h15	8h30									
8h30	8h45									
8h45	9h00									
9h00	9h15									
9h15	9h30									
9h30	9h45									
9h45	10h00									
10h00	10h15									
10h15	10h30									
10h30	10h45									
10h45	11h00									
11h00	11h15									
11h15	11h30									
11h30	11h45									
11h45	12h00									
12h00	12h15									
12h15	12h30									
12h30	12h45									
12h45	13h00									
13h00	13h15									
13h15	13h30									
13h30	13h45									
13h45	14h00									
14h00	14h15									
14h15	14h30									
14h30	14h45									
14h45	15h00									
15h00	15h15									
15h15	15h30									
15h30	15h45									
15h45	16h00									
16h00	16h15									
16h15	16h30									
16h30	16h45									
16h45	17h00									
17h00	17h15									
17h15	17h30									
17h30	17h45									
17h45	18h00									
<b>12 HORAS</b>										

**ANEXO B-2. Cuento Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 1**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>	Lunes		<b>Ubicación:</b>	11+800		<b>Estación:</b>	Única			
<b>Fecha:</b>	25/11/2019		<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>	Nublado			
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULAD O POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-4	TOTAL PESADOS		
7h00	7h15	36		9	2			11	47	
7h15	7h30	40		5				5	45	
7h30	7h45	34		7				7	41	
7h45	8h00	27		2				2	29	162
8h00	8h15	29		3	1			4	33	148
8h15	8h30	29		3	2			5	34	137
8h30	8h45	24		3	2			5	29	125
8h45	9h00	24		3				3	27	123
9h00	9h15	13	1	2				2	16	106
9h15	9h30	15		1	2			3	18	90
9h30	9h45	13		1	3			4	17	78
9h45	10h00	21	1	1	1			2	24	75
10h00	10h15	17		2	1			3	20	79
10h15	10h30	16		2				2	18	79
10h30	10h45	14		1	5	1		7	21	83
10h45	11h00	17		2	1			3	20	79
11h00	11h15	15		1	1			2	17	76
11h15	11h30	16		2		1		3	19	77
11h30	11h45	16		1	2			3	19	75
11h45	12h00	18		1				1	19	74
12h00	12h15	21		2	3			5	26	83
12h15	12h30	22			6			6	28	92
12h30	12h45	12						0	12	85
12h45	13h00	13		1	3			4	17	83
13h00	13h15	10		1	3			4	14	71
13h15	13h30	17			3	1		4	21	64
13h30	13h45	15						0	15	67
13h45	14h00	18	1		1			1	20	70
14h00	14h15	17	1	2	4			6	24	80
14h15	14h30	11	1		2			2	14	73
14h30	14h45	11		2	2			4	15	73
14h45	15h00	14		1	2			3	17	70
15h00	15h15	13	1					0	14	60
15h15	15h30	12			1			1	13	59
15h30	15h45	12		2	2	1		5	17	61
15h45	16h00	13						0	13	57
16h00	16h15	13		2	1			3	16	59
16h15	16h30	12			1			1	13	59
16h30	16h45	18						0	18	60
16h45	17h00	10		1	2			3	13	60
17h00	17h15	29		7	6			13	42	86
17h15	17h30	14			2		1	3	17	90
17h30	17h45	25			3			3	28	100
17h45	18h00	20			1			1	21	108
18h00	18h15	12			2			2	14	80
18h15	18h30	11			2			2	13	76
18h30	18h45	15		2				2	17	65
18h45	19h00	5	1		2			2	8	52
<b>12 HORAS</b>		849	7	75	77	4	1	157	1013	



**ANEXO B-3. Cuento Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 2**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>		Martes		<b>Ubicación:</b>		11+800		<b>Estación:</b>		Única
<b>Fecha:</b>		26/11/2019		<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>		Nublado
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-4			
7h00	7h15	51	2	4				4	57	
7h15	7h30	34		6	2			8	42	
7h30	7h45	24		1				1	25	
7h45	8h00	17	1	2	4			6	24	148
8h00	8h15	21		1	2			3	24	115
8h15	8h30	23		3	1			4	27	100
8h30	8h45	12		1	3			4	16	91
8h45	9h00	17		2	2			4	21	88
9h00	9h15	14	2	3	1			4	20	84
9h15	9h30	12	1	1				1	14	71
9h30	9h45	15	1		1	1		2	18	73
9h45	10h00	12		2				2	14	66
10h00	10h15	15	1	1	1			2	18	64
10h15	10h30	16	1	1	1	1	2	5	22	72
10h30	10h45	8		2				2	10	64
10h45	11h00	7	1	4				4	12	62
11h00	11h15	10	2	1	4		1	6	18	62
11h15	11h30	13	2	2	1			3	18	58
11h30	11h45	14		5				5	19	67
11h45	12h00	11		1	2			3	14	69
12h00	12h15	17		3	2			5	22	73
12h15	12h30	10	1	5	2			7	18	73
12h30	12h45	8		3	1			4	12	66
12h45	13h00	11			1			1	12	64
13h00	13h15	11		2	2			4	15	57
13h15	13h30	13		3	3			6	19	58
13h30	13h45	13		2	1			3	16	62
13h45	14h00	12		2	6			8	20	70
14h00	14h15	14		1	1		2	4	18	73
14h15	14h30	11		1	2			3	14	68
14h30	14h45	13	3	3				3	19	71
14h45	15h00	12			1			1	13	64
15h00	15h15	11	1		1			1	13	59
15h15	15h30	14		2	3			5	19	64
15h30	15h45	15			1	2		3	18	63
15h45	16h00	12						0	12	62
16h00	16h15	19		2	5			7	26	75
16h15	16h30	9		2	2			4	13	69
16h30	16h45	20			1		1	2	22	73
16h45	17h00	18		2	1			3	21	82
17h00	17h15	7		1	3			4	11	67
17h15	17h30	18		4	1			5	23	77
17h30	17h45	15		1	3			4	19	74
17h45	18h00	22		2	2			4	26	79
18h00	18h15	19		1	2			3	22	90
18h15	18h30	11						0	11	78
18h30	18h45	22		1	2			3	25	84
18h45	19h00	30		3	2			5	35	93
<b>12 HORAS</b>		753	19	89	76	4	6	175	947	

**ANEXO B-4. Cuento Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 3**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
<b>Día:</b>		Miércoles	<b>Ubicación:</b>		11+800	<b>Estación:</b>		Única	
<b>Fecha:</b>		27/11/2019	<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos	<b>Estado del clima:</b>		Lluvioso	
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULA DO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-4	TOTAL PESADOS	
7h00	7h15	24						0	24
7h15	7h30	20		4	2			6	26
7h30	7h45	35	2	1	1			2	39
7h45	8h00	25		1	1			2	27
8h00	8h15	26		2				2	28
8h15	8h30	21			2			2	23
8h30	8h45	13		1			1	2	15
8h45	9h00	23		1	3		1	5	28
9h00	9h15	18			1			1	19
9h15	9h30	14		2	2			4	18
9h30	9h45	18			4			4	22
9h45	10h00	19		4				4	23
10h00	10h15	12			2			2	14
10h15	10h30	14		2	2			4	18
10h30	10h45	14		1	1			2	16
10h45	11h00	15		3		1		4	19
11h00	11h15	14		2	1		4	7	21
11h15	11h30	18		2	2			4	22
11h30	11h45	21		3				3	24
11h45	12h00	17		1	1			2	19
12h00	12h15	17	2	2	1			3	22
12h15	12h30	19		5	2	2		9	28
12h30	12h45	13		1	2	1		4	17
12h45	13h00	20	2	2	1		1	4	26
13h00	13h15	21		1	2	1		4	25
13h15	13h30	9		1	1	1		3	12
13h30	13h45	13		1	1		1	3	16
13h45	14h00	17	1	4	2			6	24
14h00	14h15	14		2	2			4	18
14h15	14h30	10		1				1	11
14h30	14h45	16		1	1			2	18
14h45	15h00	15			1			1	16
15h00	15h15	18		3	1			4	22
15h15	15h30	15	2	2	1			3	20
15h30	15h45	9	1		2			2	12
15h45	16h00	11		1				1	12
16h00	16h15	23		3	2			5	28
16h15	16h30	10	1		2			2	13
16h30	16h45	25		1	6			7	32
16h45	17h00	13		2	1			3	16
17h00	17h15	15		1			1	2	17
17h15	17h30	18		2	1			3	21
17h30	17h45	17		2	2			4	21
17h45	18h00	14		2	3			5	19
18h00	18h15	15		1	2			3	18
18h15	18h30	28			2			2	30
18h30	18h45	20		1	5			6	26
18h45	19h00	24		4	6			10	34
<b>12 HORAS</b>		840	11	76	77	6	9	168	1019

**ANEXO B-5. Censo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 4**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>		Jueves		<b>Ubicación:</b>		11+800		<b>Estación:</b>		Única
<b>Fecha:</b>		28/11/2019		<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>		Despejado
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-4			
7h00	7h15	18						0	18	
7h15	7h30	19						0	19	
7h30	7h45	23		2	4			6	29	
7h45	8h00	15		3	3	1		7	22	88
8h00	8h15	12	1	3	4			7	20	90
8h15	8h30	12		1	1			2	14	85
8h30	8h45	18			4			4	22	78
8h45	9h00	18		2	2	1		5	23	79
9h00	9h15	13	1	2	1		1	4	18	77
9h15	9h30	15		1	1	1		3	18	81
9h30	9h45	16		3				3	19	78
9h45	10h00	13		2	2			4	17	72
10h00	10h15	12		1				1	13	67
10h15	10h30	14		2	3			5	19	68
10h30	10h45	14			2			2	16	65
10h45	11h00	12		1	2			3	15	63
11h00	11h15	10		2	3			5	15	65
11h15	11h30	12		2	4		1	7	19	65
11h30	11h45	7		3	4			7	14	63
11h45	12h00	19			4			4	23	71
12h00	12h15	11		1	4		1	6	17	73
12h15	12h30	17						0	17	71
12h30	12h45	14		1	1		1	3	17	74
12h45	13h00	12		1	2			3	15	66
13h00	13h15	13		2	4			6	19	68
13h15	13h30	14		2	2			4	18	69
13h30	13h45	10		2	2			4	14	66
13h45	14h00	9		1	2			3	12	63
14h00	14h15	16		2	2			4	20	64
14h15	14h30	14			1			1	15	61
14h30	14h45	14	1	2				2	17	64
14h45	15h00	15		3				3	18	70
15h00	15h15	13		2	2		1	5	18	68
15h15	15h30	16		3	1			4	20	73
15h30	15h45	10		3	3			6	16	72
15h45	16h00	8	1	2	3			5	14	68
16h00	16h15	11		1	2			3	14	64
16h15	16h30	14		1	2			3	17	61
16h30	16h45	12			2			2	14	59
16h45	17h00	9	1	2			1	3	13	58
17h00	17h15	16		4	6			10	26	70
17h15	17h30	19			2		1	3	22	75
17h30	17h45	19		3	2			5	24	85
17h45	18h00	14		3	2			5	19	91
18h00	18h15	19		3	1			4	23	88
18h15	18h30	11		3	1			4	15	81
18h30	18h45	17			1			1	18	75
18h45	19h00	29		2	2			4	33	89
<b>12 HORAS</b>		688	5	79	96	3	7	185	878	

**ANEXO B-6. Censo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 5**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>	Viernes		<b>Ubicación:</b>	11+800		<b>Estación:</b>	Única			
<b>Fecha:</b>	29/11/2019		<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>	Despejado			
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA	
			C-2P	C-2G	C-3	C-4	TOTAL PESADOS			
7h00	7h15	20		5	6			11	31	
7h15	7h30	25		4	4			8	33	
7h30	7h45	30		7				7	37	
7h45	8h00	18		3	2			5	23	124
8h00	8h15	12		1				1	13	106
8h15	8h30	11		4				4	15	88
8h30	8h45	13		3	1			4	17	68
8h45	9h00	19		1	3			4	23	68
9h00	9h15	13		1				1	14	69
9h15	9h30	10			1			1	11	65
9h30	9h45	12		1			1	2	14	62
9h45	10h00	8		1	3			4	12	51
10h00	10h15	9		1				1	10	47
10h15	10h30	16			3			3	19	55
10h30	10h45	16			4			4	20	61
10h45	11h00	8			2			2	10	59
11h00	11h15	19		4	4			8	27	76
11h15	11h30	13						0	13	70
11h30	11h45	10		1	4		1	6	16	66
11h45	12h00	14						0	14	70
12h00	12h15	13		1	3		1	5	18	61
12h15	12h30	16						0	16	64
12h30	12h45	10	1	1	2			3	14	62
12h45	13h00	6		3	1			4	10	58
13h00	13h15	17		4				4	21	61
13h15	13h30	23		1	2			3	26	71
13h30	13h45	22		1	2			3	25	82
13h45	14h00	13			4			4	17	89
14h00	14h15	16		4	2			6	22	90
14h15	14h30	13		1	4		1	6	19	83
14h30	14h45	12	1	2	1			3	16	74
14h45	15h00	16			3			3	19	76
15h00	15h15	14			2			2	16	70
15h15	15h30	14		1				1	15	66
15h30	15h45	19			3			3	22	72
15h45	16h00	13						0	13	66
16h00	16h15	15		4	4			8	23	73
16h15	16h30	10		3				3	13	71
16h30	16h45	12		2	2			4	16	65
16h45	17h00	20						0	20	72
17h00	17h15	10	1		5			5	16	65
17h15	17h30	9			3			3	12	64
17h30	17h45	11			2			2	13	61
17h45	18h00	14			2			2	16	57
18h00	18h15	17	1	4	5			9	27	68
18h15	18h30	14		2	1			3	17	73
18h30	18h45	25		5	2			7	32	92
18h45	19h00	20		1	4			5	25	101
<b>12 HORAS</b>		710	4	77	96	0	4	177	891	

**ANEXO B-7. Censo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 6**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<b>Día:</b>		Sábado		<b>Ubicación:</b>		11+800		<b>Estación:</b>		Única
<b>Fecha:</b>		30/11/2019		<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>		Despejado
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua										
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULAD O POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C-4	TOTAL PESADOS		
7h00	7h15	25			1			1	26	
7h15	7h30	18			1			1	19	
7h30	7h45	19		3				3	22	
7h45	8h00	19			3			3	22	89
8h00	8h15	12			3			3	15	78
8h15	8h30	13		1	4			5	18	77
8h30	8h45	14		2	1			3	17	72
8h45	9h00	13	1	1	1	1	1	4	18	68
9h00	9h15	12		1	1	1	1	4	16	69
9h30	9h45	27			3			3	30	83
9h45	10h00	23	2	2	3			5	30	95
10h00	10h15	12		4	1			5	17	96
10h15	10h30	21	1	1	1			2	24	101
10h30	10h45	12			1		1	2	14	85
10h45	11h00	16		1	2		1	4	20	75
11h00	11h15	20		2	2			4	24	82
11h15	11h30	20	1	2	5			7	28	86
11h30	11h45	14		1	1			2	16	88
11h45	12h00	10			1			1	11	79
12h00	12h15	24					1	1	25	80
12h15	12h30	13	1	1	2			3	17	69
12h30	12h45	18			1			1	19	72
12h45	13h00	17		1	7			8	25	86
13h00	13h15	19		3	1			4	23	84
13h15	13h30	22						0	22	89
13h30	13h45	29				1		1	30	100
13h45	14h00	20		1				1	21	96
14h00	14h15	12		1				1	13	86
14h15	14h30	21		1	1			2	23	87
14h30	14h45	17		2	1		1	4	21	78
14h45	15h00	28		1	1			2	30	87
15h00	15h15	24		1	3			4	28	102
15h15	15h30	24		3	2			5	29	108
15h30	15h45	29	1		3			3	33	120
15h45	16h00	21		1	2		1	4	25	115
16h00	16h15	31		4	6			10	41	128
16h15	16h30	20			1			1	21	120
16h30	16h45	18		1	1			2	20	107
16h45	17h00	16		1				1	17	99
17h00	17h15	31			2			2	33	91
17h15	17h30	24		2	1			3	27	97
17h30	17h45	18		1	2			3	21	98
17h45	18h00	22			1			1	23	104
18h00	18h15	9						0	9	80
18h15	18h30	19						0	19	72
18h30	18h45	16						0	16	67
18h45	19h00	26						0	26	70
<b>12 HORAS</b>		926	7	47	73	3	7	130	1063	

**ANEXO B-8. Censo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 4, Día 7**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
<b>Día:</b>	Domingo		<b>Ubicación:</b>	11+800		<b>Estación:</b>	Única		
<b>Fecha:</b>	1/12/2019		<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos		<b>Estado del clima:</b>	Nublado		
<b>Proyecto:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			C-2P	C-2G	C-3	C-4	TOTAL PESADOS		
7h00	7h15	19					0	19	
7h15	7h30	12					0	12	
7h30	7h45	22					0	22	
7h45	8h00	36	1	1			2	38	91
8h00	8h15	16					0	16	88
8h15	8h30	10	1				1	11	87
8h30	8h45	9	1				1	10	75
8h45	9h00	9	1				1	10	47
9h00	9h15	20	4	5			9	29	60
9h15	9h30	4					0	4	53
9h30	9h45	15					0	15	58
9h45	10h00	11	1	2			3	14	62
10h00	10h15	11					0	11	44
10h15	10h30	14		2			2	16	56
10h30	10h45	12			2		2	14	55
10h45	11h00	24	1	3			4	28	69
11h00	11h15	19					0	19	77
11h15	11h30	20					0	20	81
11h30	11h45	7			1		1	8	75
11h45	12h00	19		2	1		3	22	69
12h00	12h15	20	1	1			1	22	72
12h15	12h30	11		3			3	14	66
12h30	12h45	14		1	1		2	16	74
12h45	13h00	11		2	1		3	14	66
13h00	13h15	13		2			2	15	59
13h15	13h30	9					0	9	54
13h30	13h45	9		1			1	10	48
13h45	14h00	10					0	10	44
14h00	14h15	13		2			2	15	44
14h15	14h30	4		1			1	5	40
14h30	14h45	5		4			4	9	39
14h45	15h00	17		2			2	19	48
15h00	15h15	13		5			5	18	51
15h15	15h30	8		5			5	13	59
15h30	15h45	10		6			6	16	66
15h45	16h00	10		3			3	13	60
16h00	16h15	15					0	15	57
16h15	16h30	9					0	9	53
16h30	16h45	11					0	11	48
16h45	17h00	12					0	12	47
17h00	17h15	10					0	10	42
17h15	17h30	7					0	7	40
17h30	17h45	11					0	11	40
17h45	18h00	12					0	12	40
18h00	18h15	12					0	12	42
18h15	18h30	11					0	11	46
18h30	18h45	13					0	13	48
18h45	19h00	12					0	12	48
<b>12 HORAS</b>		621	1	52	17	0	0	69	691

# **ANEXO D.**

## **INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>	Julio Yanchapaxi					
<b>ABCISA INICIAL:</b>	9+792	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	U1					
<b>ABCISA FINAL:</b>	9+824	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	299.2 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Valor Deducido		
P	L	15.66	10.8		26.46	8.84%	14	
FLT	L	32	6.1		38.1	12.73%	9	
CS	L	2.94			2.94	0.98%	10	
<b>VD TOTAL</b>						33		
<b>Cálculo del PCI</b>								
<b>PCI = 100 - VDT</b>						67		
Valores deducidos para Parches				Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales				
Valores deducidos para Piel de cocodrilo								



Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>	Julio Yanchapaxi					
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	10+016	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	U2					
<b>ABSCISA FINAL:</b>	10+048	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	216 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido	
D	M	1.02			1.02	0.47%	8	
CS	L	1.65			1.65	0.76%	9	
FLT	L	1.20	2.2		3.40	1.57%	0	
					<b>VD TOTAL</b>		17	
					<b>Cálculo del PCI</b>			
					<b>PCI = 100 - VDT</b>		83	
Valores deducidos para Depresión				Valores deducidos para Piel de cocodrilo				

Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua					
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi	
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	10+240	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U3	
<b>ABSCISA FINAL:</b>	10+272	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		196.80 m <sup>2</sup>	
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA	
No	Código	Daño	Unidad		
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>		
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>		
3	FE	Fisuración de borde	m		
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m		
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m		
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>		
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m		
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>		
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>		
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>		
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>		
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>		
13	BH	Baches (huecos)	U		
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>		
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>		
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>		
17	DCB	Desnivel carril / berma	m		
18	P	Parches	m <sup>2</sup>		
Código	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Valor Deducido
FLT	L	3		3.00	1.52%
P	M	6.12		6.12	3.11%
				<b>VD TOTAL</b>	18
				<b>Cálculo del PCI</b>	
				<b>PCI = 100 - VDT</b>	82
Valores deducidos para Parches			Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales		

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>	Julio Yanchapaxi					
<b>ABCISA INICIAL:</b>	10+464	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	U4					
<b>ABCISA FINAL:</b>	10+496	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	201.60 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Valor Deducido		
FLT	M	3.90	0.44		4.34	2.15%	6	
BH	M	1			1.00	0.5%	24	
Profundidad máxima del hueco		Diámetro medio (mm)			VD TOTAL			
		102 a 203	203 a 457	457 a 762	Cálculo del PCI		30	
12.7 a 25.4 mm	L	L	M		PCI = 100 - VDT		70	
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H					
> 50.8 mm	M	M	H					
Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales				Valores deducidos para Huecos				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi					
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	10+688	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U5					
<b>ABSCISA FINAL:</b>	10+672	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		198.40 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
No	Código	Daño	Unidad						
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>						
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>						
3	FE	Fisuración de borde	m						
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m						
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m						
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>						
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m						
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>						
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>						
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
13	BH	Baches (huecos)	U						
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>						
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>						
17	DCB	Desnivel carril / berma	m						
18	P	Parches	m <sup>2</sup>						
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Valor Deducido			
FLT	L	0.74	0.32	1.3	2.36	1.19%	0		
AD	L	13.32			13.32	6.71%	4		
					<b>VD TOTAL</b>		4		
					<b>Cálculo del PCI</b>				
					<b>PCI = 100 - VDT</b>		96		
Valores deducidos para Parches					Valores deducidos para Desprendimiento de agregados				

**Fuente:** PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.



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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 9+600 hasta la abscisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>	Julio Yanchapaxi					
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	10+912	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	U6					
<b>ABSCISA FINAL:</b>	10+944	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	217.60 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido	
D	L	0.385			0.385	0.18%	5	
							<b>VD TOTAL</b>	5
							<b>Cálculo del PCI</b>	
							<b>PCI = 100 - VDT</b>	95
Valores deducidos para Depresión								

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi					
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	11+136	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U7					
<b>ABSCISA FINAL:</b>	11+168	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		222.40 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
No	Código	Daño	Unidad						
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>						
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>						
3	FE	Fisuración de borde	m						
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m						
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m						
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>						
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m						
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>						
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>						
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
13	BH	Baches (huecos)	U						
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>						
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>						
17	DCB	Desnivel carril / berma	m						
18	P	Parches	m <sup>2</sup>						
Código	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Valor Deducido		
FLT	M	0.2	1.35	0.6	1.6	3.75	1.69%	4	
AD	L	8.54				8.54	3.84%	3	
						<b>VD TOTAL</b>	7		
						<b>Cálculo del PCI</b>			
						<b>PCI = 100 - VDT</b>	93		
Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales					Valores deducidos para Desprendimiento de agregados				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi				
<b>ABCISA INICIAL:</b>	11+360	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U8				
<b>ABCISA FINAL:</b>	11+392	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		188.80 m <sup>2</sup>				
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido	
CS	L	4.2			4.20	2.22%	19	
AD	L	10.58			10.58	5.60%	3	
							<b>VD TOTAL</b>	22
							<b>Cálculo del PCI</b>	
							<b>PCI = 100 - VDT</b>	78
Valores deducidos para Piel de cocodrilo				Valores deducidos para fisuras Desprendimiento de agregados				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua							
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>	Julio Yanchapaxi				
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	11+584	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	U9				
<b>ABSCISA FINAL:</b>	11+616	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	208.00 m <sup>2</sup>				
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
No	Código	Daño	Unidad				
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>				
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>				
3	FE	Fisuración de borde	m				
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m				
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m				
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>				
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m				
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>				
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>				
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>				
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>				
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>				
13	BH	Baches (huecos)	U				
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>				
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>				
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>				
17	DCB	Desnivel carril / berma	m				
18	P	Parches	m <sup>2</sup>				
Código	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Valor Deducido	Valor Deducido	
AD	M	1.6	0.18	1.78	0.86%	9	
CS	L	1.75		1.75	0.84%	9	
FLT	L	1.1	1.9	0.9	3.90	1.88%	0
<b>VD TOTAL</b>						<b>18</b>	
<b>Cálculo del PCI</b>							
<b>PCI = 100 - VDT</b>						<b>82</b>	
Valores deducidos para Desprendimiento de agregados			Valores deducidos para Piel de cocodrilo				
Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales							

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.



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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi					
<b>ABCISA INICIAL:</b>	11+808	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U10					
<b>ABCISA FINAL:</b>	11+840	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		192.00 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
No	Código	Daño	Unidad						
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>						
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>						
3	FE	Fisuración de borde	m						
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m						
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m						
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>						
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m						
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>						
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>						
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
13	BH	Baches (huecos)	U						
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>						
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>						
17	DCB	Desnivel carril / berma	m						
18	P	Parches	m <sup>2</sup>						
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total			Valor Deducido	
CS	L	0.25			0.25	0.13%	5		
FLT	M	4.40			4.40	2.29%	7		
<b>VD TOTAL</b>								12	
<b>Cálculo del PCI</b>									
<b>PCI = 100 - VDT</b>								88	
Valores deducidos para Piel de cocodrilo					Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua						
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi		
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	12+032	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U11		
<b>ABSCISA FINAL:</b>	12+256	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		219.20 m <sup>2</sup>		
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA		
No	Código	Daño	Unidad			
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>			
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>			
3	FE	Fisuración de borde	m			
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m			
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m			
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>			
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m			
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>			
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>			
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>			
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>			
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>			
13	BH	Baches (huecos)	U			
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>			
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>			
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>			
17	DCB	Desnivel carril / berma	m			
18	P	Parches	m <sup>2</sup>			
Código	Severidad	Cantidades Parciales		Total		Valor Deducido
FE	L	5.6		5.60	2.55%	3
AD	M	1.078		1.08	0.49%	7
FLT	L	0.42		0.42	0.19%	0
CS	L	2.85		2.85	1.30%	11
				<b>VD TOTAL</b>		21
				<b>Cálculo del PCI</b>		
				<b>PCI = 100 - VDT</b>		79
Valores deducidos para Fisuras de borde				Valores deducidos para Desprendimiento de agregados		
Valores deducidos para Fisuras longitudinal y transversal				Valores deducidos para Piel de cocodrilo		

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi					
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	12+256	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U12					
<b>ABSCISA FINAL:</b>	12+288	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		230.40 m <sup>2</sup>					
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
No	Código	Daño	Unidad						
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>						
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>						
3	FE	Fisuración de borde	m						
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m						
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m						
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>						
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m						
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>						
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>						
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
13	BH	Baches (huecos)	U						
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>						
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>						
17	DCB	Desnivel carril / berma	m						
18	P	Parches	m <sup>2</sup>						
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido		
FLT	L	0.6	0.35	0.96		1.91	0.83%	0	
BS	BS	3				3.00	1.30%	4	
						<b>VD TOTAL</b>		4	
						<b>Cálculo del PCI</b>			
						<b>PCI = 100 - VDT</b>		96	
Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales					Valores deducidos para Abultamiento y hundimiento				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO								
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua								
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>		Julio Yanchapaxi				
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	12+480	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>		U13				
<b>ABSCISA FINAL:</b>	12+512	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		219.20 m <sup>2</sup>				
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
No	Código	Daño	Unidad					
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>					
3	FE	Fisuración de borde	m					
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m					
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m					
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>					
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m					
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>					
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>					
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>					
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
13	BH	Baches (huecos)	U					
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>					
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>					
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>					
17	DCB	Desnivel carril / berma	m					
18	P	Parches	m <sup>2</sup>					
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido	
FLT	L	2.4	0.9		3.30	1.51%	0	
CS	L	0.5	0.465		0.97	0.44%	6	
<b>VD TOTAL</b>							6	
<b>Cálculo del PCI</b>								
<b>PCI = 100 - VDT</b>							94	
Valores deducidos para Fisuras longitudinales y transversales				Valores deducidos para Piel de cocodrilo				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.



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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
EXPLORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>PROYECTO:</b> Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abcisa 9+600 hasta la abcisa 12+800 de la provincia de Tungurahua									
<b>FECHA:</b>	29/1/2019	<b>INSPECCIONADO POR:</b>			Julio Yanchapaxi				
<b>ABCISA INICIAL:</b>	12+704	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>			U14				
<b>ABCISA FINAL:</b>	12+736	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>			216.00 m <sup>2</sup>				
TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
No	Código	Daño	Unidad						
1	CS	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>						
2	FB	Fisuración en bloque	m <sup>2</sup>						
3	FE	Fisuración de borde	m						
4	FRJ	Fisuración de reflexión de junta	m						
5	FLT	Fisuración longitudinal y transversal	m						
6	FP	Fisuración Parabólica	m <sup>2</sup>						
7	BS	Abultamiento y hundimiento	m						
8	D	Depresión	m <sup>2</sup>						
9	AH	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
10	C	Corrugación	m <sup>2</sup>						
11	DI	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
12	H	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
13	BH	Baches (huecos)	U						
14	AP	Pulido de los agregados	m <sup>2</sup>						
15	AD	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
16	EX	Exudación	m <sup>2</sup>						
17	DCB	Desnivel carril / berma	m						
18	P	Parches	m <sup>2</sup>						
Código	Severidad	Cantidades Parciales			Total		Valor Deducido		
CS	L	11.2	1.65		12.85	5.95%	28		
FLT	L	6.6			6.60	3.06%	3		
					<b>VD TOTAL</b>		31		
					<b>Cálculo del PCI</b>				
					<b>PCI = 100 - VDT</b>		69		
Valores deducidos para Piel de cocodrilo					Valores deducidos para fisuras longitudinales y transversales				

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez.

# **ANEXO E**

## **ESTUDIOS DE SUELOS**

# Muestra 1

Abscisa 9+950

Coordenadas

Este: 756518 m

Zona: 17M

Norte: 9855815 m

1. Granulometría
2. Límites de consistencia
3. Proctor
4. CBR

Anexo E-1. Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS																											
ESPECIFICACIONES																											
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	500.00																								
Muestra:	Subrasante	PCA:	1																								
Profundidad:	1- 1.15m	Abscisa:	km 9+950																								
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	3	0.60	99.40	-																						
Pasa #4	497		<b>99.40</b>																								
#10	2	39.8	7.96	92.04	-																						
#40	0.43	162.4	32.48	67.52	-																						
#100	0.15	284.1	56.82	43.18	-																						
#200	0.08	366.7	73.34	26.66	-																						
Pasa #200	133.3		<b>26.66</b>																								
Total muestra		500																									
Total - Cuarteo (gr)		500																									
CLASIFICACIÓN																											
Grava		0.60%																									
Arena		72.74%																									
Finos		26.66%																									
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA																											
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que pasa (%)' y el eje X como 'Tamaño de las partículas (mm)'. La curva es una línea amarilla que conecta los puntos de datos. Se han trazado líneas horizontales y verticales para resaltar los puntos clave de retención y paso.</p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico granulométrico</caption> <thead> <tr> <th>Tamaño de las partículas (mm)</th> <th>Porcentaje que pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>50.8</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>38.1</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>9.53</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>4.76</td><td>99.40</td></tr> <tr><td>2</td><td>92.04</td></tr> <tr><td>0.43</td><td>67.52</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>43.18</td></tr> <tr><td>0.08</td><td>26.66</td></tr> </tbody> </table>						Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)	10.00	100.00	50.8	100.00	38.1	100.00	25.4	100.00	9.53	100.00	4.76	99.40	2	92.04	0.43	67.52	0.15	43.18	0.08	26.66
Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)																										
10.00	100.00																										
50.8	100.00																										
38.1	100.00																										
25.4	100.00																										
9.53	100.00																										
4.76	99.40																										
2	92.04																										
0.43	67.52																										
0.15	43.18																										
0.08	26.66																										
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO																											
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material																									
AASHTO	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla																									
SUCS	SC																										



Anexo E-1. Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:			MUESTRA:		ABSCISA:		
Copa de Casagrande	ASTM: D4318			PCA 2 - Subrasante		km 10+080		
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	40	67	B1	C5	22	41	87	80
Peso muestra hum+ rec	24.7	17.9	16.8	16.3	14.1	14.4	30.2	29.4
Peso muestra seca+ rec	21.5	14.3	14.2	13.7	12.4	12.7	28.9	28.3
Peso del recipiente	14	6.4	6.5	6.3	6.5	6.5	23.1	23
Peso agua (w <sub>w</sub> )	3.20	3.60	2.60	2.60	1.70	1.70	1.30	1.10
Peso muestra seca (w <sub>s</sub> )	7.50	7.90	7.70	7.40	5.90	6.20	5.80	5.30
Contenido de humedad w <sub>%</sub>	42.67%	45.57%	33.77%	35.14%	28.81%	27.42%	22.41%	20.75%
Promedio de (w <sub>%</sub> )	44.12%		34.45%		28.12%		21.58%	
Número de golpes	9		13		22		36	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido			
	0	26.40%	25	0.00%	26.40%			
	25	26.40%	25	26.40%				
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7	A3	16	D5	4	D14		
Peso de la muestra hum+ rec	6.9	7.3	7.9	8	7.9	8		
Peso de la muestra seca+ rec	6.8	7.1	7.7	7.8	7.7	7.8		
Peso del recipiente	6.3	6.2	6.7	6.7	6.5	6.7		
Peso del agua (W <sub>w</sub> )	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Peso de la muestra seca (W <sub>s</sub> )	0.50	0.90	1.00	1.10	1.20	1.10		
Contenido de humedad (w <sub>%</sub> )	20.00%	22.22%	20.00%	18.18%	16.67%	18.18%		
Promedio de (w <sub>%</sub> )	19.21%							
IP=LL - LP	7.19%							
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO								
Norma	Clasificación de Grupo			Tipo de Material				
AASHTO	A-2-6			Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla				
SUCS	SC							

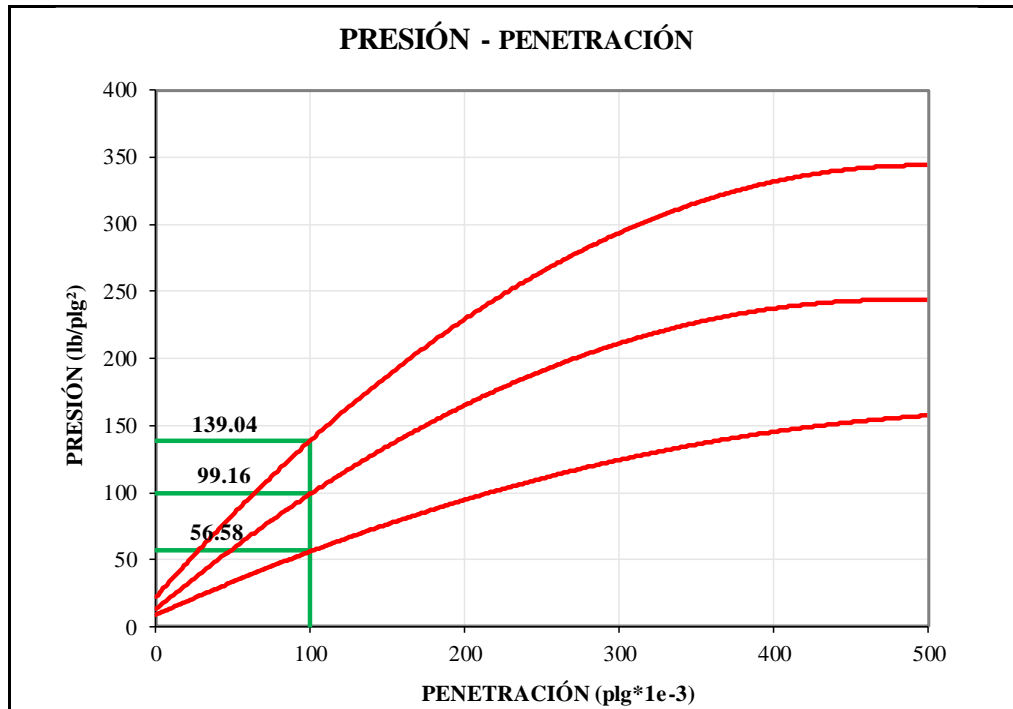
## Anexo E-1. Compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			Muestra: Subrasante (PCA 1)				
Abscisa: km 9+950	Norma: AASHTO T-180			Método: C				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso suelo + recipiente	9465	10231	10398	9995				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	3008	3774	3941	3538				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	11.60	11.60	11.60	11.60				
Diámetro de la muestra (cm)	15.30	15.30	15.30	15.30				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.410	1.769	1.848	1.659				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	58	74	17	25	38	49	37	31
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	41.08	43	37.91	44.58	48.93	45.37	64.59	54.73
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	39.11	40.76	34.98	40.88	43.43	40.45	54.98	46.87
Peso del recipiente Wr	11.12	11.44	12.01	12.03	12.03	12	12.16	12.13
Peso agua (Ww)	1.97	2.24	2.93	3.70	5.50	4.92	9.61	7.86
Peso de la muestra seca (ws)	27.99	29.32	22.97	28.85	31.40	28.45	42.82	34.74
Contenido de humedad w%	7.04%	7.64%	12.76%	12.82%	17.52%	17.29%	22.44%	22.63%
Contenido de humedad promedio	7.34%	12.79%	17.40%	22.53%				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_a = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.314	1.569	1.574	1.354				
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
Peso Volumétrico Seco Máximo $\gamma_d$ :	1.595							
Óptimo Contenido de Humedad w:	15.23%							

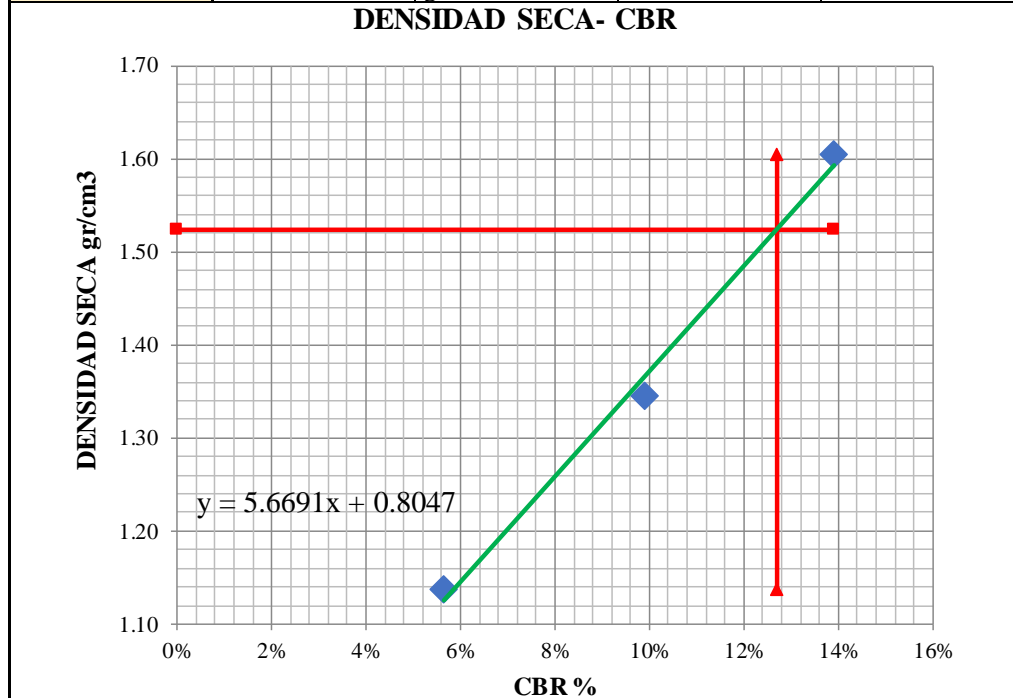
Anexo E-1. CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																	
CBR																	
ESPECIFICACIONES																	
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%): 15.23%										
Muestra: Subrasante							Abscisa: km 9+950										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																	
MOLDE			G12				G6				G1						
N° de capas			5				5				5						
N° de golpes			56				27				11						
Cond. Muestra			Antes del remojo														
P. húmedo + molde			11087				10187				9789						
Peso molde			6990				6518				6896						
Peso húmedo			4097				3669				2893						
Volumen muestra			2212				2366				2205						
Densidad húmeda			1.852				1.551				1.312						
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°			J5		J2		A5		A3		S3		S2				
P. hum. + recipiente			77.42		82.39		58.98		77.24		66.62		83.08				
P. seco + recipiente			69.78		73.98		53.86		69.6		60.44		74.45				
Peso recipiente			20.14		19.56		20.4		20.12		20.09		19.05				
Peso agua			7.64		8.41		5.12		7.64		6.18		8.63				
Peso de sólidos			49.64		54.42		33.46		49.48		40.35		55.4				
Contenido humedad %			15.39%		15.45%		15.30%		15.44%		15.32%		15.58%				
Promedio			15.42%				15.37%				15.45%						
Densidad seca			1.605				1.344				1.136						
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																	
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg <sup>2</sup>				Norma: ASTM D 1883						
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 *1e-3		Lb	lb/pulg2			%	lb			lb/pulg2			%	lb
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00				
0	0	0.64	25	189	63.00			124	41.33			95	31.67				
1	0	1.27	50	276	92.00			191	63.67			112	37.33				
1	0	1.91	75	358	119.33			254	84.67			144	48.00				
2	0	2.54	100	433	144.33	139.04	13.90	312	104.00	99.16	9.92	156	52.00	56.58	5.66		
3	0	3.81	150	581	193.67			398	132.67			211	70.33				
4	0	5.08	200	678	226.00			487	162.33			276	92.00				
5	0	6.35	250	763	254.33			566	188.67			343	114.33				
6	0	7.62	300	892	297.33			642	214.00			389	129.67				
8	0	10.16	400	965	321.67			691	230.33			422	140.67				
10	0	12.7	500	1054	351.33			743	247.67			476	158.67				
CBR Corregido								13.90					9.92				

**Anexo E-1. Gráfica de Penetración - CBR**



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.605	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 56	13.90%
Densidad 27	1.344	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 27	9.92%
Densidad 11	1.136	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 11	5.66%



DENSIDAD MAX	1.584			
95% DE DM	1.52	1.52	1.136	1.605
	0	13.90%	12.70%	12.70%
	<b>12.70%</b>			

# Muestra 2

Abscisa 10+900

Coordenadas

Este: 756490 m

Zona: 17M

Norte: 9854900 m

1. Granulometría
2. Límites de consistencia
3. Proctor
4. CBR

Anexo E-2. Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS					
ESPECIFICACIONES					
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	500		
Muestra:	Subrasante	PCA:	2		
Profundidad:	1m - 1.2m	Abscisa:	km 10+900		
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	2	0.40	99.60	-
Pasa #4	498		<b>99.60</b>		
#10	2	36.1	7.22	92.78	-
#40	0.43	118.4	23.68	76.32	-
#100	0.15	239.3	47.86	52.14	-
#200	0.08	347.8	69.56	30.44	-
Pasa #200	152.2		<b>30.44</b>		
Total muestra		453.8			
Total - Cuarteo (gr)		453.8			
CLASIFICACIÓN					
Grava		0.40%			
Arena		69.16%			
Finos		30.44%			
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y representando el 'Porcentaje que pasa (%)' (de 0% a 100%) y el eje X representando el 'Tamaño de las partículas (mm)' (de 10.00 a 0.01 en escala logarítmica). La curva es una línea amarilla que conecta los puntos de datos. Se han trazado líneas horizontales y verticales para resaltar los puntos clave de retención y paso.</p>					
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla			
SUCS	SC				

Anexo E-2. Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG																				
ESPECIFICACIONES																				
MÉTODO:	NORMAS:			MUESTRA:		ABSCISA:														
Copa de Casagrande	ASTM: D4318			PCA 2 - Subrasante		km 10+080														
LÍMITE LÍQUIDO																				
Recipiente	40	67	B1	C5	22	41	87	80												
Peso muestra hum+ rec	17.7	17.9	18.1	18.7	12.9	12.7	19.4	20.3												
Peso muestra seca+ rec	16	16.3	16.5	17	11.7	11.5	18.2	19.1												
Peso del recipiente	11.9	12.1	11.8	12.3	6.5	6.5	12.5	13.4												
Peso agua (w <sub>w</sub> )	1.70	1.60	1.60	1.70	1.20	1.20	1.20	1.20												
Peso muestra seca (w <sub>s</sub> )	4.10	4.20	4.70	4.70	5.10	5.04	5.70	5.70												
Contenido de humedad w%	41.46%	38.10%	34.04%	36.17%	23.53%	23.81%	21.05%	21.05%												
Promedio de (w%)	39.78%		35.11%		23.67%		21.05%													
Número de golpes	10		14		28		39													
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO																				
<p>El gráfico muestra el contenido de humedad (%) en el eje Y (rango 15% a 45%) frente al número de golpes en el eje X (rango 0 a 45). Se han trazado los puntos de datos y una curva de ajuste con la ecuación <math>y = -0.143\ln(x) + 0.7266</math>. Una línea horizontal roja indica el límite líquido en 26.63%, que se encuentra en el punto donde el número de golpes es 25.</p> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico Límite Líquido</caption> <thead> <tr> <th>Número de golpes</th> <th>Contenido de humedad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>39.78%</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>35.11%</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>26.63%</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>23.67%</td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>21.05%</td> </tr> </tbody> </table>									Número de golpes	Contenido de humedad (%)	10	39.78%	14	35.11%	25	26.63%	28	23.67%	39	21.05%
Número de golpes	Contenido de humedad (%)																			
10	39.78%																			
14	35.11%																			
25	26.63%																			
28	23.67%																			
39	21.05%																			
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido															
	0	26.63%	25	0.00%	26.63%															
	25	26.63%	25	26.63%																
LÍMITE PLÁSTICO																				
Recipiente N°	7	A3	16	D5	4	D14														
Peso de la muestra hum+ rec	8.1	8.4	7.4	7.9	8.3	8.11														
Peso de la muestra seca+ rec	7.9	8.2	7.2	7.78	8.2	8.07														
Peso del recipiente	7.0	7.3	6.2	6.8	7.2	7.8														
Peso del agua (W <sub>w</sub> )	0.20	0.20	0.20	0.12	0.10	0.04														
Peso de la muestra seca (W <sub>s</sub> )	0.90	0.90	1.00	0.98	1.00	0.27														
Contenido de humedad (w%)	22.22%	22.22%	20.00%	12.24%	10.00%	14.81%														
Promedio de (w%)	16.92%																			
IP=LL - LP	9.71%																			
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO																				
Norma	Clasificación de Grupo			Tipo de Material																
AASHTO	A-2-6			Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla																
SUCS	SC																			

## Anexo E-2. Compactación

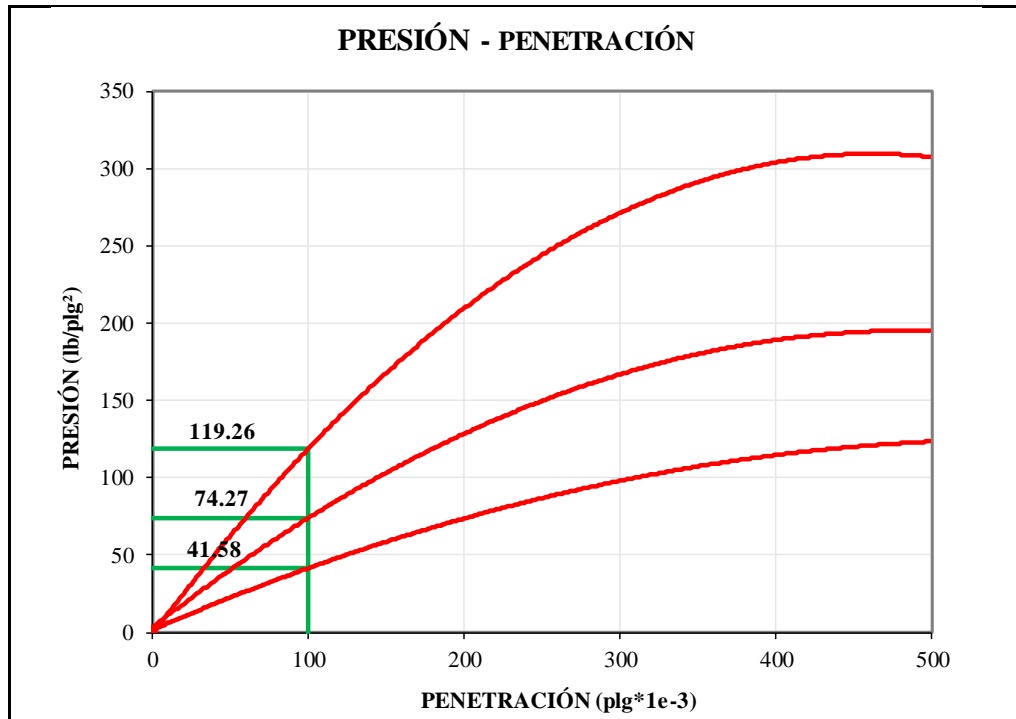
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			Muestra: Subrasante (PCA 2)				
Abscisa: km 10+900	Norma: AASHTO T-180			Método: C				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Nº Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9130	10143	10443	9799				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2673	3686	3986	3342				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	11.60	11.60	11.60	11.60				
Diámetro de la muestra (cm)	15.30	15.30	15.30	15.30				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.253	1.728	1.869	1.567				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente Nº	6	5	8	1	13	4	28	15
Peso húmedo + recipiente (Wm+W <sub>r</sub> )	60.12	45.65	46.48	45.54	57.76	67.92	67.98	69
Peso seco + recipiente (Ws+W <sub>r</sub> )	57.66	43.89	43	42.09	50.38	58.21	55.46	56
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	12.13	13.29	16.93	16.69	16.7	12	13.39	11.99
Peso agua (W <sub>w</sub> )	2.46	1.76	3.48	3.45	7.38	9.71	12.52	13.00
Peso de la muestra seca (ws)	45.53	30.60	26.07	25.40	33.68	46.21	42.07	44.01
Contenido de humedad w%	5.40%	5.75%	13.35%	13.58%	21.91%	21.01%	29.76%	29.54%
Contenido de humedad promedio	5.58%		13.47%		21.46%		29.65%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.187	1.523	1.539	1.208				
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
<p> <math>\gamma_{max} = 1.572</math>  <math>W\% \text{ óptimo} = 17.79\%</math>  <math>y = -25.857x^2 + 9.2009x + 0.7539</math> </p>								
Peso Volumétrico Seco Máximo $\gamma_d$ :	1.572							
Óptimo Contenido de Humedad w:	17.79%							



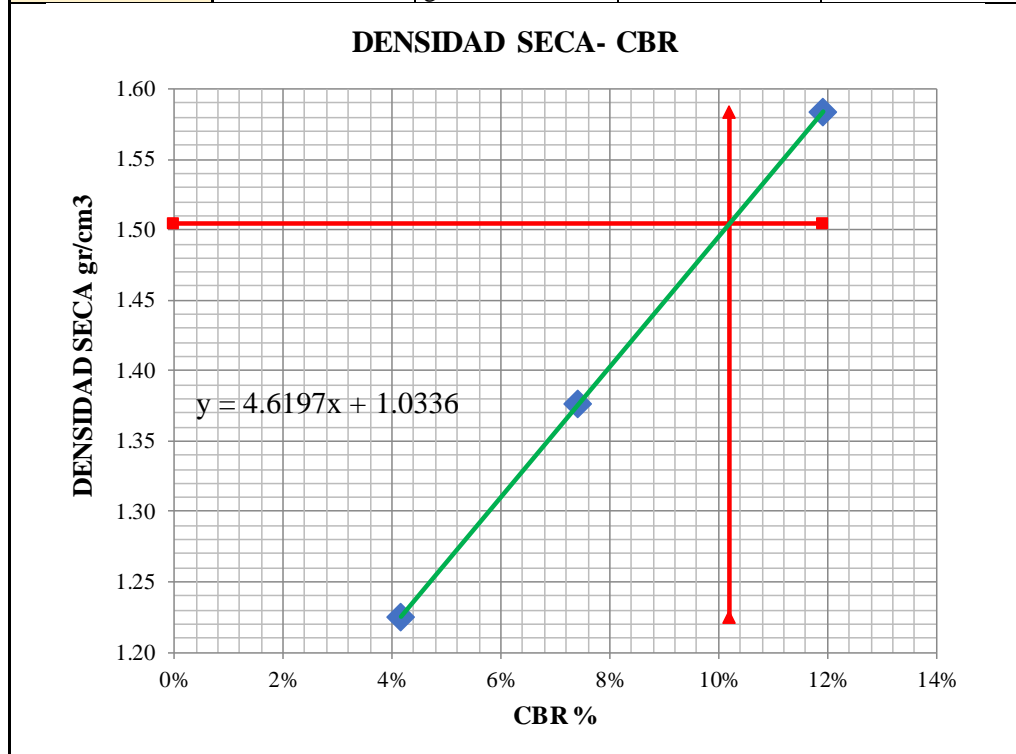
Anexo E-2. CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CBR																	
ESPECIFICACIONES																	
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%): 17.79%										
Muestra: Subrasante							Abscisa: km 10+900										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																	
MOLDE			G8				G5				G3						
N° de capas			5				5				5						
N° de golpes			56				27				11						
Cond. Muestra			Antes del remojo														
P. húmedo + molde			9976				9433				9076						
Peso molde			6045				6004				6049						
Peso húmedo			3931				3429				3027						
Volumen muestra			2116				2123				2110						
Densidad húmeda			1.858				1.615				1.435						
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°			11		13		14		15		12		10				
P. hum. + recipiente			77.11		83.42		80.33		65.89		109.76		99.65				
P. seco + recipiente			70		75.23		72.65		60.34		97.81		89.17				
Peso recipiente			28.7		27.9		28.1		28.3		27.7		27.9				
Peso agua			7.11		8.19		7.68		5.55		11.95		10.48				
Peso de sólidos			41.3		47.33		44.55		32.04		70.11		61.27				
Contenido humedad %			17.22%		17.30%		17.24%		17.32%		17.04%		17.10%				
Promedio			17.26%				17.28%				17.07%						
Densidad seca			1.584				1.377				1.225						
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																	
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg <sup>2</sup>				Norma: ASTM D 1883						
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 *1e-3		Leída	Corr			Leída	Corr			Leída	Corr			
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00				
0	0	0.64	25	99	33.00			67	22.33			32	10.67				
1	0	1.27	50	157	52.33			112	37.33			77	25.67				
1	0	1.91	75	271	90.33			185	61.67			96	32.00				
2	0	2.54	100	377	125.67	119.26	11.93	231	77.00	74.27	7.43	124	41.33	41.58	4.16		
3	0	3.81	150	547	182.33			322	107.33			183	61.00				
4	0	5.08	200	609	203.00			387	129.00			227	75.67				
5	0	6.35	250	733	244.33			459	153.00			259	86.33				
6	0	7.62	300	811	270.33			497	165.67			297	99.00				
8	0	10.16	400	894	298.00			532	177.33			325	108.33				
10	0	12.7	500	935	311.67			606	202.00			381	127.00				
CBR Corregido								11.93					7.43				

**Anexo E-2. Gráfica de Penetración - CBR**



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.584	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 56	11.93%
Densidad 27	1.377	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 27	7.43%
Densidad 11	1.225	gr/cm <sup>3</sup>	CBR 11	4.16%



DENSIDAD MAX		1.584		
95% DE DM	1.51	1.51	1.225	1.584
	0	11.93%	10.21%	10.21%
<b>10.21%</b>				

# Muestra 3

Abscisa 11+560

Coordenadas

Este: 756231 m

Zona: 17M

Norte: 9854465 m

1. Granulometría
2. Límites de consistencia
3. Proctor
4. CBR

Anexo E-3. Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS					
ESPECIFICACIONES					
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	500		
Muestra:	Subrasante	PCA:	3		
Profundidad:	1m - 1.15m	Abscisa:	km 11+560		
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	5.7	1.14	98.86	-
Pasa #4	423.4		<b>98.86</b>		
#10	2	51.2	10.24	89.76	-
#40	0.43	148.3	29.66	70.34	-
#100	0.15	241.8	48.36	51.64	-
#200	0.08	325.9	65.18	34.82	-
Pasa #200	174.1		<b>49.39</b>		
Total muestra		500			
Total - Cuarteo (gr)		500			
CLASIFICACIÓN					
Grava			1.14%		
Arena			64.04%		
Finos			34.82%		
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y representando el 'Porcentaje que pasa (%)' y el eje X representando el 'Tamaño de las partículas (mm)' en una escala logarítmica. La curva comienza en 100% para 10.00 mm y desciende hasta 0% para 0.075 mm. Se marcan los puntos de retención para los tamices #4, #10, #40, #100 y #200.</p>					
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla			
SUCS	SC				

Anexo E-3. Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:				MUESTRA:			
Copa de Casagrande	ASTM: D4318				PCA 3 - Subrasante			
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	22	41	B1	C5	40	67	86	90
Peso muestra hum+ rec	23.2	24.8	21.1	22.3	25.5	24.6	23.3	22.1
Peso muestra seca+ rec	21	22.5	19.9	21.2	24.2	23.2	22.4	21
Peso del recipiente	15.2	16.6	15.2	16.4	17.5	16.6	17.1	15.2
Peso agua (w <sub>w</sub> )	2.20	2.30	1.20	1.10	1.30	1.40	0.90	1.10
Peso muestra seca (w <sub>s</sub> )	5.80	5.90	4.70	4.80	6.70	6.60	5.30	5.80
Contenido de humedad w <sub>%</sub>	37.93%	38.98%	25.53%	22.92%	19.40%	21.21%	16.98%	18.97%
Promedio de (w <sub>%</sub> )	38.46%		24.22%		20.31%		17.97%	
Número de golpes	11		23		38		46	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
<p>Contenido de humedad (%)</p> <p>Número de golpes</p> <p><math>y = -0.141\ln(x) + 0.7107</math></p> <p>Puntos de datos: (11, 38.46%), (23, 24.22%), (38, 20.31%), (46, 17.97%)</p>								
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido			
	0	25.68%	25	0.00%	25.68%			
	25	25.68%	25	25.68%				
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7	A3	16	D5	4	D14		
Peso de la muestra hum+ rec	7.4	8.1	7.9	7.8	7.5	7.7		
Peso de la muestra seca+ rec	7.3	7.9	7.7	7.6	7.3	7.5		
Peso del recipiente	6.6	6.6	6.5	6.5	6.4	6.4		
Peso del agua (W <sub>w</sub> )	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Peso de la muestra seca (W <sub>s</sub> )	0.70	1.30	1.20	1.10	0.90	1.10		
Contenido de humedad (w <sub>%</sub> )	14.29%	15.38%	16.67%	18.18%	22.22%	18.18%		
Promedio de (w <sub>%</sub> )	17.49%							
IP=LL - LP	8.20%							
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO								
Norma	Clasificación de Grupo				Tipo de Material			
AASHTO	A-2-6				Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla			
SUCS	SC							

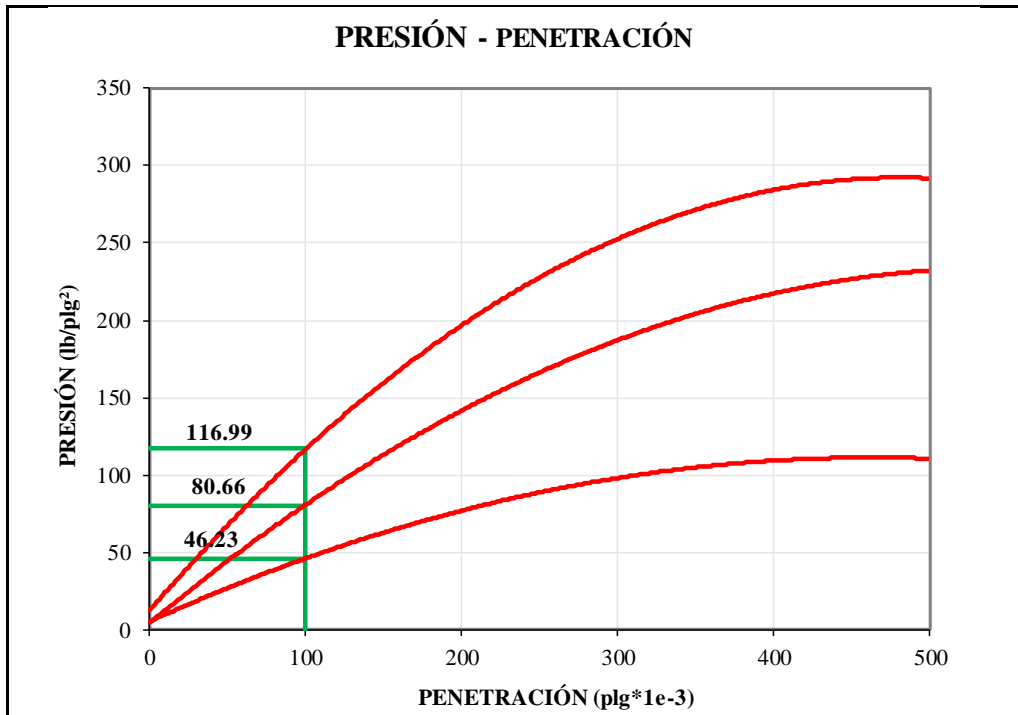
### Anexo E-3. Compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			Muestra: Subrasante (PCA 3)				
Abscisa: km 11+560	Norma: AASHTO T-180			Método: C				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Nº Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9194	9930	10231	10024				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2737	3473	3774	3567				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	11.60	11.60	11.60	11.60				
Diámetro de la muestra (cm)	15.30	15.30	15.30	15.30				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.283	1.628	1.769	1.672				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente Nº	AB	C-20	176	T41	C-15	43	C27	10
Peso húmedo + recipiente (Wm+W <sub>r</sub> )	47.95	50.6	51.44	54.52	92.9	72.22	80.76	86.45
Peso seco + recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	45.76	48.48	46.97	49.72	80.98	64	67.43	71.88
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	12.2	16.7	12.01	11.41	18.15	20.14	12	12.11
Peso agua (W <sub>w</sub> )	2.19	2.12	4.47	4.80	11.92	8.22	13.33	14.57
Peso de la muestra seca (w <sub>s</sub> )	33.56	31.78	34.96	38.31	62.83	43.86	55.43	59.77
Contenido de humedad w%	6.53%	6.67%	12.79%	12.53%	18.97%	18.74%	24.05%	24.38%
Contenido de humedad promedio	6.60%	12.66%	18.86%	24.21%				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.204	1.445	1.489	1.346				
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
Peso Volumétrico Seco Máximo $\gamma_d$ :	1.497							
Óptimo Contenido de Humedad w:	16.88%							

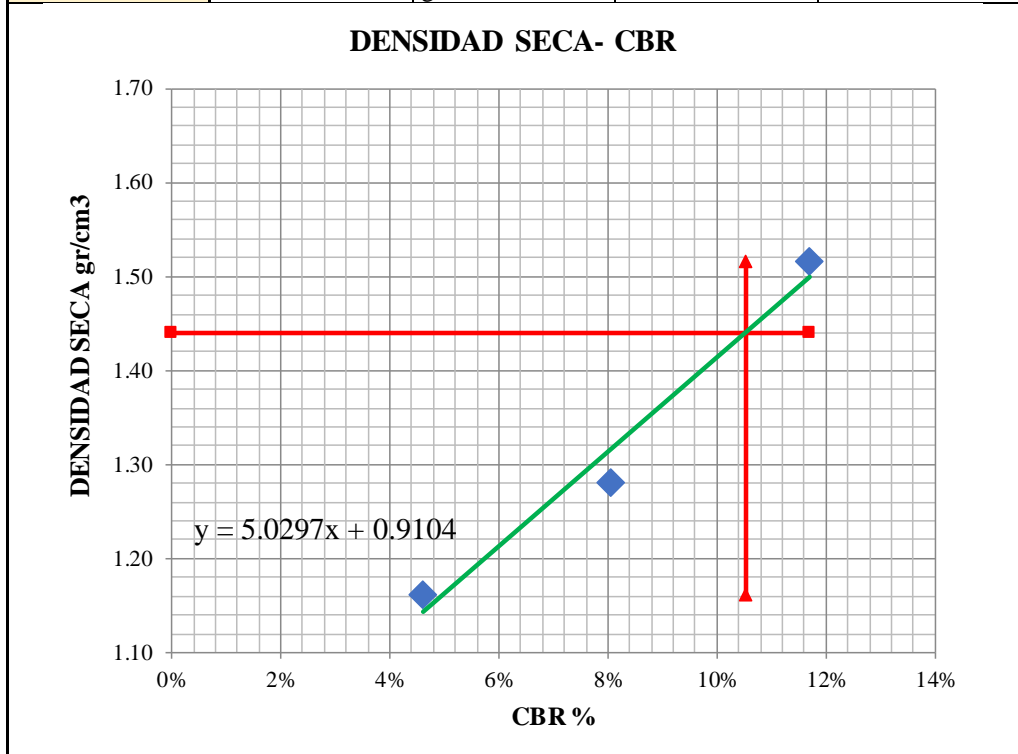
Anexo E-3. CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CBR																	
ESPECIFICACIONES																	
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%): 16.88%										
Muestra: Subrasante							Abscisa: km 11+560										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																	
MOLDE				G8				G5				G3					
N° de capas				5				5				5					
N° de golpes				56				27				11					
Cond. Muestra				Antes del remojo													
P. húmedo + molde				11222				10433				9654					
Peso molde				6814				7028				6800					
Peso húmedo				4408				3405				2854					
Volumen muestra				2490				2286				2109					
Densidad húmeda				1.770				1.490				1.353					
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°				D36		D17		M29		C20		D22		B37			
P. hum. + recipiente				59.76		63.64		62.71		58.95		70.43		75.41			
P. seco + recipiente				53.11		56.42		56.59		53		62.34		66.43			
Peso recipiente				13.29		13.41		19.1		16.7		13.29		12.13			
Peso agua				6.65		7.22		6.12		5.95		8.09		8.98			
Peso de sólidos				39.82		43.01		37.49		36.3		49.05		54.3			
Contenido humedad %				16.70%		16.79%		16.32%		16.39%		16.49%		16.54%			
Promedio				16.74%				16.36%				16.52%					
Densidad seca				1.516				1.280				1.161					
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																	
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg <sup>2</sup>				Norma: ASTM D 1883						
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 *1e-3		Leída	Corr			Leída	Corr			Leída	Corr			
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00				
0	0	0.64	25	125	41.67			88	29.33			44	14.67				
1	0	1.27	50	202	67.33			112	37.33			96	32.00				
1	0	1.91	75	311	103.67			185	61.67			114	38.00				
2	0	2.54	100	383	127.67	116.99	11.70	277	92.33	80.66	8.07	156	52.00	46.23	4.62		
3	0	3.81	150	480	160.00			363	121.00			188	62.67				
4	0	5.08	200	589	196.33			412	137.33			234	78.00				
5	0	6.35	250	676	225.33			493	164.33			256	85.33				
6	0	7.62	300	749	249.67			562	187.33			298	99.33				
8	0	10.16	400	823	274.33			631	210.33			312	104.00				
10	0	12.7	500	898	299.33			711	237.00			343	114.33				
CBR Corregido								11.70					8.07				

Anexo E-3. Gráfica de Penetración - CBR



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.516	gr/cm3	CBR 56	11.70%
Densidad 27	1.280	gr/cm3	CBR 27	8.07%
Densidad 11	1.161	gr/cm3	CBR 11	4.62%



DENSIDAD MAX		1.584		
95% DE DM	1.44	1.44	1.161	1.516
	0	11.70%	10.54%	10.54%
<b>10.54%</b>				



# Muestra 4

Abscisa 12+580

Coordenadas

Este: 756967 m

Zona: 17M

Norte: 9853911 m

1. Granulometría
2. Límites de consistencia
3. Proctor
4. CBR

Anexo E-4. Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS					
ESPECIFICACIONES					
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	500		
Muestra:	Subrasante	PCA:	4		
Profundidad:	1m - 1.15m	Abscisa:	km 12+580		
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	1.40	98.60	-
Pasa #4	493		<b>98.60</b>		
#10	2	34	6.80	93.20	-
#40	0.43	137.1	27.42	72.58	-
#100	0.15	273.2	54.64	45.36	-
#200	0.08	351.3	70.26	29.74	-
Pasa #200	148.7		<b>29.74</b>		
Total muestra		500			
Total - Cuarteo (gr)		500			
CLASIFICACIÓN					
Grava		1.40%			
Arena		68.86%			
Finos		29.74%			
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que pasa (%)' y el eje X como 'Tamaño de las partículas (mm)'. La curva es una línea amarilla que conecta los puntos de datos. Se han trazado líneas horizontales y verticales para resaltar los puntos clave de retención y el porcentaje que pasa en cada tamiz.</p>					
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla			
SUCS	SC				

### Anexo E-4. Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:				MUESTRA:			
Copa de Casagrande	ASTM: D4318				PCA 4 - Subrasante			
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	22	41	B1	C5	40	67	86	90
Peso muestra hum+ rec	21.4	23.1	20.3	21.3	24.8	23.3	24.2	24.9
Peso muestra seca+ rec	19	20.5	18.9	19.9	23	21.4	22.7	23.3
Peso del recipiente	13.2	14.6	13.2	14.1	14.6	13.2	14.1	14.6
Peso agua (w <sub>w</sub> )	2.40	2.60	1.40	1.40	1.80	1.90	1.50	1.60
Peso muestra seca (w <sub>s</sub> )	5.80	5.90	5.70	5.80	8.40	8.20	8.60	8.70
Contenido de humedad w%	41.38%	44.07%	24.56%	24.14%	21.43%	23.17%	17.44%	18.39%
Promedio de (w%)	42.72%		24.35%		22.30%		17.92%	
Número de golpes	9		17		30		47	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido			
	0	24.56%	25	0.00%	24.56%			
	25	24.56%	25	24.56%				
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7	A3	16	D5	4	D14		
Peso de la muestra hum+ rec	7.9	8	7.9	8	8.1	8.2		
Peso de la muestra seca+ rec	7.7	7.8	7.7	7.8	7.9	8		
Peso del recipiente	6.7	6.7	6.5	6.5	6.5	6.7		
Peso del agua (W <sub>w</sub> )	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Peso de la muestra seca (W <sub>s</sub> )	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.30		
Contenido de humedad (w%)	20.00%	18.18%	16.67%	15.38%	14.29%	15.38%		
Promedio de (w%)	16.65%							
IP=LL - LP	7.91%							
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO								
Norma	Clasificación de Grupo		Tipo de Material					
AASHTO	A-2-6		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla					
SUCS	SC							

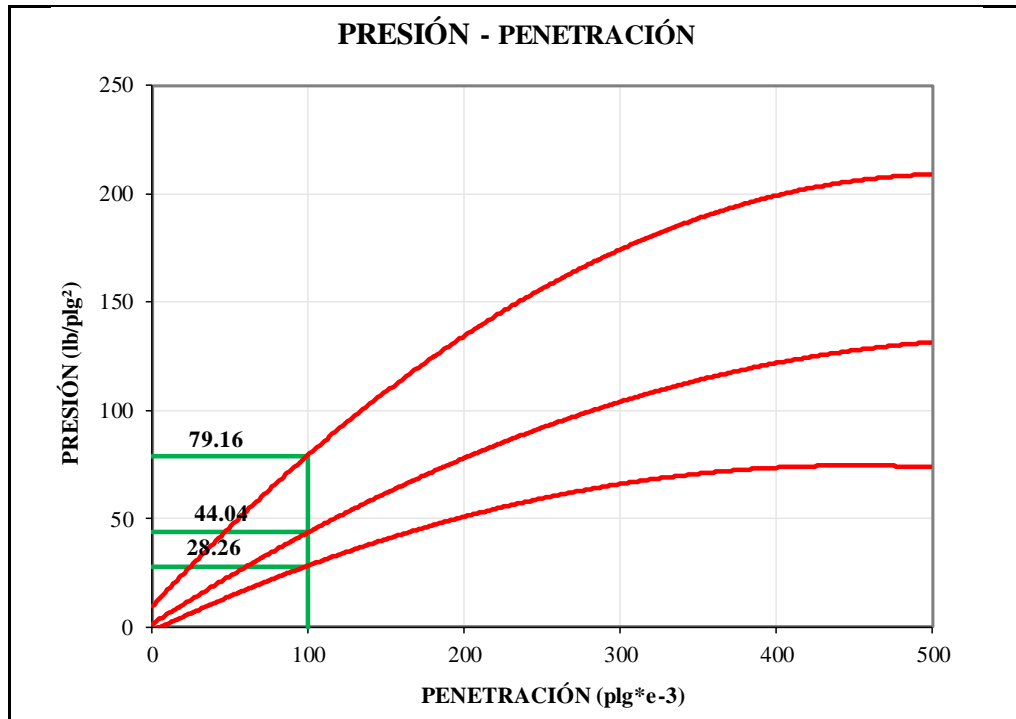
## Anexo E-4. Compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			Muestra: Subrasante (PCA 4)				
Abscisa: km 12+580	Norma: AASHTO T-180			Método: C				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Nº Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	6%	12%	18%	24%				
Peso suelo + recipiente	8875	9866	10123	9675				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2418	3409	3666	3218				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	11.60	11.60	11.60	11.60				
Diámetro de la muestra (cm)	15.30	15.30	15.30	15.30				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.509	1.509	1.509	1.509				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente Nº	5	6	54	3	51	57	59	88
Peso húmedo + recipiente (Wm+W <sub>r</sub> )	60.34	49.82	54.72	48.65	56.29	63.93	94.04	85.63
Peso seco + recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	57.88	47.88	50.24	44.78	49.64	56.22	78.44	71.87
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.96	12.11	11.78	11.29	12.01	12.14	12.16	12.24
Peso agua (W <sub>w</sub> )	2.46	1.94	4.48	3.87	6.65	7.71	15.60	13.76
Peso de la muestra seca (w <sub>s</sub> )	45.92	35.77	38.46	33.49	37.63	44.08	66.28	59.63
Contenido de humedad w%	5.36%	5.42%	11.65%	11.56%	17.67%	17.49%	23.54%	23.08%
Contenido de humedad promedio	5.39%		11.60%		17.58%		23.31%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.076	1.432	1.432	1.462	1.462	1.462	1.224	1.224
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
Peso Volumétrico Seco Máximo $\gamma_d$ :	1.486							
Óptimo Contenido de Humedad w:	15.33%							

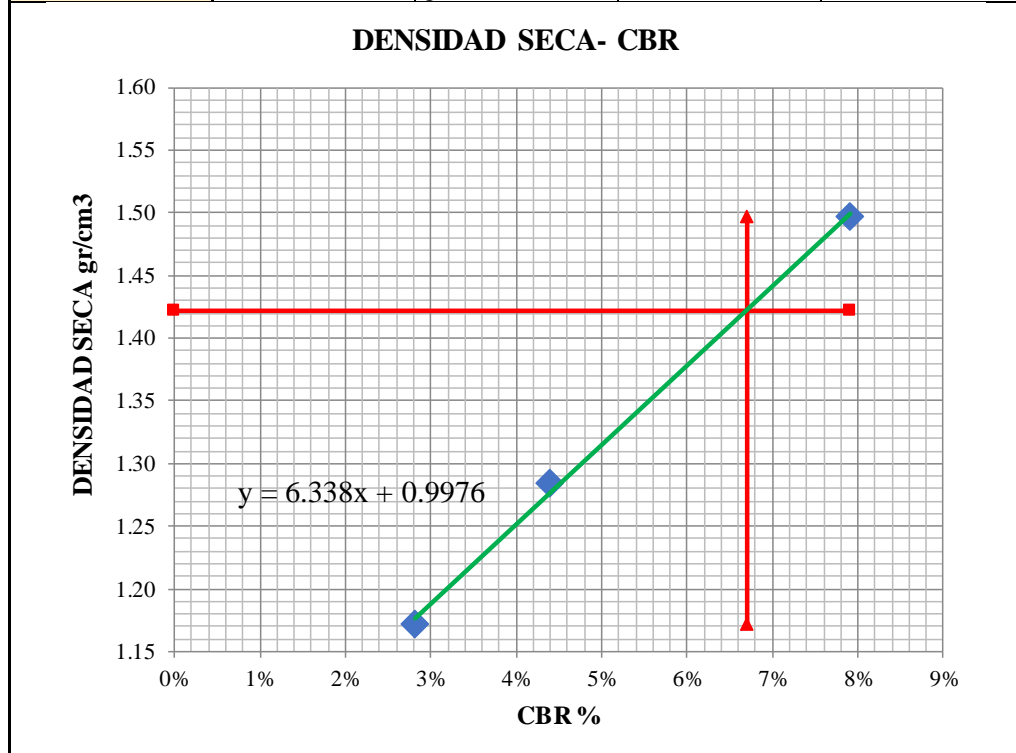
Anexo E-4. CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CBR																	
ESPECIFICACIONES																	
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%): 15.33%										
Muestra: Subrasante							Abscisa: km 12+580										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																	
MOLDE			G12				G6				G1						
N° de capas			5				5				5						
N° de golpes			56				27				11						
Cond. Muestra			Antes del remojo														
P. húmedo + molde			11233				10509				10134						
Peso molde			7234				7098				7112						
Peso húmedo			3999				3411				3022						
Volumen muestra			2311				2295				2234						
Densidad húmeda			1.730				1.486				1.353						
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°			17		23		11		8		2		5				
P. hum. + recipiente			92.11		88.54		92.39		77.62		61.94		90.09				
P. seco + recipiente			82.43		79.28		82.76		69.76		56.38		80.69				
Peso recipiente			20.16		20.12		21.08		20		20.4		20.14				
Peso agua			9.68		9.26		9.63		7.86		5.56		9.4				
Peso de sólidos			62.27		59.16		61.68		49.76		35.98		60.55				
Contenido humedad %			15.55%		15.65%		15.61%		15.80%		15.45%		15.52%				
Promedio			15.60%				15.70%				15.49%						
Densidad seca			1.497				1.285				1.171						
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																	
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg <sup>2</sup>				Norma: ASTM D 1883						
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 *1e-3		Leída	Corr			Leída	Corr			Leída	Corr			
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00				
0	0	0.64	25	92	30.67			56	18.67			24	8.00				
1	0	1.27	50	159	53.00			69	23.00			42	14.00				
1	0	1.91	75	202	67.33			98	32.67			61	20.33				
2	0	2.54	100	243	81.00	79.16	7.92	124	41.33	44.04	4.40	69	23.00	28.26	2.83		
3	0	3.81	150	332	110.67			176	58.67			124	41.33				
4	0	5.08	200	398	132.67			244	81.33			163	54.33				
5	0	6.35	250	465	155.00			281	93.67			188	62.67				
6	0	7.62	300	511	170.33			311	103.67			197	65.67				
8	0	10.16	400	598	199.33			367	122.33			211	70.33				
10	0	12.7	500	632	210.67			393	131.00			225	75.00				
CBR Corregido								7.92					4.40				

**Anexo E-4. Gráfica de Penetración - CBR**



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.497	gr/cm3	CBR 56	7.92%
Densidad 27	1.285	gr/cm3	CBR 27	4.40%
Densidad 11	1.171	gr/cm3	CBR 11	2.83%



DENSIDAD MAX	1.584			
95% DE DM	1.42	1.42	1.171	1.497
	0	7.92%	6.70%	6.70%
	<b>6.70%</b>			

# **ANEXO F**

## **Fotografías y Justificación de Cantidades**

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



**Descripción:** Marcación de abscisas en la vía Ambato - Tisaleo, en el tramo 9+600 hasta 12+800



**Descripción:** Ejecución del pozo a cielo abierto, para extraer las muestras del suelo



**Descripción:** Medición de la falla de piel de cocodrilo en la carpeta asfáltica



**Descripción:** Medición de la falla de depreciación en la carpeta asfáltica





**Descripción:** Nivelación de la viga Benkelman previo a la medición de las deflexiones



**Descripción:** Colocación del termómetro en la perforación de la capa de rodadura para medir su temperatura



**Descripción:** Análisis granulométrico de la muestra de suelo.



**Descripción:** Determinación del límite líquido utilizando la Copa de Casagrande.



**Descripción:** Determinación del límite plástico de una muestra.



**Descripción:** medición del peso de las diferentes muestras.



**Descripción:** Compactación del suelo previo al ensayo del CBR.



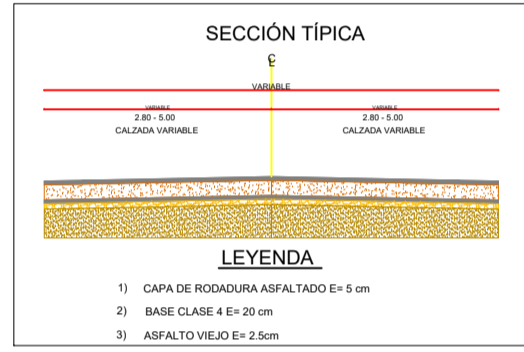
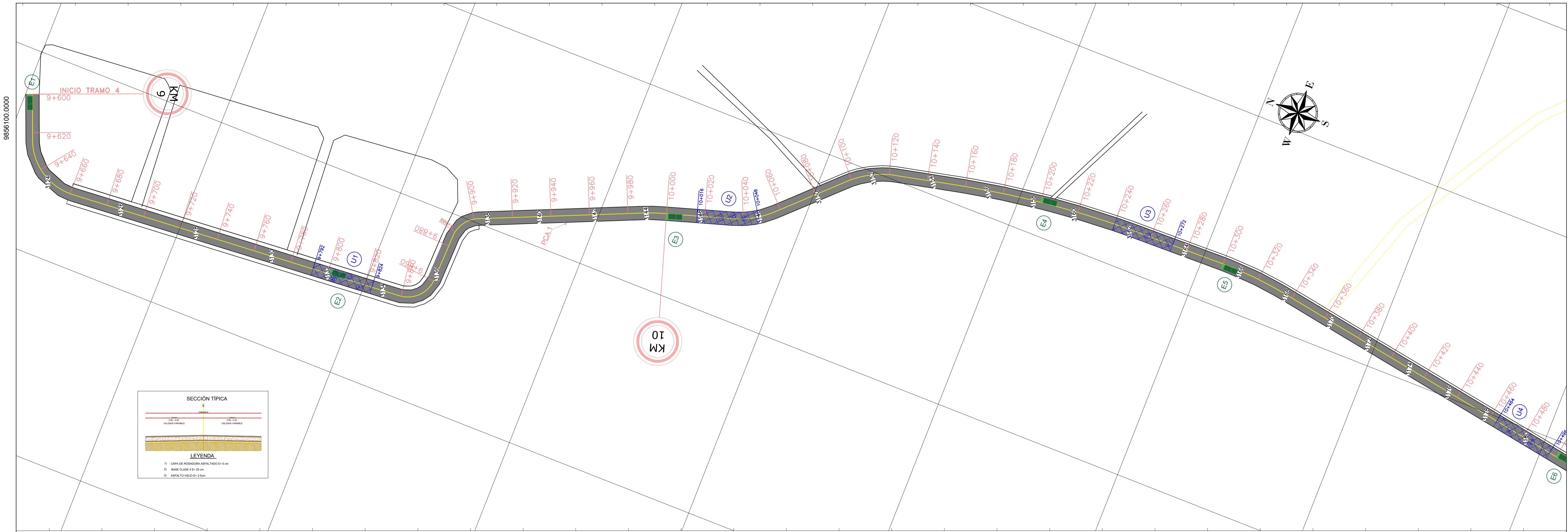
**Descripción:** Colocación del espécimen en la máquina para encontrar el valor de CBR.

Falla	Abscisas		Área por intervenir
	Inicial	Final	
Piel de cocodrilo	9+610	9+630	9.85 m <sup>2</sup>
	9+780	9+792	6.00 m <sup>2</sup>
	9+880	9+890	0.39 m <sup>2</sup>
	10+620	10+680	5.11 m <sup>2</sup>
	11+540	11+620	20.58 m <sup>2</sup>
	12+560	12+570	1.80 m <sup>2</sup>
	12+720	12+760	20.00 m <sup>2</sup>
	12+780	12+800	3.66 m <sup>2</sup>
Fisuras longitudinales y transversales	9+660	9+680	1.25 m
	9+720	9+800	29.80 m
	9+840	9+880	50.80 m
	9+980	9+990	2.60 m
	10+260	10+280	14.20 m
	10+560	10+580	5.50 m
	10+620	10+680	19.05 m
	10+820	10+840	12.30 m
	10+900	10+910	4.00 m
	10+970	10+980	1.60 m
	11+140	11+160	4.20 m
	11+720	11+740	20.50 m
	11+840	11+860	4.10 m
	12+080	12+100	18.70 m
	12+210	12+260	8.30 m
	12+320	12+340	4.15 m
12+512	12+520	9.00 m	
12+560	12+800	26.40 m	
Bache	9+660	9+680	0.66 m <sup>2</sup>
	10+120	10+130	3.69 m <sup>2</sup>
	10+350	10+360	0.47 m <sup>2</sup>
	11+320	11+340	5.67 m <sup>2</sup>
	11+660	11+670	0.44 m <sup>2</sup>
	12+400	12+410	0.63 m <sup>2</sup>
	12+560	12+800	0.52 m <sup>2</sup>
Desprendimiento de agregados	11+620	11+640	2.17 m <sup>2</sup>

# **ANEXO G**

## **Planos**





756300.0000

756700.0000

756600.0000

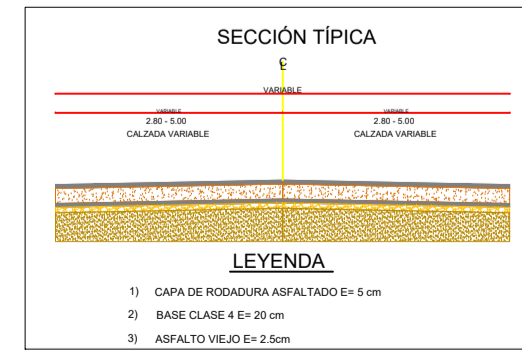
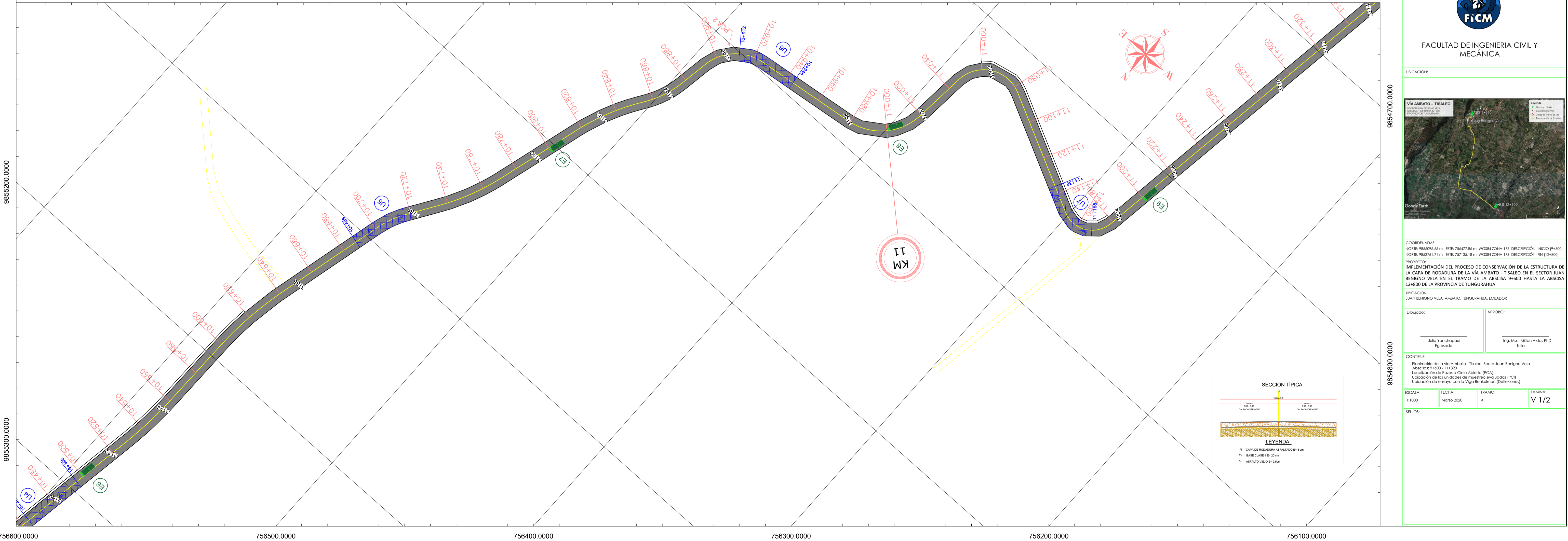
756400.0000

756500.0000

756400.0000

756500.0000

756300.0000



756600.0000


756500.0000

756400.0000

756300.0000


756200.0000

756100.0000



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA**

UBICACIÓN:



COORDENADAS:  
 NORTE: 985676.65 m ESTE: 75477.86 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: INICIO (9+600)  
 NORTE: 985374.71 m ESTE: 75135.18 m WGS84 ZONA 17S DESCRIPCIÓN: FIN (11+300)

PROYECTO:  
 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO - TISALEO EN EL SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSICSA 9+600 HASTA LA ABSICSA 12+800 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

UBICACIÓN:  
 JUAN BENIGNO VELA, AMBATO, TUNGURAHUA, ECUADOR

Dibujado: Julio Yanchapasi Egresado

AFICIBO: Ing. MSc. Milton Aidas PhD. Suñer

CONTIENE:  
 Planimetría de la vía Ambato - Tisaleo, Secto. Juan Benigno Vela  
 Abscisa: 9+600 - 11+300  
 Localización de Puntos de Cielo Abierto (PCA)  
 Ubicación de las unidades de muestreo evaluadas (PCU)  
 Ubicación de ensayo con la Viga Benetton (Deflexiones)

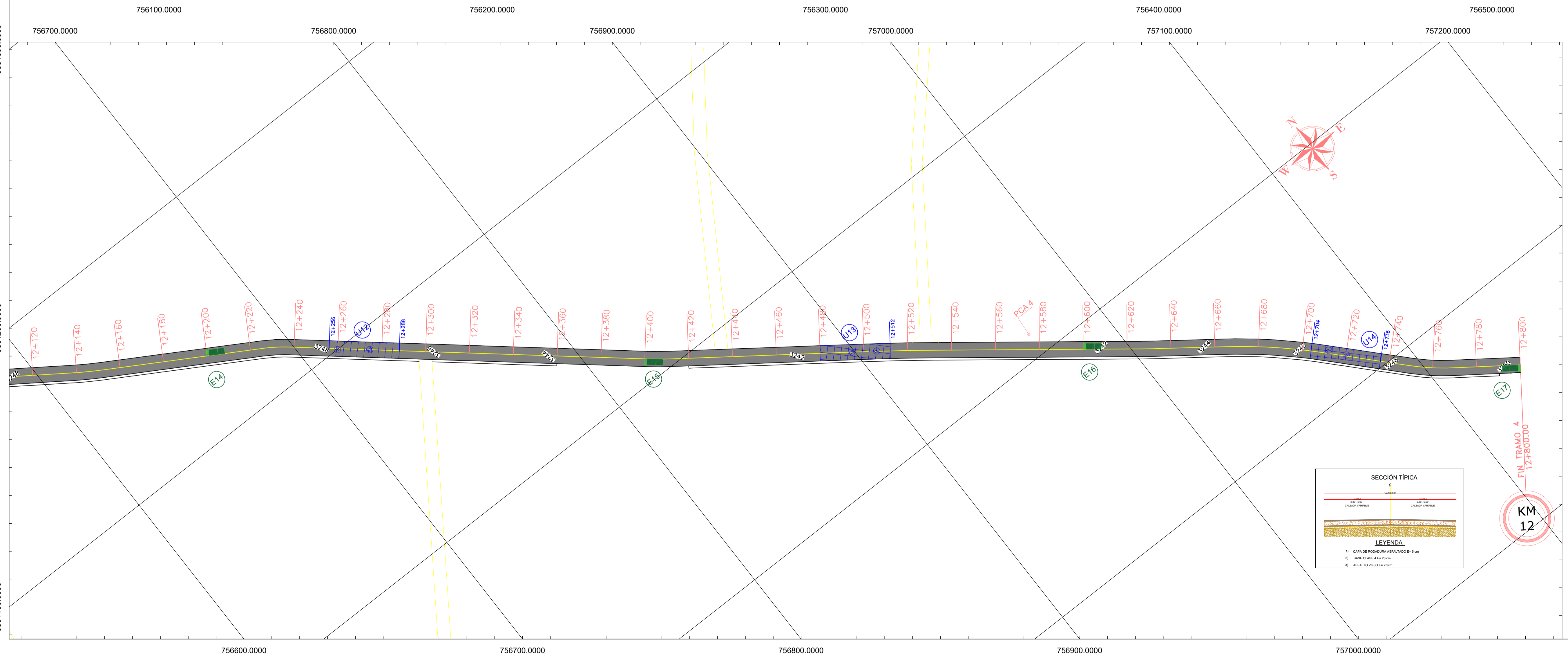
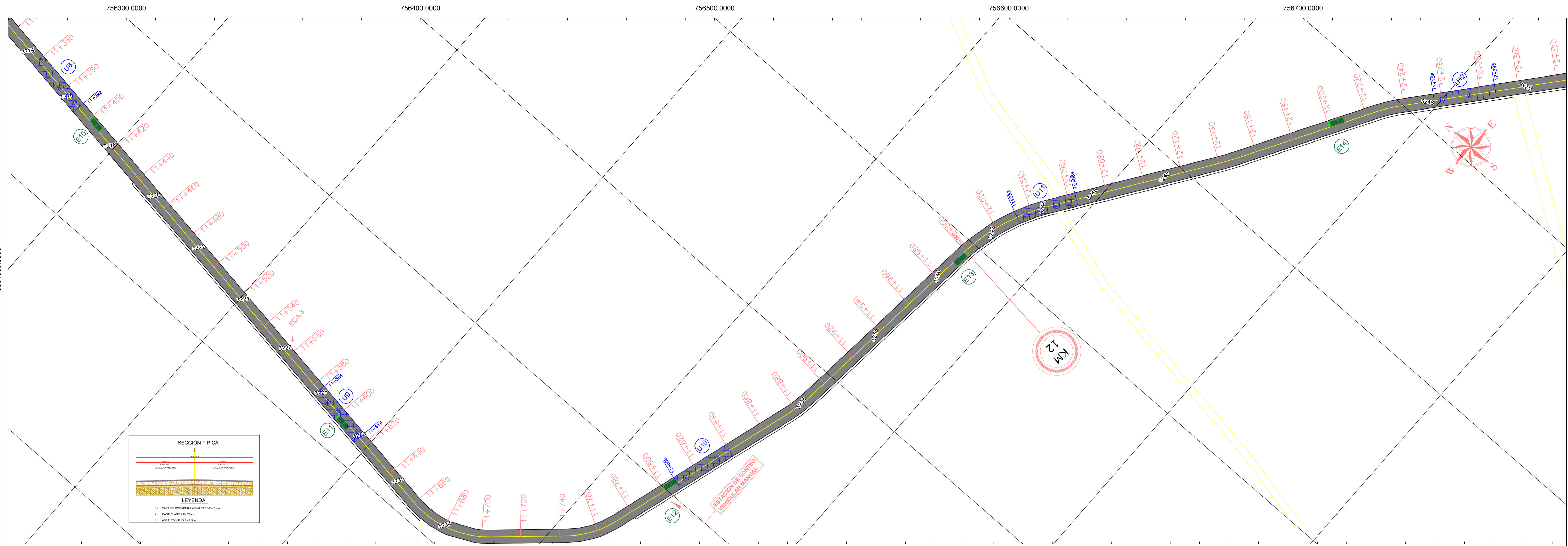
ESCALA: 1:1000    FECHA: Marzo 2020    TRAMO: 4    LÁMINA: V 1/2

SELLOS:

9854700.0000

9854800.0000





**FICM**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

UBICACIÓN:

COORDENADAS:  
NORTE: 9854076.45 m. ESTE: 756477.86 m. WGS84 ZONA 17S. DESCRIPCIÓN: INICIO (P+400)  
NORTE: 9853761.71 m. ESTE: 757135.18 m. WGS84 ZONA 17S. DESCRIPCIÓN: FIN (12+800)

PROYECTO:  
IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO - TISALEO EN EL SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSICSA 9+600 HASTA LA ABSICSA 12+800 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

UBICACIÓN:  
JUAN BENIGNO VELA, AMBATO, TUNGURAHUA, ECUADOR

Dibujado: Julio Yanchapopi Eguisaco

APROBÓ: Ing. MSc. Milton Aidas PhD. Suñer

CONTIENE:  
Planimetría de la vía Ambato - Tisaleo, Secto. Juan Benigno Vela  
Abscisa: 11+350 - 12+800  
Localización de Puntos de Cero Alberto (PCA)  
Ubicación de las unidades de muestreo evaluadas (PCU)  
Ubicación de ensayo con la Viga Benetton (Deflexiones)

ESCALA: 1:1000

FECHA: Marzo 2020

TRAMO: 4

LÁMINA: V 2/2

SELOS: