



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 SECTOR SANTA ROSA – JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO
DE LA ABSCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE
TUNGURAHUA”**

AUTOR: Danny Ismael Cajas Peralvo

TUTOR: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2021

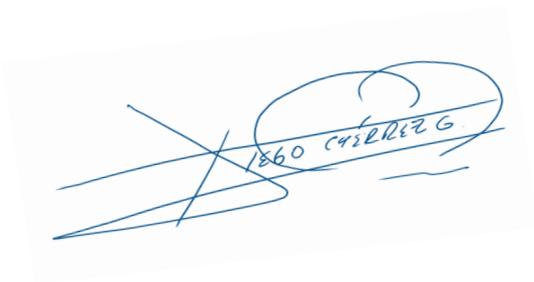
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – TISALEO SECTOR SANTA ROSA – JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** elaborado por el Sr. Danny Ismael Cajas Peralvo, portador de la cédula de ciudadanía: 050370965-1, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Enero 2021

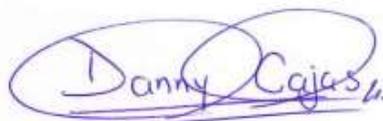


.....
Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Danny Ismael Cajas Peralvo, con CI: 050370965-1 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 SECTOR SANTA ROSA – JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Febrero 2021

A handwritten signature in blue ink that reads "Danny Cajas" with a stylized flourish at the end.

Danny Ismael Cajas Peralvo

CI: 0503709651

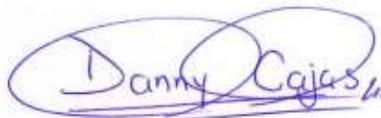
AUTOR

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, Febrero 2021

A handwritten signature in blue ink that reads "Danny Cajas". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath it.

Danny Ismael Cajas Peralvo

CI: 0503709651

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal aprueban el informe del proyecto técnico, realizado por el estudiante Danny Ismael Cajas Peralvo, 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 SECTOR SANTA ROSA – JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Ambato, Febrero 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandun
Miembro del Tribunal

Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado
Miembro del Tribunal

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mis padres y hermanos, por ser mi sustento y mi fortaleza para seguir adelante y luchar por mis metas, gracias por todo el apoyo y confianza depositada en mi persona.

A mi abuelito Gabriel aunque ya no lo tenga conmigo sé que está orgulloso por el logro obtenido, a mis hermosos sobrinos que con sus sonrisas, se vuelven la razón diaria de esforzarme y no olvidarme quien soy.

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

Danny Ismael Cajas Peralvo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todopoderoso por haberme permitido culminar con este proyecto que es un enorme paso para mi vida profesional.

Agradecido con cada detalle y momento que pude vivir durante mi preparación en esta carrera y trabajo de titulación, por cada día que me permitió no solo despertar, sino que me permitió continuar con salud, fuerza; rodeado de personas maravillosas que me permitieron creer y crecer no solo como profesional sino como persona. Sin sus bendiciones, este logro no hubiese sido posible.

Mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en especial al Ing. Mg. Diego Chérrez, por apoyarme en el desarrollo de este proyecto.

A mi familia, mis padres, hermanos, sobrinos por todo el apoyo brindado para el cumplimiento de esta meta. Por último agradecerles a mis amigos leales que siempre me apoyaron a seguir adelante, a nunca bajar la cabeza en situaciones difíciles, mil gracias a todos.

Danny Ismael Cajas Peralvo

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	2
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1 Definición de Vía	4
1.1.3.2 Definición de Pavimento	4
1.1.3.3 Principales tipos de Pavimentos	4
1.1.3.4 Composición de un Pavimento Flexible	5
1.1.3.5 Funciones de las distintas capas en un pavimento Flexible	5
1.1.3.6 Ciclo de Vida de un Pavimento	7
1.1.3.7 Ciclo de Vida Deseable de un Pavimento	7
1.1.3.8 Intervención para la conservación vial.	8
1.1.3.9 Nivel de Servicio a través del tiempo.	10
1.1.3.10 Factores de deterioro de un pavimento y tipos de fallas	11
1.1.3.11 Índice de Condición del Pavimento	12
1.1.3.12 Tránsito	19
1.1.3.13 Granulometría (Ensayo de Tamices)	19
1.1.3.14 CBR	21
1.1.3.15 Deflectometría	22
1.1.3.16 Viga Benkelman	22

1.2	Objetivos	24
1.1.4.	Objetivo General	24
1.1.5.	Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO II	25
2.2.1.	Plan de recolección de datos.....	28
2.2.2.	Plan de Procesamiento y Análisis de Información	29
CAPÍTULO III.....	35
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	35
3.1.1	Ubicación del Proyecto	35
3.1.2	Sistema Georreferenciado	36
3.1.3	Análisis de tráfico.....	36
3.1.4	Cálculo de Ejes Equivalentes	44
3.1.5	Evaluación superficial del pavimento asfáltico mediante el PCI.....	45
3.1.6	Resultados del índice de Condición de Pavimento (PCI).....	49
3.1.7	Determinación de Deflexiones en la Capa de Rodadura	50
3.1.8	Estudio de Suelos:	61
3.1.8.1	Límites de Atterberg:.....	62
3.1.8.2	Proctor Modificado Tipo B.....	63
3.1.8.3	Relación de Soporte de California (CBR)	63
3.1.9	Plan de conservación vial	64
CAPÍTULO IV	67
4.1.	Conclusiones.....	67
4.2.	Recomendaciones.....	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de calificación del Método PCI.....	12
Tabla 2. Intervención en base al rango PCI	12
Tabla 3. Nivel de Severidad	13
Tabla 4. Tamices empleados para el ensayo	20
Tabla 5. Clasificación de suelos de acuerdo a diferentes Sistemas de Clasificación	20
Tabla 6. Plan de recolección de datos	28
Tabla 7. Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento.....	34
Tabla 8. Coordenadas del proyecto	35
Tabla 9. Ubicación de la estación de conteo	37
Tabla 10. Número de Vehículos por día	37
Tabla 11. Resumen semanal del número de vehículos por hora	38
Tabla 12. Hora Pico.....	38
Tabla 13. Valor constante k de TPDA	39
Tabla 14. TPDA Actual.....	39
Tabla 15. Tráfico atraído del proyecto en análisis.	40
Tabla 16. TPDA TOTAL del proyecto en análisis	41
Tabla 17. Tipo de vehículo y su porcentaje de TPDA	41
Tabla 18. Índice de Crecimiento Vehicular	42
Tabla 19. Tráfico Futuro	42
Tabla 20. Clasificación de Carreteras en Función al Tráfico Proyectado.....	43
Tabla 21 . Valores de Factores de Daño en relación al tipo de vehículo	44
Tabla 22. Ejes Equivalentes	45
Tabla 23. Datos Generales de la vía en estudio.....	45
Tabla 24. Unidades Seleccionadas para determinar el PCI.....	48
Tabla 25. Resultados del índice de Condición de Pavimento (PCI)	49
Tabla 26. Registro de deflexiones obtenidas en campo de la vía Ambato – Tisaleo, abscisa 9+600 - 12+800	50
Tabla 27. Corrección por el brazo de la viga Benkelman con relación 1:2	51
Tabla 28. Deflexión corregida por temperatura	52

Tabla 29. Factores empleados en la corrección por estacionalidad	52
Tabla 30. Deflexión corregida con el factor de estacionalidad.....	53
Tabla 31. Radio de Curvatura	54
Tabla 32 Desviación estándar	55
Tabla 33. Probabilidad del Área de Estudio ($D > D_c$ %).....	56
Tabla 34. Tabla de Resumen.....	58
Tabla 35. Deflexión Tipo I.....	59
Tabla 36. Deflexiones Críticas y Admisibles a través del tiempo	60
Tabla 37. Coordenas y ubicación de los pozos a cielo abierto.....	61
Tabla 38. Clasificación de Suelos según AASHTO M 145	61
Tabla 39. Resultados de Límites de Atterberg	62
Tabla 40 . Resultados de ensayo de compactación	63
Tabla 41. Relación de Soporte de California	63
Tabla 42. Soluciones según el tipo de falla del tramo 6+400 km hasta 9+600 de la vía Ambato - Tisaleo.....	64
Tabla 43. Cuadro de actividades tentativos para el mantenimiento vial periódico y rurinario de la vía en estudio.....	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estructura de un Pavimento Flexible	5
Gráfico 2. Ciclo de vida del pavimento.....	7
Gráfico 3. Estado de un camino vs años desde su terminación.....	8
Gráfico 4. Nivel de Servicio vs Tiempo.....	10
Gráfico 5. Curvas granulométricas.....	21
Gráfico 6. Deflexión del Pavimento Asfáltico	22
Gráfico 7. Viga Benkelman.....	23
Gráfico 8. Formato para el Conteo Vehicular	30
Gráfico 9. Formato para la Inspección Visual PCI	32
Gráfico 10. Formato para el registro de Deflexiones	33
Gráfico 11. Vía Ambato – Tisaleo Sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600	35
Gráfico 12. Estación de Conteo.....	37
Gráfico 13. Porcentaje del TPDA por tipo de vehículo	41
Gráfico 14. Análisis Deflectométrico.....	59
Gráfico 15. Análisis Deflectométrico a través del tiempo	60
Gráfico 16. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 1 ...	80
Gráfico 17. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 1	80
Gráfico 18. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 2	82
Gráfico 19. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 2.....	82
Gráfico 20 Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 3.....	84
Gráfico 21 Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 4	86
Gráfico 22. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 4.....	86
Gráfico 23. Resultados para falla tipo huecos, unidad 4.....	86
Gráfico 24. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 5.....	88

Gráfico 25. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 5....	88
Gráfico 26. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 6....	90
Gráfico 27. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 6.....	90
Gráfico 28. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 7	92
Gráfico 29. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 7.....	92
Gráfico 30. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 8	94
Gráfico 31. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 8	94
Gráfico 32. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 8.....	94
Gráfico 33. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 9	96
Gráfico 34. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 9	96
Gráfico 35. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 9....	96
Gráfico 36. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 10	98
Gráfico 37. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 10.....	98
Gráfico 38. Resultados para falla tipo para desprendimiento de agregados, unidad 10	98
Gráfico 39. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 11.....	100
Gráfico 40. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 12	102
Gráfico 41. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 12.....	102
Gráfico 42. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 13.....	104
Gráfico 43. Resultados para falla tipo agrietamiento en bloque, unidad 14	106
Gráfico 44. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 14.....	106

Gráfico 45. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 14	106
Gráfico 46. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 15	108
Gráfico 47. Resultados para grietas longitudinales y transversales, unidad 15	108
Gráfico 48. Resultados para falla tipo hueco, unidad 15	108

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de titulación presenta un modelo de conservación para el tramo de la vía en análisis, para lo cual se realizaron una serie de ensayos y estudios para obtener una evaluación objetiva y realista.

Se realizó el levantamiento georreferenciado del tramo, mediante el registro de coordenadas a través de un receptor satelital GPS cada 20 metros, datos que permitieron la representación y localización de la vía de manera digital. Se determinó el tráfico actual y futuro de la vía mediante el conteo vehicular durante una semana exponiendo a la vía como una vía Multicarril AV1.

Se realizó una inspección visual aplicando el método PCI (Índice de Condición de Pavimento), reduciendo a 15 unidades de muestreo a estudiar, dando por resultado un PCI de 82.30 por ciento, calificándola como una vía en buen estado.

La obtención de las deflexiones de la capa de rodadura con la viga Benkelman en 17 diferentes puntos de la vía, demuestra que ésta genera deflexiones tipo I, lo cual significa que la estructura del pavimento y de su subrasante presenta condiciones estables.

Se realizaron 4 pozos a cielo abierto para la determinación del tipo de suelo y del comportamiento de su subrasante, se determinó la capacidad de soporte del suelo mediante el ensayo CBR el cual fue un valor promedio de 10,4 este resultado determina al suelo en un rango de regular a bueno para subrasante.

Palabras clave: Pavimento Flexible, Inspección Visual, Método PCI, Viga Benkelman, Tráfico Vehicular, Deflexiones, Capa de Rodadura.

ABSTRACT

The work presents a conservation model for the current state of the structure of the wearing course of the Ambato-Tisaleo road in the Santa Rosa - Juan Benigno Vela sector in the section of the 6+400 to 9+600 abscissa, for which a series of tests and studies were carried out to obtain an objective and realistic evaluation.

The georeferenced survey of the section under study was carried out by recording coordinates through a GPS satellite receiver every 20 meters, data that allowed the representation and location of the track in a digital way. The current and future traffic of the road was determined by counting vehicles during one week, exposing the road as a multi-lane AV1 route.

A visual inspection was carried out applying the PCI method, reducing to 15 sampling units to be studied, resulting in a PCI of 82.30 percent, qualifying the road as in good condition.

Obtaining the deflections of the wearing course with the Benkelman beam, in 17 different points of the track, resolving that the track generates type I deflections, which means that the structure of the pavement and its subgrade present stable conditions.

Four open pits were made, to determine the behaviour of its subgrade, mainly its CBR value which was a value of 10,4 which this result determines the soil in a range from fair to good for subgrade.

Keywords: Flexible pavement, Visual inspection by method (PCI), Benkelman beam, Traffic vehicle, Deflections, Roadway Surface.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

El diseño de carreteras tiene una notable influencia en el desarrollo de una nación o región. Uno de los logros de la ciencia en materia vial son los pavimentos asfálticos, sus inicios datan del Siglo XX en los países de Francia e Inglaterra que emplearon mezclas en caliente con ligantes bituminosos y agregados pétreos, posteriormente este mecanismo se adoptó en América en el año de 1910, a través del tiempo éstos se han convertido en la forma más eficaz para el problema de la movilización vehicular. [1]

Al aumentar día a día la población mundial se incrementa igualmente la cantidad y uso de medios de transporte, que en su mayoría son sistemas de transporte terrestres, creando la necesidad de construir, ampliar o mejorar las carreteras. [2]

La red vial en la República del Ecuador en los últimos años ha mejorado sustancialmente en sus niveles de serviciabilidad, lamentablemente se ha conservado la idea errónea de que la capa de rodadura no necesita un mantenimiento constante ni precisa de una gestión política adecuada de intervención. [3] La vida útil de un asfalto no sólo depende de la parte técnica en lo referente a la etapa de construcción, producción y ejecución de trabajos, sino también de la conservación temporal que se dé a la vía en si, por parte del gobierno seccional o autoridad encargada. [4]

La gestión de un pavimento son todas las acciones realizadas para la conservación de una vía durante su periodo de vida útil, manteniendo un nivel de servicio adecuado, estructuralmente y funcional de una vía. La conservación de una vía es cuidar que su servicio se extienda durante el periodo de tiempo para el cual la vía fue diseñada. [5]

La implementación de métodos que permitan generar un sistema de mantenimiento y reparación de pavimentos permitirá alargar la vida útil de los mismos, que resulta un aspecto clave para garantizar que la inversión en infraestructura obtenga los resultados proyectados en términos de rentabilidad socioeconómica, de desarrollo y crecimiento [6]

1.1.2. Justificación

El sistema de red vial en el Ecuador es un pilar fundamental para el avance de la productividad de nuestro país, puesto que permite la libre circulación de personas, productos y servicios, considerando los principios de equidad, excelencia, sostenibilidad ambiental y competitividad, [7] cumpliendo así con el deber general del Estado de producir bienes, crear y mantener infraestructuras y proveer servicios públicos; para la consecución del buen vivir de sus habitantes. [8]

Mantener en buen estado la infraestructura vial es importante para evitar sobrecostos de operación en el transporte de personas y bienes, además, la funcionalidad que debe ofrecer la red de carreteras de un país es crucial para el crecimiento social y económico del mismo. [9]

Debido a la necesidad de preservar adecuadamente el patrimonio de la infraestructura vial del país, es de vital importancia poner en marcha programas de conservación rutinaria, con el fin de extender la vida útil de la carretera. [6] Dentro del estudio realizado por la SENPLADES en el año 2015, sobre el análisis de accesibilidad vial, de 66.400 km de vías entre: asfaltadas, pavimentadas, lastradas y caminos principales, determina que la gran mayoría son vías pavimentadas. [10]

Las fallas que afectan al pavimento, ocasionan el deterioro de las vías y se producen por diversos factores: mal diseño estructural, mala calidad de materiales, errores constructivos, deficiente sistema de drenaje en el caso de

precipitaciones, efecto de solicitaciones externas como carga vehicular y agentes climáticos, inexistente plan de conservación vial de acuerdo a la vida útil del pavimento, es decir, en la actualidad se intervienen las vías cuando el deterioro del pavimento es grave. [11]

La provincia de Tungurahua, al contar con cerca de 62.900 empresas y emprendimientos personales y familiares, se ha convertido en un centro de alta movilización vehicular por su fuerte actividad comercial. [12] En Ambato capital de la provincia, se ha registrado un incremento de su parque automotor, ocasionando que cerca de 327.000 vehículos circulen al día, sin considerar buses urbanos, lo que hace que la circulación automovilística se vuelva más lenta, y que el desgaste de las vías sea acelerado. [10]

Una solución a este gran problema es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento. [11]

El presente proyecto tiene la finalidad de obtener la información del estado actual de la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600, con el fin de implementar un proceso de conservación y mantenimiento periódico de la misma, que permita la reducción de costos de reparación, aportando así al desarrollo social y económico de la zona.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Definición de Vía

Infraestructura de transporte, que permite el flujo principalmente de vehículos, peatones y productos, en condiciones de continuidad en el espacio y tiempo, para lo cual requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad. [13]

1.1.3.2 Definición de Pavimento

Estructura diseñada para soportar cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales, constituida por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, de material seleccionado que reciben directamente cargas de tránsito transmitiéndolas a las capas inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento la cual debe tener un comportamiento eficaz, permitiendo las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento de la vía. [14]

1.1.3.3 Principales tipos de Pavimentos

Pavimento Flexible

Pavimento creado de la mezcla en caliente de ligantes bituminosos y agregados pétreos, se ve compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, dos capas no rígidas, una base y sub-base (puede obviarse alguna de estas capas, dependiendo de factores y necesidades propias de la obra). [14]

Pavimento Rígido

Pavimento compuesto principalmente por una capa o losa de hormigón hidráulico soportada sobre una capa granular de material seleccionado, o sobre la subrasante, debido al valor elevado del módulo elástico del hormigón hidráulico una de las características de este tipo de pavimento es que los esfuerzos inducidos son atenuados esencialmente en flexión por la losa de

hormigón, y los esfuerzos se distribuyen en un área amplia transmitiéndose en magnitudes muy pequeñas al suelo. [14]

Pavimento Semi- Rígido

En términos amplios el pavimento semi-rígido o compuesto, es aquel donde se combinan pavimentos “flexibles” y “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda la capa base de concreto o se encuentre tratada con cemento portland. [14]

1.1.3.4 Composición de un Pavimento Flexible

En general todos los pavimentos se encuentran constituidos por materiales asfálticos y materiales granulares.

La gran mayoría de pavimentos flexibles, están compuestos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular. Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada Sub-rasante [15].



Gráfico 1. Estructura de un Pavimento Flexible

Fuente: Pavimentos, 2015 [15]

1.1.3.5 Funciones de las distintas capas en un pavimento Flexible

Sub-rasante: terreno sobre el cual se apoya la estructura del pavimento, es decir corresponde al suelo de fundación, su capacidad de soporte se evalúa por medio del ensayo CBR y su valor es de vital importancia para la selección de

los espesores de las diferentes capas que van a constituir la estructura del pavimento. Para una sub-rasante débil se requerirá espesores de pavimento mayores que para sub-rasantes compuestas por materiales con mejor capacidad soporte. [16]

Sub-base granular: es una capa compactada compuesta por materiales naturales u obtenidos mediante trituración, su principal función es proporcionar aporte estructural al pavimento, pero también reduce la migración de finos de las capas inferiores hacia la capa de base, soporta esfuerzos transmitidos en capas superiores, actúa como dren del agua que se introduce por las bermas, e impide la ascensión capilar. [14]

Base: es la capa compactada que se encuentra bajo la superficie de rodamiento. La capa de base es un elemento fundamental del pavimento desde el punto de vista estructural, su propósito consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos inducidos por el tráfico, en una intensidad apropiada, hacia las capas inferiores. Las especificaciones para los materiales de estas capas requieren una mayor regulación en cuanto a su plasticidad, graduación y resistencia. [16] [14]

Superficie de Rodamiento: constituida por un material pétreo, al que se adiciona un producto asfáltico que tiene por objeto servir de aglutinante, debe proporcionar una superficie uniforme y estable para el tránsito, y resistir los efectos abrasivos del mismo.

Esta capa transmite las cargas inducidas por el tráfico hacia la capa de base en la que se apoya, además que provee una superficie adecuada para el rodamiento del tráfico. Hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua, reduciendo la cantidad de agua que llegue a la base. [16], [14]

1.1.3.6 Ciclo de Vida de un Pavimento

El pavimento luego de su construcción presenta un muy buen estado y satisface con plenitud a los usuarios. Con el paso del tiempo, y de la acción conjunta del tránsito y el clima, empieza un desgaste, lento y poco visible pero constante, donde el pavimento va debilitándose. [17]

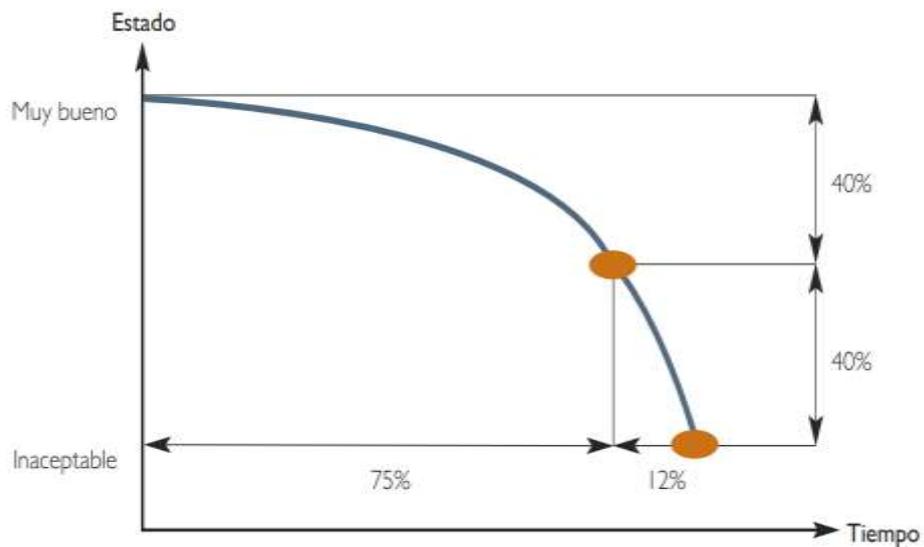


Gráfico 2. Ciclo de vida del pavimento

Fuente: Mantenimiento vial, 2011

1.1.3.7 Ciclo de Vida Deseable de un Pavimento

La estructura del pavimento tendrá un desgaste "natural", debido principalmente al tráfico de vehículos y a factores climáticos. En el gráfico n°3 se observa que si se desarrolla un sistema de mantenimiento rutinario y periódico de carreteras, el desgaste será más lento y extenderá el tiempo de vida útil de la vía, a diferencia del caso en el que no se proporciona ningún tipo de mantenimiento. Cuando la carretera alcanza un estado regular, es necesario realizar un mantenimiento periódico, es decir, reemplazar la capa de rodadura. [18]

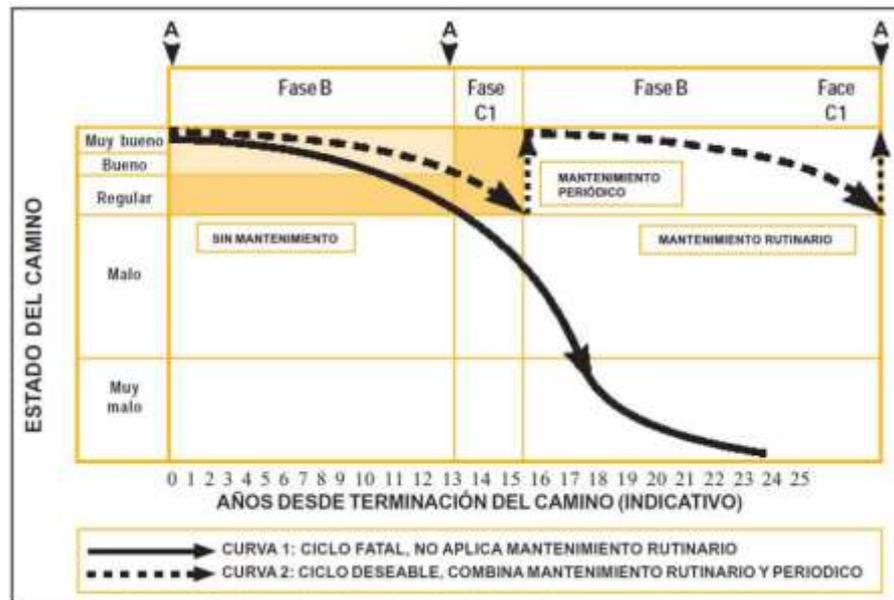


Gráfico 3. Estado de un camino vs años desde su terminación

Fuente: Modelo de Gestión Vial, 2011

1.1.3.8 Intervención para la conservación vial.

Corresponden a diversas operaciones relacionadas con las carreteras y se clasifican según el tamaño de la obra, desde intervenciones simples pero permanentes (mantenimiento rutinario) hasta intervenciones más costosas y complejas (reconstrucción o restauración), se clasifican en los siguientes niveles [18]

Reparaciones de emergencia:

Se llevan a cabo cuando la vía está en mal estado o incluso intransitable debido a descuido prolongado o desastres naturales. Las reparaciones de emergencia no pueden remediar fallas estructurales, pero el tráfico normal se puede realizar en un tiempo limitado. Por lo general, las reparaciones de emergencia mantienen la carretera en buenas condiciones. [18]

Rehabilitación:

Tras la demolición parcial de la estructura existente, incluye reparación selectiva y refuerzo estructural. Cuando el camino se está deteriorando

demasiado para soportar una gran cantidad de tráfico futuro, será reparado y puede incluir algunas mejoras en los sistemas de drenaje y cerramiento. El propósito de la reparación es restaurar las capacidades estructurales y la calidad de la superficie de conducción. Las actividades incluidas en los trabajos de restauración se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Restauración de capacidades estructurales y calidad de superficie de trabajo.
- Mejora el sistema de drenaje.
- Sistema de señalización.

La mejora se refiere a las mejoras relacionadas con el ancho, recorrido, curvatura o pendiente longitudinal de la carretera, incluidos los trabajos relacionados con la renovación y restauración del suelo. [18]

Mantenimiento periódico:

Se suele utilizar para el tratamiento y rehabilitación de la calzada, encaminado a restaurar determinadas características de la calzada sin convertirse en refuerzo estructural. Una de sus características es mantener una buena textura de la superficie de conducción, asegurando así la integridad estructural de la vía por un mayor tiempo y evitando dañarla, así como a la hora de reparar obras de arte y sistemas de drenaje. Las actividades incluidas en los trabajos de mantenimiento regular se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Restablecer las características de la superficie rodante.
- Reparación de obras de arte.
- Reparar el sistema de drenaje. [18]

Mantenimiento rutinario:

Se refiere a la reparación parcial de pequeños defectos en la superficie enrollada; mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje, taludes y otras partes de la vía a nivel de la misma y arcenes; control de polvo y vegetación; y limpieza de áreas de descanso y dispositivos de señalización. Según las condiciones específicas de la carretera, se aplica regularmente una o varias

veces al año. Generalmente, las siguientes actividades se consideran mantenimiento de rutina:

- Limpieza de caminos y pequeños deslizamientos de tierra.
- Reparar parcialmente pequeños defectos en la superficie de la banda de rodadura.
- Mantenimiento del sistema de drenaje. (Zanja, alcantarillado).
- Controlar la vegetación y mantener letreros. [18]

1.1.3.9 Nivel de Servicio a través del tiempo.

En determinado período de tiempo el pavimento habrá reducido su nivel de servicio, dependiendo del nivel de reducción se necesitará de procesos de rehabilitación, repavimentación o de una construcción total o parcial de la vía. [19]



Gráfico 4. Nivel de Servicio vs Tiempo

Fuente: Evaluación de Pavimentos en base a Métodos no Destructivos y Análisis no inverso, 2014

1.1.3.10 Factores de deterioro de un pavimento y tipos de fallas

Todo proceso de conservación de pavimentos busca corregir fallas, mediante diferentes alternativas dependiendo del caso, con el fin de mantener a lo largo de la vida útil de la carretera el índice de servicio. Las principales causas de los deterioros de los pavimentos prematuros pueden ser:

1. Deficiencia en el diseño.
2. Deficiencias constructivas.
3. Incrementos imprevistos de tránsito vehicular.
4. Factores ambientales desfavorables.
5. Agotamiento del periodo de diseño. [5]

Fallas en el pavimento:

1) **Fallas Funcionales:** son fallas superficiales del pavimento relacionadas con el índice de servicio, afectan generalmente al grado de comodidad del usuario al circular por el camino. Se refiere únicamente a las condiciones de la superficie de rodamiento, en donde interfieren factores como el diseño geométrico, estado de los señalamientos horizontales y verticales. [11]

2) **Fallas Estructurales:** Comprende los defectos de la superficie de rodamiento cuyo origen es una falla de la estructura de pavimento, es decir localizada en una o más de las capas constitutivas que deben resistir las solicitaciones que impone el tránsito y el conjunto de factores climáticos regionales, para la corrección de ser tipo de falla es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que de esta manera el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro que se estime circule por esa estructura de pavimento. [11]

1.1.3.11 Índice de Condición del Pavimento

El deterioro de la estructura del pavimento se mide en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. Para evaluar el grado de afectación se introdujeron “valores deducidos”, que son un tipo de factor de ponderación para el daño.

Este índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. [20]

Tabla 1. Rangos de calificación del Método PCI

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

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

En base al valor de PCI obtenido de la evaluación de campo se podría determinar cuál es el nivel de intervención como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Intervención en base al rango PCI

Rango	Clasificación	Intervención
100 – 71	Bueno	Mantenimiento
31-70	Regular	Rehabilitación
0-30	Malo	Construcción

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

Tipos de Falla según el Método PCI

Para el estudio de las diferentes fallas existe una escala estimativa del Nivel de Severidad que va de acuerdo al número de vibraciones y rebotes que recibe el vehículo, éstas son:

Tabla 3. Nivel de Severidad

Tipo	Características
L (Low, Bajo):	Pequeñas vibraciones y un pequeño rebote en el vehículo, genera poca incomodidad, no es necesario la reducción de la velocidad.
M (Medium, Medio):	Genera vibraciones y rebotes significativos para el vehículo, creando incomodidad, inseguridad y es necesario la reducción de la velocidad.
H (High, Alto):	Genera vibraciones y rebotes excesivos en el vehículo, creando una incomodidad importante, un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo, por lo que es obligatorio reducir la velocidad.

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

Las fallas que se presentan a continuación, ocurren solamente en pavimentos con superficie asfáltica:

1) Piel de Cocodrilo: grupo de grietas conectadas forma una serie de polígonos irregulares producidas por fatiga, el más largo no supera los 0,6 m. Se origina en la parte inferior del paquete de asfalto, donde la tensión y la deformación por tensión son mayores.

Nivel de Severidad:

- **Bajo:** fisura longitudinal con espesor de un cabello, recorrido paralelo entre ellas y fisuras sin desintegrarse.
- **Medio:** fisura fina y podrían estar ligeramente desintegrándose.
- **Alto:** fisura progresiva, bien definida y descargadas en los bordes. [20]

2) Exudación: fina película de material bituminoso, distribuida en zonas específicas de la carretera, formando una superficie brillante, lisa y reflectante, sucede cuando el asfalto llena los vacíos existentes en la estructura a altas temperaturas.

Nivel de Severidad:

- **Bajo:** daño ligero, detectable, el asfalto no se pega en los zapatos o vehículos.
- **Medio:** el asfalto se pega en los zapatos y vehículos durante pocas horas.
- **Alto:** forma extensa y el asfalto se pega en gran cantidad en los zapatos y vehículos durante semanas al año. [20]

- 3) **Agrietamiento en bloque:** conjunto de grietas formadas por la contracción del asfalto y la variación de temperatura, grietas interconectadas entre sí que forman rectángulos, aproximadamente de 0.3 x 0.3 m hasta 3 x 3 m. Estas se.

Nivel de Severidad:

- **Bajo:** bloques con grietas de baja severidad.
- **Medio:** bloques con grietas de severidad media.
- **Alto:** bloques con grietas de alta severidad. [20]

- 4) **Abultamientos y hundimientos:** pequeños desplazamientos hacia arriba o hacia debajo de la capa de rodadura de la vía, afectando el perfil de la calzada. Generados por pavimentos inestables, infiltración, expansión por congelación, expansión del suelo de fundación, deficiencia en el drenaje, etc.

Niveles de Severidad:

- **Bajo:** tránsito de baja severidad.
- **Medio:** tránsito de severidad media.
- **Alto:** tránsito de severidad alta. [20]

- 5) **Corrugación:** formado por una serie de ondulaciones compuestas por depresiones y picos muy próximos entre sí. Producido por el tráfico de vehículos, sumado a la inestabilidad de la superficie o base de la carretera, generalmente la falla no supera los 3m, sus niveles de severidad son:

- **Bajo:** tránsito de baja severidad.
 - **Medio:** tránsito de mediana severidad.
 - **Alto:** tránsito de alta severidad. [20]
- 6) **Depresión:** áreas localizadas que tienen un nivel de elevación inferior al de su alrededor, producidas por asentamientos en la subrasante o procesos constructivos defectuosos, se pueden ver a simple vista y el agua se empoza después de una caída de lluvia. Sus niveles de severidad son:
- **Bajo:** 13.0 a 25.0 mm.
 - **Medio:** 25.0 a 51.0 mm.
 - **Alto:** Más de 51.0 mm [20]
- 7) **Grieta de Borde:** grietas paralelas al borde de la vía originadas por el incremento de la carga de tránsito y el debilitamiento de la subrasante o de la base, se ubican a una distancia entre los 0,30 a 0,60 m del borde de la vía.
- Niveles de Severidad:**
- **Bajo:** agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
 - **Medio:** grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
 - **Alto:** presenta fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. [20]
- 8) **Grieta de reflexión de junta:** generadas en pavimentos mixtos, causadas por el movimiento de la losa de concreto, incluida la temperatura, la humedad bajo la superficie de pavimento flexible. Sus niveles de severidad son:
- **Bajo:** grieta sin relleno con ancho menos a 10mm.
 - **Medio:** grietas entre 10mm – 76mm.
 - **Alto:** grieta mayor a 76mm. [20]

9) Desnivel carril-berma: es la diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Generalmente es causada por el asentamiento de la berma o la colocación de una nueva carpeta asfáltica.

Niveles de Severidad:

- **Bajo:** diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.
- **Medio:** diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.
- **Alto:** diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm. [20]

10) Grietas longitudinales y transversales: las grietas longitudinales son paralelas al eje de la vía y las grietas transversales son perpendiculares al eje de la vía. Causadas por la variación de temperatura, uso de ligantes asfálticos muy duros o envejecidos, etc. Sus niveles de severidad son:

- **Bajo:** grieta sin relleno menos a 10mm.
- **Medio:** grietas entre 10mm – 76mm (puede presentar microgrietas)
- **Alto:** grieta mayor a 76mm, alrededor de la misma están severamente fracturadas. [20]

11) Parcheo: es una zona de una vía en malas condiciones y se ha sustituido por nuevos materiales para reparar la carretera. Se produce porque el área reparada no se comporta como el área original. Se utilizan para ocultar cortes de mantenimiento de tuberías de agua o desagüe, dispositivos de cableado eléctrico, etc. Sus niveles de severidad son:

- **Bajo:** parche en buena condición es satisfactorio.
- **Medio:** parche moderadamente deteriorado, tránsito de severidad media.
- **Alto:** parche muy deteriorado, tránsito de alta severidad. [20]

12) Pulimiento de agregados: ocurre cuando los agregados de la superficie se vuelven suaves al tacto, y como consecuencia genera la pérdida de resistencia al deslizamiento. Son fallas causadas por cargas repetitivas de

tránsito y la porción de agregado extendida sobre el asfalto es insuficiente. [20]

13) Huecos: son pequeños orificios que se encuentran en la superficie de la vía con un diámetro menor a 75cm, presentando bordes agudos y lados verticales cerca de la superficie de falla. [20]

14) Cruce de vía férrea: los defectos que presentan este tipo de falla son las depresiones o abultamientos que se dan alrededor o entre los rieles.

Nivel de Severidad:

- **Bajo:** el cruce de vía férrea, tránsito de baja severidad.
- **Medio:** tránsito de severidad media.
- **Alto:** tránsito de severidad alta.

15) Ahuellamientos: depresión paralela al eje longitudinal de la vía a lo largo de la trayectoria del vehículo, deformando las capas del pavimento o la subrasante. Generado por una mala compactación del paquete estructural, ocasionando inestabilidad en las capas del pavimento. [20]

16) Desplazamientos: los desplazamientos son corrimientos de la mezcla asfáltica longitudinalmente y permanentes en un área identificada de la vía, formando cordones laterales. Esta falla es generada por la carga de tráfico, falta de confinamiento lateral, adherencia por defectos en el riego de liga o de imprimación.

17) Grieta Parabólica (Slippage): son grietas formadas en forma de media luna, presentándose transversalmente en dirección al tránsito. Originadas por mezclas asfálticas de baja estabilidad, cuando no existe una buena adherencia entre la capa superficial y la capa subyacente, por el frenado de los vehículos o giros, un alto contenido de arena fina en la mezcla, etc. Su severidad es:

- **Baja:** ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.
 - **Media:** ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm Y 38.0 mm. o el área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
 - **Alta:** ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. O el área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.
- [20]

18) Hinchamiento: esta falla es denominada como el hinchamiento o abultamiento de la capa superficial de la vía, en forma de onda larga y gradual con una longitud mayor a los 3 m, distorsionando el perfil de la vía. Este tipo de falla es causado por la expansión del suelo de fundación y el congelamiento del material de la subrasante. [20]

Nivel de Severidad:

- **Bajo:** hinchamiento de baja severidad. Detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.
- **Medio:** tránsito de severidad media.
- **Alto:** tránsito de alta severidad.

19) Desprendimiento de agregados: se caracteriza por la desintegración de la superficie generadas por: cargas de tráfico como es el caso de vehículo de uruga, mezcla asfáltica de baja calidad, uso de agregados sucios o muy absorbentes, ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados debido al derramamiento de aceite de vehículos, etc. [20]

Nivel de Severidad:

- **Baja:** inicio del proceso de pérdida de los agregados o el ligante.
- **Media:** se han perdido los agregados o el ligante. Textura superficial moderadamente rugosa y ahuecada.
- **Alta:** se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. [20]

1.1.3.12 Tránsito

El diseño de una carretera o de cualquiera de sus partes se debe basar en datos reales del tránsito, o sea, del conjunto de vehículos y los usuarios que circulan o circularán por ella. No es racional el diseño de una carretera sin información suficiente sobre el tránsito; la información sobre el tránsito permite establecer las cargas para el diseño geométrico, lo mismo que para el diseño de su estructura o afirmado. [6]

Los datos del tránsito deben incluir las cantidades de vehículos o volúmenes por días del año y por horas del día, como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos, es decir, su composición. Datos estadísticos de accidentes de tránsito, así como diagramas de colisión servirán también para mejorar las condiciones geométricas de una intersección, etc. [6]

Volumen de tránsito: En el estudio del volumen de tránsito se deben tener en cuenta varios conceptos, a saber:

a) Tránsito promedio diario. - Se abrevia con las letras TPDA y representa el tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, o sea que es el volumen de tránsito promedio por día. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la carretera. [6]

b) Volumen de la hora pico. - Es el volumen de tránsito que circula por una carretera en la hora de tránsito más intenso. [6]

c) Volumen horario de diseño. - Se representa como VHD y es el volumen horario que se utiliza para diseñar, es decir, para comparar con la capacidad de la carretera en estudio. [6]

1.1.3.13 Granulometría (Ensayo de Tamices)

Este ensayo permite obtener los porcentajes en peso de los diferentes tamaños de suelo, que pasan por tamices seleccionados. En la parte superior se coloca el

tamiz de mayor diámetro en donde se incorpora el material original, para luego someterlo a vibración y a movimientos rotatorios intensos. Posteriormente se toma por separado los pesos de material retenido en cada uno de los tamices, que en su suma, deben dar como resultado el peso total del inicial.

Tabla 4. Tamices empleados para el ensayo

Tamiz	Diámetro (mm)	Tamiz	Diámetro (mm)
3"	76.2000	No. 10	2.000
2 ½"	63.500	No. 20	0.840
2"	50.800	No. 40	0.420
1 ½"	38.100	No. 50	0.297
1"	25.400	No. 60	0.250
¾"	19.050	No. 70	0.210
½"	12.700	No. 80	0.180
3/8"	9.530	No. 100	0.149
No.4	4.750	No. 200	0.075

Fuente: Manual de procedimientos de suelos y memoria de cálculo. 2015

La Curva granulométrica permite la representación gráfica del porcentaje acumulado de partículas retenidas en los tamices, para lo cual se han adoptado varios sistemas de clasificación.

Los resultados del ensayo de tamizado son utilizados para realizar la curva granulométrica (gráfico 5), teniendo diferentes denominaciones según el sistema:

Tabla 5. Clasificación de suelos de acuerdo a diferentes Sistemas de Clasificación

SISTEMA	SUCS	AASHTO	ASTM	BRITÁNICO
	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
Grava	75 – 4.75	75 - 2	> 2	60 - 2
Arena	4.75 – 0.075	2 – 0.05	2 – 0.075	2 – 0.06
Limo	< 0.075 finos	0.05 – 0.002	0.075 – 0.005	0.06 – 0.002
Arcilla		< 0.002	< 0.005	< 0.002

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

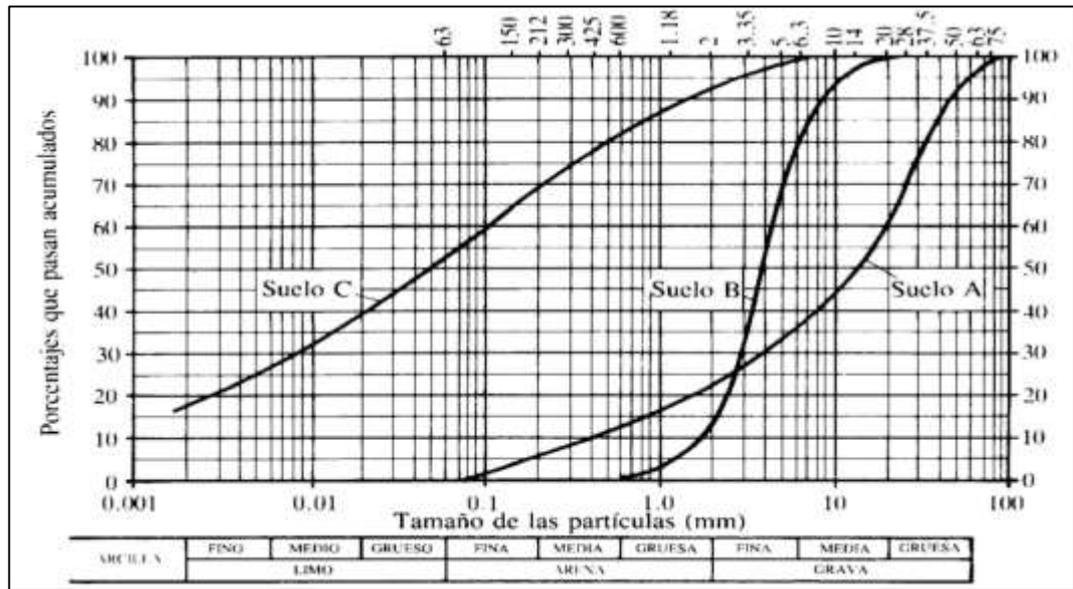


Gráfico 5. Curvas granulométricas

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) [21].

1.1.3.14 CBR

Un ensayo importante dentro de un análisis de pavimentos es el análisis CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos, se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. [22]

El (CBR) es un ensayo de penetración que sirve para determinar la capacidad de soporte de un suelo compactado en laboratorio, bajo condiciones de humedad óptima y niveles de compactación variables, y está enfocado en evaluar la calidad del material para su uso en las capas de un pavimento. El valor CBR se presenta como una relación entre la resistencia a la penetración del suelo ensayado y la resistencia que ofrece la piedra picada de California cuyo valor de soporte ha sido establecido en 100%, siendo esta última la piedra estándar. [22]

$$\% \text{ CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria del pato}} \times 100$$

1.1.3.15 Deflectometría

Un método factible para poder conocer la capacidad estructural del pavimento es aplicar una carga a la superficie de rodadura y medir las deflexiones. La deflexión en los pavimentos representa la respuesta de los mismos ante un estímulo, que vendrían a hacer las cargas de tráfico. Se puede definir también como la deformación vertical bajo el punto de aplicación de la carga. [20]

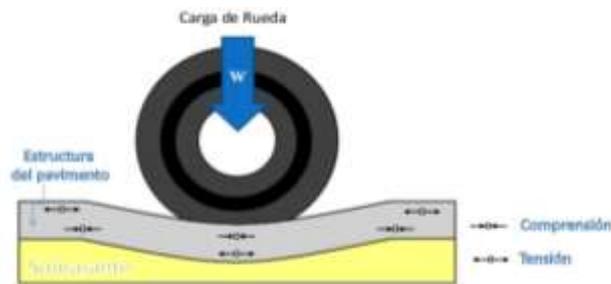


Gráfico 6. Deflexión del Pavimento Asfáltico

Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones.

1.1.3.16 Viga Benkelman

Instrumento mecánico para realizar ensayos no destructivos, permite determinar las deflexiones del pavimento, mediante el mecanismo de funcionamiento de palanca bajo la aplicación de una carga estática, es decir que no simula una carga móvil como la de un vehículo en circulación. Cabe mencionar que los resultados de las deflexiones se obtienen por una serie de cálculos en base a los datos recogidos. Una vez armada la viga, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar la deflexión del pavimento en el lugar subyacente al punto “D” de la viga, es de anotar que en realidad de lo que se mide es la recuperación del punto “D” al remover la carga (rebote elástico). Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el micrómetro (EE') no están en escala real sino que

dependen de la relación de brazos existentes, tal como se ve en la siguiente figura. [23]

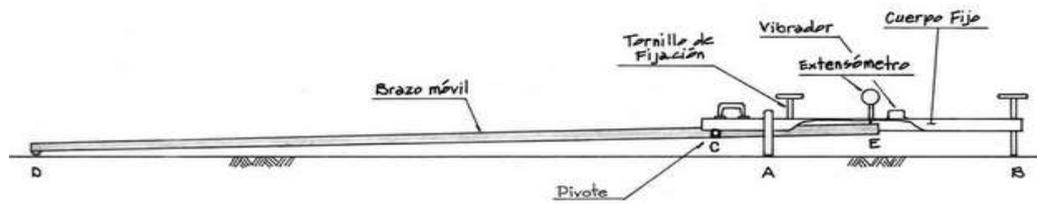


Gráfico 7. *Viga Benkelman*

Fuente: Evaluación estructural usando Viga Benkelman aplicado a un pavimento, 2017

1.2 Objetivos

1.1.4. Objetivo General

Proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua”.

1.1.5. Objetivos Específicos

- Disponer de un levantamiento georreferenciado de la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua”.
- Conocer la movilidad vehicular en la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua”.
- Evaluar cada uno de los componentes físicos de la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua”.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Para el presente Proyecto Técnico se identificaron los siguientes niveles de investigación:

- **Investigación Exploratoria:**

Investigación desarrollada en campo, fundamental para obtener las características físicas y la condición actual de la vía, es importante conocer el sitio de estudio para la ubicación de puntos, obtención de muestras de suelo y estudio de tráfico vehicular.

- **Investigación de Laboratorio:**

De vital importancia para analizar y ensayar las muestras de suelo seleccionadas; con el fin de obtener las propiedades del mismo, los resultados obtenidos servirán para la toma de soluciones de mantenimiento.

- **Investigación Descriptiva**

La investigación descriptiva se realizará indicando las del lugar, con las cuales se obtendrá un diagnóstico de la condición actual del pavimento y sus posibles soluciones según el nivel de daño.

2.1. Materiales y Equipo

Cada ítem se encuentra agrupado en función de los diferentes ensayos que se van a realizar; es necesario precisar que la metodología de cada ensayo está estandarizada por diferentes normativas respectivamente especificadas en el Plan de Procesamiento de Datos.

➤ **Selección de muestras alteradas:**

Materiales: Muestra de Suelo

Equipos: Pala, barra, pico, fundas de polietileno, flexómetro.

➤ **Georreferenciación:**

Equipos: Receptor Satelital GPS, cinta métrica.

➤ **Medición de deflexiones:**

Materiales: Tiza, agua

Equipo: Viga Benkelman, cincel, combo, termómetro de mercurio, cinta métrica, flexómetro.

➤ **Análisis granulométrico**

Materiales: Muestras de suelo

Equipo: Tamizadora, juego de tamices, brocha, balanza electrónica digital.

➤ **Límite líquido**

Equipo: Copa de Casagrande, acanalador, espátula, recipientes de aluminio, horno de secado.

➤ **Límite plástico**

Materiales: Agua, 200 g de suelo que pasa por tamiz #40

Equipo: Placa de vidrio, Mortero de porcelana, Espátula, Recipientes de aluminio, Horno de secado

➤ **Proctor modificado tipo B**

Materiales: 25 kg de suelo, agua

Equipo: Bandeja metálica, moldes metálicos cilíndricos, disco espaciador, martillo compactador, enrasador, brocha, probeta, palustre, balanza electrónica digital, Recipientes de aluminio, Horno de secado

Los equipos utilizados en el proyecto de fueron facilitados por los Laboratorios de Topografía y 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 6. Plan de recolección de datos

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué se evalúa?	Para plantear un proceso de conservación para la vía Ambato - Tisaleo acorde a las características físicas y mecánicas de la misma.
2. ¿Qué se evalúa?	La condición actual de la capa de rodadura en la vía, también las propiedades físicas y mecánicas de las capas que conforman la estructura del pavimento.
3. ¿Dónde se evalúa?	Sobre la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo, tramo con abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600, de la provincia de Tungurahua.
4. ¿Sobre qué aspectos?	Condiciones de la vía, capacidad de soporte y calidad de los materiales.
5. ¿Quién evalúa?	Danny Ismael Cajas Peralvo
6. Técnicas de Recolección	- 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.

Fuente: Danny Cajas, 2020

2.2.2. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

El Plan de procesamiento de información se basa en una observación directa que se obtendrá a través de un análisis PCI, levantamiento georreferencial, conteo vehicular, deflexiones, exploraciones PCA y ensayos de laboratorio.

2.2.2.1. Plan de procesamiento de datos

2.2.2.1.1. Levantamiento georreferenciado

El levantamiento georreferenciado de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600, se ejecutará mediante el empleo de un receptor satelital GPS, que permitirá el registro de datos como son bordes derecho e izquierdo y el eje de la vía en el sistema de coordenadas proyección UTM y datum WGS84, para obtener así la localización geográfica y posicionamiento espacial de la misma. Con la ayuda de una cinta métrica y pintura se marcarán las abscisas a una distancia de 20m, se registrará también los anchos de vía.

2.2.2.1.2. Creación de un modelo digital del tramo del vial

Mediante los datos obtenidos del levantamiento georreferenciado, se creará una hoja digital en Excel con las coordenadas correspondientes a la vía en estudio, y posteriormente se empleará un Software en donde se proceda a importar los datos con el fin de ejecutar un modelo que contenga las curvas de nivel del sitio, el alineamiento horizontal, y la sección típica correspondiente a el tramo de la vía en estudio.

2.2.2.1.3. Conteo Vehicular

Para la evaluación del tráfico actual de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600, se realizará un conteo manual durante 7 días, 12 horas/días, sin afectación de eventos especiales, para prevalecer y clasificar la vía en función del tráfico promedio diario anual (TPDA).

Norma a emplearse: Norma Ecuatoriana Vial - NEVI-12-MTOP

Para el registro de datos se empleará el siguiente formato:

ANEXO A-1. Formato Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3.

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 Santa Rosa - Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600 de la provincia de Tungurahua

Día: Lunes Ubicación: Entrada a la Parroquia Juan Benigno Vela (Km)
 Fecha: 21/11/2019 Sentido: Ambos sentidos Estado del tiempo: Soleado
 Responsable: Danny Caján Hoja Nº 1

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			C-2P	C-3G	C-3	C>3			
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								
18h00	18h15								
18h15	18h30								
18h30	18h45								
18h45	19h00								
TOTAL									

Gráfico 8. Formato para el Conteo Vehicular

Fuente: Danny Caján, 2020

- **Sección 1:** datos del proyecto, esta sección contiene los datos informativos como son: Institución, facultad y carrera, nombre del proyecto, ubicación del mismo, día de la semana en el que se realiza la recolección de datos, fecha, estado del tiempo, nombre de la persona a cargo, número de hoja.
- **Sección 2:** en esta casilla se registrarán los distintos tipos de vehículos: comenzando por vehículos livianos, luego estarán buses, y posteriormente camiones (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 casilla se realizará la sumatoria de los vehículos pesados, registrados por cada intervalo de 15 minutos que ha transcurrido.
- **Sección 4:** en esta parte se realizará la sumatoria total de vehículos, que han circulado por la vía en un intervalo de 15 minutos.
- **Sección 5:** 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 6:** se elige la sección con mayor aforo o mayor tráfico en un tiempo de 60 minutos continuos.
- **Sección 7:** en esta parte se encuentra las sumatoria de los diferentes tipos de vehículos y el total de estos transitados en las 12 horas de aforo.

2.2.2.1.4. Inspección visual de la carpeta asfáltica mediante el PCI

Para realizar la inspección, primero se deducirá el número mínimo de unidades de muestreo para la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600, posteriormente se realizará la identificación visual de las fallas existente en las unidades seleccionadas y se registrará en el formato indicado a continuación:

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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"					
Abscisa Inicial:		Área de Muestreo:		Fecha:	29/1/2020		
Abscisa Final:		Unidad de Muestreo:		Responsable:	Danny Cajas		
Ancho de Carril:		Tramo		Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez		
MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO							
No.	Fallas	Unidad	Esquema				
1	Piel de Cocodrilo	m ²	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3</div>				
2	Exufación	m ²					
3	Agrietamiento en Bloque	m ²					
4	Abultamientos y Hundimientos	m					
5	Corrugación	m ²					
6	Depresión	m ²					
7	Grieta de Borde	m					
8	Grieta de Reflexión de Junta	m					
9	Desnivel Carril/Bernas	m					
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m					
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²					
12	Pulverización de Agregados	m ²					
13	Huecos	Unidad					
14	Cruce de Vía Ferra	m ²					
15	Abmellamiento	m ²					
16	Desplazamiento	m ²					
17	Grietas parabólicas	m ²					
18	Hinchamiento	m ²					
19	Meteorización/Desprendimiento de agregados	m ²					
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales	Total	Densidad	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)				
Valor Deducido Total (VDT)							0
Cálculo de PCI							
PCI=		100- VDC	PCI=				

Gráfico 9. Formato para la Inspección Visual PCI

Fuente: Danny Cajas, 2020

- **Sección 1:** esta sección contiene los datos informativos como son: institución, facultad y carrera, nombre del proyecto, la abscisa inicial y final de la unidad de estudio, el ancho de carril, el área y el número de la unidad, el nombre de la persona responsable de la recolección de datos, y el nombre de la persona encargada de la revisión.
- **Sección 2:** da a conocer los diferentes tipos de falla con se numeración y con su respectiva unidad.

- **Sección 3:** esquema gráfico de diferentes daños o fallas de la sección 2, encontrados en la unidad de muestreo.
- **Sección 4:** se coloca la numeración de la falla, con su severidad estimada, y sus cantidades parciales; se coloca la suma total de las cantidades parciales, la densidad (expresando en porcentaje) y el valor deducido.
- **Sección 5:** se calcula el valor del PCI.

Norma a emplearse: ASTM D 6433

2.2.2.1.5. Medición de las deflexiones de la capa de rodadura

La deflectometría del pavimento se lleva a cabo con la viga Benkelman, que permite registrar las deflexiones que presenta la superficie de la vía en puntos delimitados (0.25m, 0.50m, 1m, 5m y 8 m, medidos desde 0.90 m de la berma hacia adentro del borde de la vía), con la ayuda de una volqueta cargada, con un peso de 8.2 toneladas en su eje posterior. Para el tramo 3 de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Juan Benigno Vela desde la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600, se realizarán lecturas cada 200 m.

Norma a emplearse: AASHTO T 256 -01

Para el registro de las deflexiones se contará con el formato indicado a continuación:

Estación	Abscisa	Carril Izquierdo	Carril Derecho	Lectura del deflectómetro en campo						Temperatura (°C)
				(x 10e-2 mm)						
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	
1										
2										
3	1	2			3					4
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Gráfico 10. Formato para el registro de Deflexiones

Fuente: Danny Cajas, 2020

- **Sección 1:** abscisa en donde se realizará el ensayo.
- **Sección 2:** indica el Carril en donde se realizó el ensayo.
- **Sección 3:** lecturas del deflectómetro en campo.
- **Sección 4:** temperatura registrada en campo.

Tabla 7. 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.

2.2.2.1.6. Extracción y estudio de las muestras de suelo

Para los ensayos del suelo se necesita muestras del mismo, que serán extraídas mediante perforaciones de 1m x 0.8m x 1.50m aproximadamente cada 1000 metros del tramo vial. Las perforaciones se realizaron en las abscisas: 6+750km, 7+675km, 8+750km y 9+230 km. La cantidad de suelo requerida en cada perforación es de aproximadamente 50 kg por cada capa que forma parte de la estructura del pavimento. Por consiguiente, se realizará los ensayos de laboratorio de análisis granulométrico, límites de consistencia, proctor modificado tipo B y CBR, los cuales permitirán determinar la calidad de los materiales.

Norma a emplearse: ASTM C136-01

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Ubicación del Proyecto

El tramo analizado se encuentra en la vía Ambato – Tisaleo, en el sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela, en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 en la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua

Tabla 8. Coordenadas del Proyecto

Abscisa	Coordenada Norte	Coordenada Este
Km 6+400	9857568.00 m	759186.00 m
Km 9+600	9856129.00 m	756553.00 m

Fuente: Danny Cajas, 2020



Gráfico 11. Vía Ambato – Tisaleo Sector Santa Rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600

Fuente: Danny Cajas, 2020

3.1.2 Sistema Georreferenciado

El levantamiento georreferenciado del tramo especificado, se ejecutó con la marcación de abscisas cada 20 m, puntos en los cuales se recolectó coordenadas con la ayuda del GPS-eTrex-Venture-HC, y a la vez se recolecto información del ancho de la calzada.

Los datos que se obtuvieron fueron exportados a una hoja de cálculo en Excel, en donde sus celdas se ordenaron de acuerdo al siguiente orden (número o código de referencia del punto, coordenada este, coordenada norte, y su elevación). El documento fue almacenado en una extensión de Texto (delimitado por tabulaciones) (*.txt), finalmente se exportó al programa AutoCAD Civil 3D 2020, y se creó el modelo digital de la vía en estudio, obteniendo un ancho de calzada promedio de 10,20 metros y como longitud total del tramo de 3200 metros.

ANEXO G (PLANOS)

3.1.3 Análisis de tráfico

Para la determinación del tráfico proyectado o futuro, se identificó primero el tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), razón por la cual se realizó un conteo vehicular en la última semana del mes de noviembre del 2019, desde día lunes 25 de noviembre hasta el domingo 01 de diciembre, en un periodo de 12 horas seguidas desde las 06H00 horas hasta las 18H00 horas con intervalos de 15 minutos. (Se detalla en el ANEXO A Conteo Vehicular Diario)

La estación de conteo se situó en la abscisa 9+240 m, el sitio fue seleccionado puesto que permitía la clara visibilidad de los vehículos además contaba con visera en caso de lluvia, y no interrumpía la circulación vehicular.

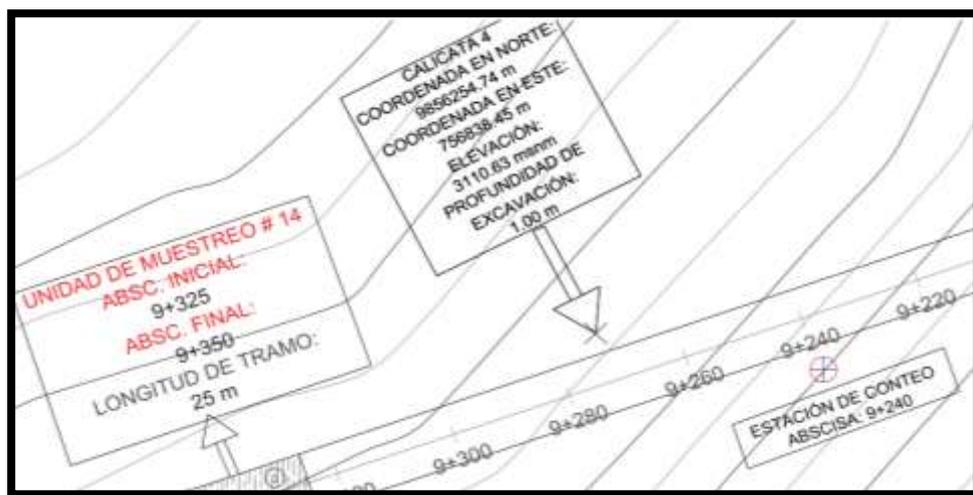


Gráfico 12. Estación de Conteo

Fuente: Autor, 2020

Tabla 9. Ubicación de la estación de conteo

Estación de Conteo	Coordenada Norte	Coordenada Este
	9856259.07 m	756892.85 m

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Empleo del Método de la Trigésima Hora para la determinación del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).**

Establecido el resumen de tránsito generado mediante el conteo vehicular en la vía Ambato – Tisaleo sector Santa Rosa- Juan Benigno Vela tramo 6+400 km hasta 9+600 km, como se especifica en el Anexo A. En la tabla N° 10 se detalla el número de vehículos diarios que circulan por la vía en estudio.

Tabla 10. Número de Vehículos por día

Día	N° Vehículos
Lunes	6510
Martes	5817
Miércoles	6350
Jueves	5980
Viernes	6408
Sábado	6705
Domingo	6894

Fuente: Danny Cajas, 2020

En la tabla N° 11 se elaboró un resumen del registro de las 12 horas de cada día durante toda la semana.

Tabla 11. Resumen Semanal del número de vehículos por hora

Hora \ Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6H00 - 7H00	816	694	754	731	695	689	466
7H00 - 8H00	543	536	639	620	590	497	456
8H00 - 9H00	441	505	524	534	464	496	594
9H00 - 10H00	493	391	472	399	455	456	601
10H00 - 11H00	504	410	395	382	483	502	535
11H00 - 12H00	543	459	639	430	477	494	549
12H00 - 13H00	556	367	499	393	520	580	541
13H00 - 14H00	545	501	434	466	536	531	635
14H00 - 15H00	521	410	458	455	470	593	610
15H00 - 16H00	477	496	478	471	541	604	590
16H00 - 17H00	578	517	524	509	553	602	588
17H00 - 18H00	534	531	534	590	624	661	729
TOTAL	6551	5817	6350	5980	6408	6705	6894

Fuente: Danny Cajas, 2020

El día domingo 31 de noviembre de 2019 se registró la mayor cantidad de vehículos. Determinado que la hora pico se efectuó de 17:00 a 18:00 horas, con una cantidad de 729 vehículos.

La tabla N°12, registra la cantidad de vehículos que circularon a la hora mencionada, clasificado de acuerdo al tipo.

Tabla 12. Hora Pico

HORA		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
				C-2L	C-2G	C-3	C >3			
17h00	17h15	170	13	6	6	0	3	15	198	198
17h15	17h30	160	10	11	6	1	1	19	189	387
17h30	17h45	150	10	7	6	1	1	15	175	562
17h45	18h00	148	8	5	4	0	2	11	167	729
TOTAL		628	41	29	22	2	7	60	729	

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Cálculo del Factor de Hora Pico**

$$FHP = \frac{Q}{4 * Q_{15máx}} \quad \text{Ecuación 1. [24]}$$

Donde:

Q: Total de vehículos en la hora pico

Q15máx: Flujo máximo en 15 minutos de la hora pico

$$FHP = \frac{1578 \text{ veh}}{4 * 729 \text{ veh}}$$

$$FHP = 0.54$$

Nota: Para tener un tránsito uniforme el $FHP = 1$

➤ **Cálculo del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual)**

$$TPDA \text{ act.} = \frac{VHP * FHP}{K} \quad \text{Ecuación 2. [24]}$$

Donde:

TPDA act.: tráfico promedio diario anual actual.

VPH: número de vehículos en hora pico.

k: valor constante de TPDA.

Tabla 13. Valor constante k de TPDA

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

Fuente: MTOP, 2013

Al ser una zona rural el coeficiente k utilizado sera del 15%

$$TPDA \text{ actual total} = \frac{729 * 1}{0.15}$$

$$TPDA \text{ actual} = 4860$$

En la tabla N°14, se encuentra la cantidad de vehículos que circularon en la hora pico, y el TPDA actual clasificado de acuerdo al tipo de vehículo.

Tabla 14. TPDA Actual

Tipo de Vehículo	VPH (Vehículo/día)	TPDA actual (Vehículo/día)
Livianos	628	4187
Buses	41	273
Camiones	60	400
TOTAL	729	4860

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Cálculo del Tráfico Atraído**

Donde:

T_{at}: Tráfico Atraído para la vía en estudio.

TPDA Actual: tráfico promedio diario anual actual.

$$T_{at} = 10 \% TPDA Actual \quad \text{Ecuación 3. [24]}$$

$$T_{at} = 10 \% TPDA Actual$$

$$T_{at} = 10 \% * 4860 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

$$T_{at} = 486 \text{ vehículos/día}$$

La Tabla N°15 contiene el número de vehículos del TPDA Actual y el tráfico atraído para cada tipo de vehículo.

Tabla 15. Tráfico atraído del proyecto en análisis.

Tipo de Vehículo	TPDA actual (Vehículo/día)	Tráfico atraído (Vehículo/día)
Livianos	4187	419
Buses	273	27
Camiones Livianos 2 ejes	193	19
Camiones Pesados 2 ejes	147	15
Camiones 3 ejes	13	1
Camiones con más de 3 ejes	47	5
TOTAL	4860	486

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Total**

$$TPDA Total = TPDA actual + TPDA at \quad \text{Ecuación 4. [24]}$$

Donde:

TPDA Total: Tráfico Promedio Diario Anual Total.

TPDA actual: tráfico promedio diario anual actual.

T_{at}: tráfico atraído.

$$TPDA Total = 4860 + 486$$

$$TPDA Total = 5346$$

La Tabla N° 16, especifica el TPDA Actual, el tráfico atraído que circulan en la vía en estudio.

Tabla 16. TPDA TOTAL del proyecto en análisis

Tipo de Vehículo	TPDA actual	T at	TPDA TOTAL
Livianos	4187	419	4605
Buses	273	27	301
Camiones Livianos 2 ejes	193	19	213
Camiones Pesados 2 ejes	147	15	161
Camiones 3 ejes	13	1	15
Camiones con más de 3 ejes	47	5	51
TOTAL	4860	486	5346

Fuente: Danny Cajas, 2020

La Tabla N° 17, especifica el TPDA TOTAL, y el porcentaje de acuerdo a su clasificación por tipo de vehículo.

Tabla 17. Tipo de vehículo y su porcentaje de TPDA

Tipo de Vehículo	TPDA TOTAL	Porcentaje
Livianos	4605	86.14 %
Buses	301	5.63 %
Camiones	440	8.23 %
TOTAL	5346	100 %

Fuente: Danny Cajas, 2020

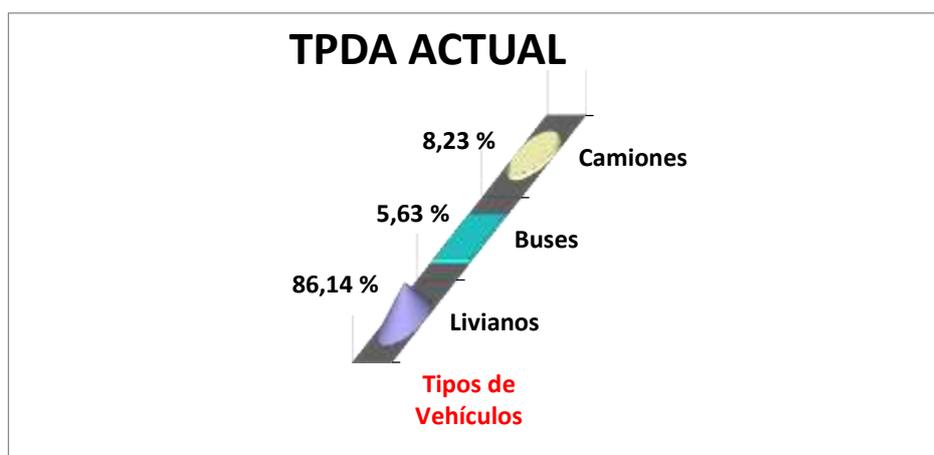


Gráfico 13. Porcentaje del TPDA por tipo de vehículo

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Cálculo del Tráfico Futuro**

Para el análisis de tráfico futuro de la vía se realizará una proyección del tráfico para una etapa de 20 años, iniciando en el año 2019 hasta el año 2039.

$$Tf = TPDA \text{ total } (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 5. [24]}$$

Donde:

Tf: tráfico futuro

TPDA total: tráfico promedio diario anual total.

i: índice de crecimiento vehicular.

n: número de años a futuro.

Tabla 18. Índice de Crecimiento Vehicular

Periodo	Tipo de Vehículos		
	Livianos	Buses	Pesados
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

Tabla 19. Tráfico Futuro

Año	Tasa de crecimiento (%)			Tráfico Futuro (vehículos / día)			TPDA Futuro (veh / día)
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2019	2.44	1.17	2.9	4605	301	440	5346
2020	2.44	1.17	2.9	4718	304	453	5475
2021	3.1	1.05	2.61	4864	307	465	5636
2022	3.1	1.05	2.61	5015	311	477	5802
2023	3.1	1.05	2.61	5170	314	489	5973
2024	3.1	1.05	2.61	5330	317	502	6150
2025	3.1	1.05	2.61	5496	320	515	6331
2026	2.82	0.95	2.38	5651	324	527	6501
2027	2.82	0.95	2.38	5810	327	540	6676
2028	2.82	0.95	2.38	5974	330	553	6856
2029	2.82	0.95	2.38	6142	333	566	7041
2030	2.82	0.95	2.38	6316	336	579	7231
2031	2.82	0.95	2.38	6494	339	593	7426
2032	2.82	0.95	2.38	6677	342	607	7626

2033	2.82	0.95	2.38	6865	346	622	7832
2034	2.82	0.95	2.38	7059	349	636	8044
2035	2.82	0.95	2.38	7258	352	652	8262
2036	2.82	0.95	2.38	7462	356	667	8485
2037	2.82	0.95	2.38	7673	359	683	8715
2038	2.82	0.95	2.38	7889	362	699	8951
2039	2.82	0.95	2.38	8112	366	716	9193

Fuente: Danny Cajas, 2020

En la Tabla N°19 se especifica la proyección del tránsito de la vía en estudio, se prevé que para el 2039, el flujo de tránsito será de 9193 vehículos por día.

➤ **Tipo de vía en Función al Tráfico Futuro**

La siguiente tabla presenta una clasificación que va en función del incremento de tráfico futuro.

Tabla 20. Clasificación de Carreteras en Función al Tráfico Proyectado

Clasificación de Carreteras en Función al Tráfico Proyectado			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (al año de horizonte o de diseño)	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 Carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: MTOP, 2013

La vía Ambato-Tisaleo en el tramo 3 dada por la abscisa 6+400 hasta 9+600 cuenta con un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 5346 vehículos/día, este valor con la respectiva proyección para un periodo de 20 años, da como valor de tráfico futuro de 9193 vehículos/día. Con este dato se da a conocer que la vía debería ser diseñada acorde a las características de una Autovía o Carretera Multicarril “AV1”, ya que con estas condiciones se logrará satisfacer las necesidades de los usuarios que transitan por la misma.

3.1.4 Cálculo de Ejes Equivalentes

Al existir diferentes tipos de vehículos pesados los cuales circulan por la vía en estudio, se deberá transformar a ejes equivalentes los cuales serán de ayuda para futuros cálculos en este proyecto.

$$W18 = ((\sum_{i=1}^{l=m} FD * TPDA) * 365) * Fd * DI \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

W18: Número de ejes equivalentes para el periodo de diseño establecido

TPDA: Tráfico promedio diario anual para el periodo de diseño establecido

FD: Factor de daño. (En la tabla N° 21 se especifican los factores de daño)

Fd: Factor de distribución direccional .

DI: Porcentaje de W18 en el carril DI.

Tabla 21 . Valores de Factores de Daño en relación al tipo de vehículo

Tipo Veh	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		FD
	Tons	(P/6.6) ⁴	Tons	(P/8.2) ⁴	Tons	(P/15) ⁴	Tons	(P/23) ⁴	
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

En la Tabla N° 22 detalla los Factores de daño para cada tipo de vehículo pesado, los factores de distribución direccional y el porcentaje de W18 por carril.

Tabla 22. Ejes Equivalentes

AÑO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	W18 Acumulado	W18 por carril
			C-2P	C-2G	C-3	C-5			
2019	4605	301	213	161	15	51	5346	534554	267277
2020	4718	305	219	165	16	53	5476	1082822	541411
2021	4896	308	224	170	17	54	5669	1643496	821748
2022	5048	311	230	174	18	56	5837	2217378	1108689
2023	5204	314	236	178	19	57	6008	2802704	1401352
2024	5365	317	242	183	20	58	6185	3400906	1700453
2025	5532	321	249	188	21	60	6371	4014596	2007298
2026	5596	322	251	190	22	60	6441	4632466	2316233
2027	5753	325	257	194	23	62	6614	5263544	2631772
2028	5916	328	263	199	24	63	6793	5907498	2953749
2029	6082	331	269	204	25	65	6976	6566090	3283045
2030	6254	334	276	209	26	66	7165	7238026	3619013
2031	6430	337	282	214	27	68	7358	7924600	3962300
2032	6612	340	289	219	28	69	7557	8624520	4312260
2033	6798	344	296	224	29	71	7762	9339928	4669964
2034	6990	347	303	229	30	73	7972	10070442	5035221
2035	7187	350	310	234	31	74	8186	10814302	5407151
2036	7389	354	318	239	32	76	8408	11574118	5787059
2037	7598	357	325	246	33	78	8637	12351906	6175953
2038	7812	360	333	250	34	80	8869	13143840	6571920
2039	8032	364	341	257	35	82	9111	13954592	6977296

Fuente: Danny Cajas, 2020

3.1.5 Evaluación superficial del pavimento asfáltico mediante el PCI

Representa el nivel del estado de la vía a través de un análisis visual, consta en un trabajo en campo y oficina, debido a que se deberá recolectar datos a lo largo de la vía, como paso siguiente se procederá a realizar cálculos.

Tabla 23. Datos Generales de la vía en estudio

Datos	
Ancho Promedio de Calzada (A_v)	10.30 m
Longitud del Tramo (L_t)	3200 m
Área de Tramo (A)	$230 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$
Error Admisible Estimado para el PCI de la Sección (e)	5%
Desviación Estándar del PCI para Pavimentos Asfálticos (σ)	10

Fuente: Danny Cajas, 2020

- **Cálculo de Unidades de Muestreo**
- **Longitud de la Unidad de Muestra**

$$L = \frac{A}{Av} \quad \text{Ecuación 7. [20]}$$

Donde:

L: Longitud de la Unidad de Muestra.

A: Área de Muestreo

Av: Ancho de Vía. [25]

$$L = \frac{230 \pm 93m^2}{10.30 m}$$

$$L = 22.54 \pm 9.12m$$

$$L = 13.3 m \text{ hasta } 31.36 m$$

$$\mathbf{L = 25 m}$$

Donde:

L: Longitud de la Unidad de Muestra.

A: Área de Muestreo.

Av: Ancho de Vía. [25]

$$A = 10.30 m * 25 m$$

$$A = 257.5m^2$$

El área real al tener un valor de 258 m² se encuentra dentro del rango de 230 m² ± 93 m², por lo que se continuará con el cálculo.

➤ **Unidades Totales de Muestreo**

$$N = \frac{Lt}{L} \quad \text{Ecuación 8. [20]}$$

Donde:

N: número total de unidades de muestreo.

Lt: longitud del tramo vial en estudio.

$$N = \frac{3200 \text{ m}}{25 \text{ m}}$$
$$N = 128 \text{ unidades}$$

➤ **Unidades Mínimas de Muestreo**

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 9. [20]}$$

Donde:

n: Número Mínimo de Unidades de Muestreo a Evaluar.

e: Error Admisible Estimado para el PCI de la Sección.

σ : Desviación Estándar del PCI para Pavimentos Asfálticos

$$n = \frac{128 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (128 - 1) + 10^2}$$
$$n = 14.32 \text{ unidades} \approx 15 \text{ unidades}$$

➤ **Intervalo para la Muestra**

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 10. [20]}$$

Donde:

i: Intervalo de Muestreo.

N: Número Total de Unidades de Muestreo.

n: Número Mínimo de Unidades de Muestreo.

$$i = \frac{128 \text{ unidades}}{15 \text{ unidades}}$$

$$i = 8.53 \approx 9$$

➤ **Corrección para las Unidades de Muestra**

$$nc = \frac{N}{i} \quad \text{Ecuación 11. [20]}$$

Donde:

nc: Número Corregido de Unidades de Muestreo.

N: Número Total de Unidades de Muestreo.

n: Número Mínimo de Unidades de Muestreo. [25]

$$nc = \frac{128 \text{ unidades}}{9}$$

$$nc = 14.22 \text{ unidades} \approx 15 \text{ unidades}$$

Tabla 24. Unidades Seleccionadas para determinar el PCI

Unidad	Abscisa Inicial	Abscisa Final
1	6+400	6+425
2	6+625	6+650
3	6+850	6+875
4	7+075	7+100
5	7+300	7+325
6	7+525	7+550
7	7+750	7+775
8	7+975	8+000
9	8+200	8+225
10	8+425	8+450
11	8+650	8+675
12	8+875	8+900
13	9+100	9+125
14	9+325	9+350
15	9+550	9+575

Fuente: Danny Cajas, 2020

Una vez determinadas las unidades a ser analizadas, se empleará el formato indicado en la Gráfica N°9 para llevar el registro de la inspección Visual PCI.

3.1.6 Resultados del índice de Condición de Pavimento (PCI)

Realizada la inspección visual de las 15 unidades de muestreo (cada unidad de muestreo se encuentra especificada en el ANEXO B), se elaboró la Tabla N°25 en donde se muestra el valor PCI obtenido por unidad de muestra y el tipo de intervención que requiere.

Tabla 25. Resultados del índice de Condición de Pavimento (PCI)

N° de Muestra	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Área del Tramo (m2)	PCI por Muestra	Clasificación	Intervención
1	6+400	6+425	257.6	81	Muy Bueno	Mantenimiento
2	6+625	6+625	259.9	77	Muy Bueno	Mantenimiento
3	6+850	6+875	256.0	91	Excelente	Mantenimiento
4	7+075	7+100	259.4	78	Muy Bueno	Mantenimiento
5	7+300	7+325	259.4	86	Excelente	Mantenimiento
6	7+525	7+550	258	91	Excelente	Mantenimiento
7	7+750	7+775	252	85	Muy Bueno	Mantenimiento
8	7+975	8+000	257.3	82	Muy Bueno	Mantenimiento
9	8+200	8+225	257.3	86	Muy bueno	Mantenimiento
10	8+425	8+450	256.7	84	Muy bueno	Mantenimiento
11	8+650	8+675	261.3	87	Muy bueno	Mantenimiento
12	8+875	9+000	257.6	76	Muy Bueno	Mantenimiento
13	9+100	9+125	254.8	83	Excelente	Mantenimiento
14	9+325	9+350	257.2	80	Muy Bueno	Mantenimiento
15	9+550	9+575	259	67	Bueno	Mantenimiento
Promedio Sección				82.3	Muy Bueno	Mantenimiento

Fuente: Danny Cajas, 2020

A lo largo de toda la sección se muestra un PCI promedio de 82.30 el cual da a conocer la calidad de la vía en estudio. La vía Ambato-Tisaleo/Tramo 3 consta con

una calidad buena del pavimento solo necesita de mantenimiento rutinario y periódico ya que el estado de vía no cuenta con fallas excesivas.

3.1.7 Determinación de Deflexiones en la Capa de Rodadura

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

Estación	Abscisa	carril izquierdo	carril derecho	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						Temperatura (°C)
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	
1	6+400		x	0	5	12	18	21	21	47
2	6+600	x		0	5	12	17	19	19	47
3	6+800		x	0	5	13	16	17	17	48
4	7+000	x		0	6	10	16	18	18	49
5	7+200		x	0	6	11	16	21	21	49
6	7+400	x		0	8	12	18	22	22	48
7	7+600		x	0	9	12	19	23	23	49
8	7+800	x		0	7	11	17	20	20	47
9	8+000		x	0	7	12	16	19	19	46
10	8+200	x		0	9	17	22	25	25	44
11	8+400		x	0	9	19	23	26	26	40
12	8+600	x		0	8	17	22	25	25	43
13	8+800		x	0	8	15	20	27	27	44
14	9+000	x		0	10	17	23	26	26	47
15	9+200		x	0	11	20	24	28	28	49
16	9+400	x		0	10	22	27	33	33	48
17	9+600		x	0	9	21	28	37	37	47

Fuente: Danny Cajas, 2020

Para la determinación de las deflexiones se requiere del empleo de varias correcciones para dar por real las deflexiones.

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

A partir de los datos registrados en campo, se procede a realizar la corrección.

$$D = RB * (D_f - D_o) \quad \text{Ecuación 12. [23]}$$

Donde:

D: Deflexión corregida.

RB: Relación del brazo de la viga Benkelman 1:2

Do: Deflexión inicial registrada en campo.

Df: Deflexión final registrada en cada estación.

$$D = 2 * (21 - 0)$$

$$D = 42 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Una vez realizada la corrección para cada estación, se obtiene:

Tabla 27. Corrección por el brazo de la viga Benkelman con relación 1:2

Estación	Abscisa	Deflexiones Corregidas						Temperatura (°C)
		(x 10e-2 mm)						
		D0	D25	D50	D100	D500	D800	
1	6+400	42	32	18	6	0	0	47
2	6+600	38	28	14	4	0	0	47
3	6+800	34	24	8	2	0	0	48
4	7+000	36	24	16	4	0	0	49
5	7+200	42	30	20	10	0	0	49
6	7+400	44	28	20	8	0	0	48
7	7+600	46	28	22	8	0	0	49
8	7+800	40	26	18	6	0	0	47
9	8+000	38	24	14	6	0	0	46
10	8+200	50	32	16	6	0	0	44
11	8+400	52	34	14	6	0	0	40
12	8+600	50	34	16	6	0	0	43
13	8+800	54	38	24	14	0	0	44
14	9+000	52	32	18	6	0	0	47
15	9+200	56	34	16	8	0	0	49
16	9+400	66	46	22	12	0	0	48
17	9+600	74	56	32	18	0	0	47

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ Cálculo de Deflexiones

Corrección de las deflexiones por efecto de las temperaturas.

Las distintas temperaturas anotadas, se emplean para una corrección, colocando a todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, como se indica a continuación:

$$D_{(20^{\circ}\text{C})} = \frac{D_o}{0.001 * (t - 20^{\circ}\text{C}) * (h) + 1} \quad \text{Ecuación 13. [23]}$$

Donde:

D (20°C): Deflexión corregida.

D_o: Deflexión inicial registrada en campo.

h: Espesor de la carpeta asfáltica en estudio.

t: Temperatura del pavimento en grados centígrados registrada en campo.

Tomando los valores de la Do (Deflexión inicial) de la tabla N° 27, se obtiene por cálculo típico:

$$D_{(20^{\circ}C)} = \frac{42}{0.001 * (47 - 20) * (7,5) + 1}$$

$$D_{(20^{\circ}C)} = 34.93 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Este mismo cálculo se realiza para todas las deflexiones registradas en campo.

Tabla 28. Deflexión corregida por temperatura

Estación	Abscisa	Deflexiones Corregidas					
		(x 10e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	6+400	34.93	26.61	14.97	4.99	0.00	0.00
2	6+600	31.60	23.28	11.64	3.33	0.00	0.00
3	6+800	28.10	19.83	6.61	1.65	0.00	0.00
4	7+000	29.57	19.71	13.14	3.29	0.00	0.00
5	7+200	34.50	24.64	16.43	8.21	0.00	0.00
6	7+400	36.36	23.14	16.53	6.61	0.00	0.00
7	7+600	37.78	23.00	18.07	6.57	0.00	0.00
8	7+800	33.26	21.62	14.97	4.99	0.00	0.00
9	8+000	31.80	20.08	11.72	5.02	0.00	0.00
10	8+200	42.37	27.12	13.56	5.08	0.00	0.00
11	8+400	45.22	29.57	12.17	5.22	0.00	0.00
12	8+600	42.64	29.00	13.65	5.12	0.00	0.00
13	8+800	45.76	32.20	20.34	11.86	0.00	0.00
14	9+000	43.24	26.61	14.97	4.99	0.00	0.00
15	9+200	46.00	27.93	13.14	6.57	0.00	0.00
16	9+400	54.55	38.02	18.18	9.92	0.00	0.00
17	9+600	61.54	46.57	26.61	14.97	0.00	0.00

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **Corrección realizada por estacionalidad**

Según CONREVIAl presenta el uso de factores de corrección, según

Tabla 29. Factores empleados en la 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

Por los ensayos realizados se determinó que el tipo de suelo en la subrasante de la vía de estudio es arcilla arenosa, la 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.

$$D = 1.2 * D_{(20^{\circ}C)} \quad \text{Ecuación 14. [23]}$$

Donde:

D (20°C): Deflexión corregida para una temperatura de 20°C.

D: Deflexión corregida con el factor de estacionalidad.

Tomando los datos de la corrección por temperatura (tabla N°28) y el valor de 1.2 está dado por la tabla N°29, por tal razón se tiene por cálculo típico:

$$D = 1.2 * (34.93)$$

$$D = 41.91 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 30. Deflexión corregida con el factor de estacionalidad

Estación	Abscisa	Deflexiones Corregidas					
		(x 10e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	6+400	41.91	31.93	17.96	5.99	0	0
2	6+600	37.92	27.94	13.97	3.99	0	0
3	6+800	33.72	23.80	7.93	1.98	0	0
4	7+000	35.48	23.66	15.77	3.94	0	0
5	7+200	41.40	29.57	19.71	9.86	0	0
6	7+400	43.64	27.77	19.83	7.93	0	0
7	7+600	45.34	27.60	21.68	7.89	0	0
8	7+800	39.92	25.95	17.96	5.99	0	0
9	8+000	38.16	24.10	14.06	6.03	0	0
10	8+200	50.85	32.54	16.27	6.10	0	0
11	8+400	54.26	35.48	14.61	6.26	0	0
12	8+600	51.17	34.80	16.38	6.14	0	0
13	8+800	54.92	38.64	24.41	14.24	0	0
14	9+000	51.89	31.93	17.96	5.99	0	0
15	9+200	55.20	33.51	15.77	7.89	0	0
16	9+400	65.45	45.62	21.82	11.90	0	0
17	9+600	73.85	55.88	31.93	17.96	0	0

Fuente: Danny Cajas, 2020

➤ **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:

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}} \quad \text{Ecuación 25. [23]}$$

Donde:

Rc: Radio de Curvatura en m.

D₀: Deflexión máxima en 0.01 mm.

D₂₅: Deflexión a 25cm en 0.01 mm.

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

$$Rc = \frac{3125}{41.91 - 31.93}$$

$$Rc = 313.15 \text{ m}$$

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

Tabla 31. Radio de Curvatura

Estación	Abscisa	Deflexiones Corregidas		Radio de Curvatura
		(x 10e-2 mm)		
		D0	D25	
1	6+400	41.91	31.93	313.15
2	6+600	37.92	27.94	313.15
3	6+800	33.72	23.80	315.10
4	7+000	35.48	23.66	264.21
5	7+200	41.40	29.57	264.21
6	7+400	43.64	27.77	196.94
7	7+600	45.34	27.60	176.14
8	7+800	39.92	25.95	223.68
9	8+000	38.16	24.10	222.28
10	8+200	50.85	32.54	170.72
11	8+400	54.26	35.48	166.38
12	8+600	51.17	34.80	190.84
13	8+800	54.92	38.64	192.06
14	9+000	51.89	31.93	156.58
15	9+200	55.20	33.51	144.12
16	9+400	65.45	45.62	157.55
17	9+600	73.85	55.88	173.97
			Promedio	214.18

Fuente: Danny Cajas, 2020

- **Deflexión característica**

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

Tabla 32. Desviación estándar

Estación	Abscisa	D0	$DO - \bar{D}$	$(DO - \bar{D})^2$
1	6+400	41.91	-6.03	36.39
2	6+600	37.92	-10.02	100.48
3	6+800	33.72	-14.23	202.38
4	7+000	35.48	-12.46	155.31
5	7+200	41.40	-6.55	42.89
6	7+400	43.64	-4.31	18.57
7	7+600	45.34	-2.61	6.79
8	7+800	39.92	-8.03	64.45
9	8+000	38.16	-9.79	95.77
10	8+200	50.85	2.90	8.42
11	8+400	54.26	6.32	39.89
12	8+600	51.17	3.23	10.42
13	8+800	54.92	6.97	48.58
14	9+000	51.89	3.95	15.58
15	9+200	55.20	7.25	52.56
16	9+400	65.45	17.51	306.58
17	9+600	73.85	25.90	670.87
	Promedio	47.95	Σ	1875.93

Fuente: Danny Cajas, 2020

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

Ecuación 16.

Donde:

σ : Desviación estándar.

D_o : Deflexión recuperable corregida en la estación (0.01 mm).

\bar{D} : Deflexión media 0.01mm.

n : Número de datos.

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{1875.93}{(17 - 1)}}$$

$$\sigma = 10.83$$

$$Dc = \bar{D} + t * \sigma \quad \text{Ecuación 17. [23]}$$

Donde:

Dc: Deflexión característica.

\bar{D} : Deflexión promedio D0.

t: Probabilidad de existir deflexiones superiores a la deflexión característica.

σ : Desviación estándar.

Para la obtención de la deflexión característica se debe tomar en cuenta la probabilidad (t) de encontrar deflexiones superiores a la ya mencionada. El método del Consorcio de Rehabilitación Vial de Perú (CONREVIAl), menciona que se debe trabajar con un valor de diseño de 95% de probabilidad, teniendo solo un 5% de probabilidad de superación del área de estudio el cual es que la deflexión sea superior a la deflexión característica.

Tabla 33. Probabilidad del Área de Estudio (D>Dc%)

Valor de Diseño	Dc	Área D > Dc %
50	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

Fuente: Danny Cajas, 2020

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

$$D_c = 47.95 + (1.645 * 10.83)$$

$$D_c = 65.76 * 10^{-2} \text{ mm}$$

➤ Deflexión admisible

Se procede a calcular la deflexión admisible en función del número de ejes estándar equivalentes acumulados que se encuentra en la tabla N° 22 y el empleo de la ecuación 18:

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{W_{18}}\right)^{0.25} * 100 \quad \text{Ecuación 18. [23]}$$

Datos

$W_{18} = 267277 \rightarrow 0.267$ (en millones).

D_{adm} : Deflexión característica admisible (inicial*) en 0.01 mm.

W_{18} : Número de ejes estándar equivalentes de 8.2 Tn acumulados en millones, para este cálculo se empleará el dato obtenido en la tabla N°22.

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.26}\right)^{0.25} * 100$$

$$D_{adm} = 144.024x10^{-2}mm$$

➤ Deflexión Crítica

Se procede a calcular la deflexión crítica en función del número de ejes estándar equivalentes acumulados que se encuentra en la tabla N° 22:

Datos

$W_{18} = 267277 \rightarrow 0.267$ (en millones).

$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{W_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100 \quad \text{Ecuación 19. [23]}$$

$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{0.26}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{cr} = 144.78x10^{-2}mm$$

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 34. Tabla de Resumen

Abscisa	D0	Deflexión Característica	Deflexión Crítica	Deflexión admisible	Radio de curvatura	Tipo de Deflexión
6+400	41.91	65.76	144.78	144.02	313.15	Tipo I
6+600	37.92	65.76	144.78	144.02	313.15	Tipo I
6+800	33.72	65.76	144.78	144.02	315.10	Tipo I
7+000	35.48	65.76	144.78	144.02	264.21	Tipo I
7+200	41.40	65.76	144.78	144.02	264.21	Tipo I
7+400	43.64	65.76	144.78	144.02	196.94	Tipo I
7+600	45.34	65.76	144.78	144.02	176.14	Tipo I
7+800	39.92	65.76	144.78	144.02	223.68	Tipo I
8+000	38.16	65.76	144.78	144.02	222.28	Tipo I
8+200	50.85	65.76	144.78	144.02	170.72	Tipo I
8+400	54.26	65.76	144.78	144.02	166.38	Tipo I
8+600	51.17	65.76	144.78	144.02	190.84	Tipo I
8+800	54.92	65.76	144.78	144.02	192.06	Tipo I
9+000	51.89	65.76	144.78	144.02	156.58	Tipo I
9+200	55.20	65.76	144.78	144.02	144.12	Tipo I
9+400	65.45	65.76	144.78	144.02	157.55	Tipo I
9+600	73.85	65.76	144.78	144.02	173.97	Tipo I
Promedio	47.95					

Fuente: Danny Cajas, 2020

Con los datos obtenidos de las Deflexiones (característica, admisible, crítica) y el radio de curvatura, se comparan con el método de CONREVIAl (Tabla N°35), para la vía en estudio el tipo predominante de deflexión es el tipo I, mediante este proceso se puede determinar las medidas correctivas para las fallas existentes.

Tabla 35. Deflexión Tipo I

Tipo de deflexión	Datos deflectométricos	Calidad estructural	Estudios complementarios	Criterio para refuerzo	Medidas correctivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	Buena	No		Correcciones de superficie

Fuente: Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman, 2017.

El tipo de deflexión encontrada indica que la vía presenta un buen comportamiento estructural, pero necesita de correcciones en su superficie o capa de rodadura.

Una vez obtenidas las Deflexiones se crearon dos gráficas, el deflectograma del estado actual de la vía, y el deflectograma a través del tiempo.

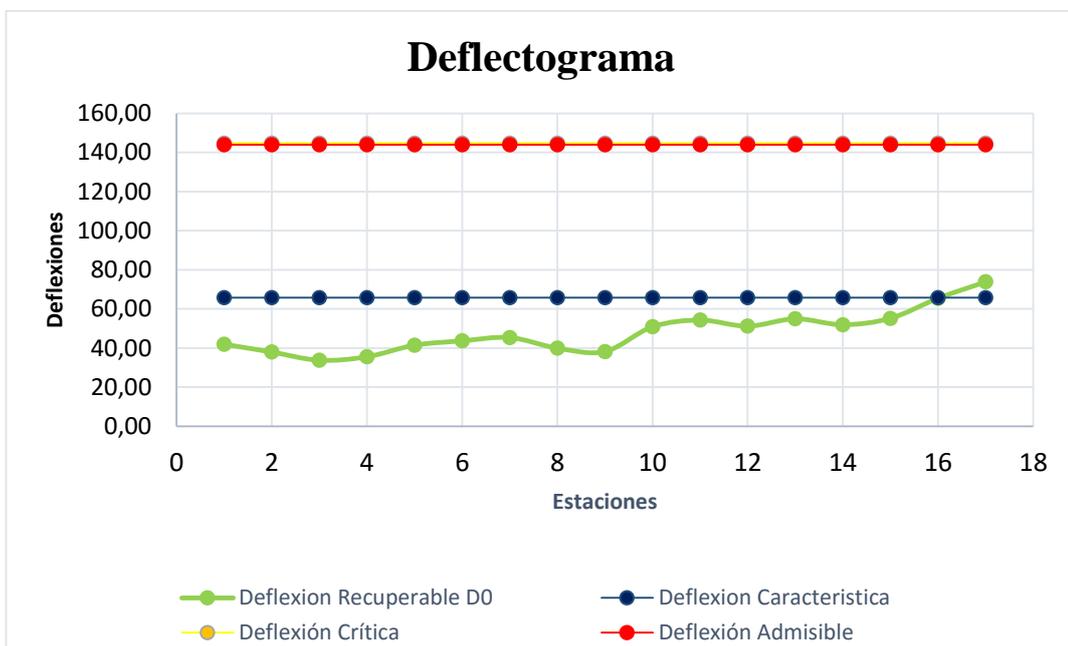


Gráfico 14. Análisis Deflectométrico

Fuente: Danny Cajas, 2020

La gráfica N° 14 nos indica que a partir de la abscisa 9+400 hasta la abscisa 9+600 se presenta el deterioro más notorio de la vía.

Tabla 36. Deflexiones Críticas y Admisibles a través del tiempo

Año	W18 por carril	D adm	D crítica
2019	267277	144.02	144.78
2023	1401352	95.18	105.91
2024	1700453	90.68	102.12
2029	3283045	76.93	90.20
2039	6977296	63.72	78.24

Fuente: Danny Cajas, 2020

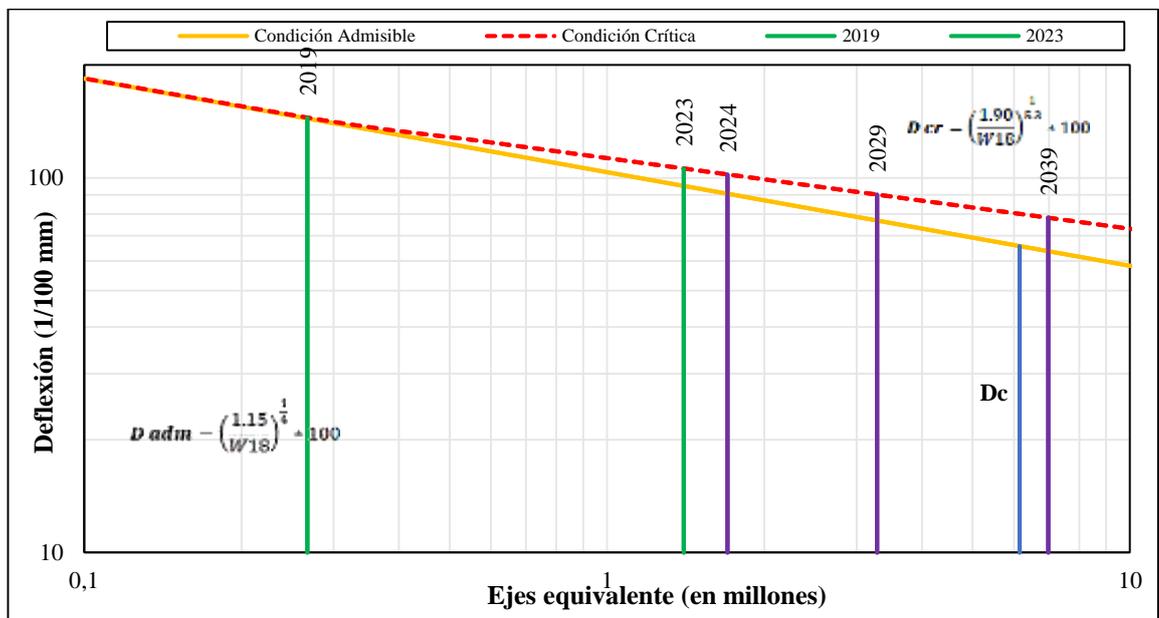


Gráfico 15. Análisis Deflectométrico a través del tiempo

Fuente: Danny Cajas, 2020

Se aprecia en la gráfico N° 15 que el valor de Dc se encuentra entre el año 2029 y 2039, el diseño del pavimento actual presenta un buen comportamiento estructural, pero si no recibe el adecuado mantenimiento rutinario y periódico, su deterioro será acelerado y no cumplirá con su objetivo que es dar serviciabilidad y comodidad a los usuarios de la vía hasta el año 2029. A partir de aquí en los años venideros se estima

un desgaste del pavimento de manera progresiva, llegando a presentar primero fallas por fatiga, como piel de cocodrilo y ahuellamiento en la carpeta asfáltica.

3.1.8 Estudio de Suelos:

Para el presente proyecto de carácter vial fue de vital importancia determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con el fin de conocer el suelo de fundación en donde se encuentra apoyada la estructura del pavimento, para lo cual se realizaron 4 pozos a cielo abierto aproximadamente 1, por kilómetro, la tabla presentada a continuación indica las coordenadas y la profundidad a las cuales fueron realizadas los diferentes pozos.

Tabla 37. Coordenas y Ubicación de los Pozos a cielo Abierto

Calicata N°	Abscisa	Coordenada		Profundidad
		Norte	Este	
1	6+750	9857516.67	758924.71	1 m
2	7+675	9857175.56	758102.84	1m
3	8+750	9856433.08	757263.21	1m
4	9+230	9856254.74	756838.45	1m

Autor: Danny Cajas, 2020

La tabla N° 38 da a conocer la clasificación según el método AASHTO M 145 de las muestras obtenidas.

Tabla 38. Clasificación de Suelos Según AASHTO M 145

Muestra	Clasificación	Grupo	Subgrupo	Tipo de material
Muestra 1	Subrasante	A-2	A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas
Muestra 2			A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas
Muestra 3			A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas
Muestra 4			A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla

Fuente: Danny Cajas, 2020

3.1.8.1 Límites de Atterberg:

Estos ensayos permiten obtener el rango de humedad en donde el suelo está en un estado plástico.

Límite Líquido

Este ensayo se lo realizó mediante el método de Copa de Casagrande, se debe obtener una muestra de 250 gramos la cual pase por el tamiz #40. En una vasija se debe mezclar el suelo con cierta cantidad de agua, ya esparcido con ayuda de un acanalador se divide la muestra en la mitad, éste tiene que ser de forma vertical. El ensayo terminará cuando la muestra separada se vuelva a unir después de tener un cierto número de golpes.

Límite Plástico

Se emplea una muestra de 250 gramos la misma debe pasar el tamiz #40. Se realiza rollos con un diámetro de aproximadamente 3mm, este proceso se lo ejecuta en una superficie lisa. Al tener ya los rollitos se debe proceder a determinar el contenido de humedad.

Resultados de Límites de Atterberg

En la tabla 39 se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio se muestra el Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plástico e Índice de Liquidez.

Tabla 39. Resultados de Límites de Atterberg

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
Muestra 1	32.39	25.16	7.23
Muestra 2	26.09	24.91	1.18
Muestra 3	32.88	18.13	14.75
Muestra 4	32.45	16.36	16.09

Fuente: Danny Cajas, 2020

3.1.8.2 Proctor Modificado Tipo B

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 tabla N°40 presenta un resumen de los resultados por el ensayo proctor modificado de cada calicata.

Tabla 40 . Resultados de ensayo de compactación

Calicata	AASHTO	Tipo de Material	Densidad Seca (gr/cm ³)	Humedad Óptima (%)
PCA 1	A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas	1.53	16.39
PCA 2	A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas	1.37	15.12
PCA 3	A-2-4	Arenas Arcillosas y Limosas	1.69	14.69
PCA 4	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	1.43	15.94

Autor: Danny Cajas, 2020

3.1.8.3 Relación de Soporte de California (CBR)

Ensayo que 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 41. Relación de Soporte de California

Calicata	Abscisa	% CBR	Clasificación	Usos
PCA 1	6+750	11.18	Regular – buena	Subrasante
PCA 2	7+675	8.00	Regular – buena	Subrasante
PCA 3	8+750	14.42	Regular – buena	Subrasante
PCA 4	9+230	8.18	Regular – buena	Subrasante

Autor: Danny Cajas, 2020

3.1.9 Plan de conservación vial

Para proponer el tipo de prevención, los resultados obtenidos por el Índice de Condición de la Carretera (PCI) y los resultados de deflexión proporcionados por la viga Benkelman deben analizarse y apoyarse en base a los resultados de las pruebas de suelo, y los resultados deben interpretarse para sacar conclusiones.

Según los valores encontrados por el PCI en la tabla, se obtiene que en la vía Ambato – Tisaleo, sector Juan Benigno Vela desde las abscisas 6+400 hasta la abscisa 9+600 se recomienda aplicar un mantenimiento rutinario para su preservación, salvo en algunos puntos los cuales los cuales sugiere aplicar un mantenimiento periódico, para la cual se detalla en la Tabla N°42 la solución de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 42. Soluciones según el tipo de falla del tramo 6+400 km hasta 9+600 de la vía Ambato - Tisaleo

Tipo de Falla	Abscisas		Unidad de Intervención	Solución
	Abscisa Inicial	Abscisa Final		
Piel de Cocodrilo	6+625	6+650	8.64 m ²	Sello superficial. Sobrecarpeta.
	7+750	7+775	3.15 m ²	
	7+975	8+000	4.32 m ²	
	8+200	8+225	3.30 m ²	
	8+425	8+450	2.5 m ²	
	8+875	9+000	6.60 m ²	
	9+325	9+350	2.00 m ²	
	9+550	9+575	3.25 m ²	
Agrietamiento en Bloque	8+650	8+675	2.00 m ²	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
	9+325	9+350	5.33 m ²	
	7+075	7+100	2.00 m	Sellado de grietas.
	7+525	7+550	5.70 m	

Grietas Longitudinales y Transversales	7+750	7+775	3.15 m	
	7+975	8+000	2.40 m	
	8+875	9+000	3.00 m	
	9+100	9+125	9.80 m	
	9+325	9+350	3.00 m	
	9+550	9+575	3.25 m	
Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	6+400	6+425	2.00 m ²	Sustitución del parche
	6+625	6+650	2.84 m ²	
	7+075	7+100	1.20 m ²	
	7+300	7+325	4.00 m ²	
	7+975	8+000	5.06 m ²	
	8+200	8+225	0.5 m ²	
	8+650	8+675	9.00 m ²	
Huecos	7+075	7+100	2 u	Parqueo parcial
	7+975	8+000	1 u	
	8+200	8+225	1 u	
	8+650	8+675	1 u	
	9+550	9+575	2 u	
Meteorización/ Desprendimiento de Agregado	6+400	6+425	20 m ²	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta
	6+800	6+875	3.25 m ²	
	7+300	7+325	4.50 m ²	
	8+200	8+225	5.25 m ²	
	8+425	8+450	3.14 m ²	

Con respecto a las deflexiones calculadas señalan que son de tipo I, por lo que se asimila que la subrasante tiene un buen comportamiento, comprobándolo con el estudio de suelos con los resultados de CBR se tiene una calidad de regular a buena (tabla 41) y que la estructura del pavimento es buena solo requiere de tratamiento superficial.

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 tentativos para el mantenimiento vial periódico y rutinario de la vía en estudio.

Nº	Rubro	Cantidad	Unidad
1	Sellado superficial	33.76	m ²
2	Sellado de Fisuras, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	39.63	m
3	Parcheo parcial	38.6	m ²
4	Limpieza de derrumbes (retiro de obstáculos)	45	m
5	Limpieza de cunetas	2200	m
6	Deshierbe	-	-
7	Mantenimiento de señalización vertical y horizontal	-	-

Autor: Danny Cajas, 2020

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

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante el levantamiento georreferenciado a lo largo del tramo dado por la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600 de la vía Ambato-Tisaleo, se obtuvo 354 coordenadas detalladas, que permitieron la realización del modelo digital de la vía en estudio, modelo que cuenta con una sección transversal promedio de 10.30 m, así como la ubicación de los pozos a cielo abierto y unidades de muestreo del método PCI.
- Una vez realizado el conteo de tráfico vehicular en la vía Ambato – Tisaleo, sector Juan Benigno Vela – Santa Rosa en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600 en el mes de noviembre de 2019, se determinó el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 5346 vehículos/día, no obstante, al proyectar el tráfico para un periodo de 20 años, se obtuvo un valor de tráfico futuro de 9193 vehículos/día la cual señala a la vía en estudio como una “Carretera Multicarril (AV1)”.
- Al evaluar la vía mediante el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) de las 15 unidades de muestreo analizadas se tuvo un promedio de PCI de 82,3 encontrándose así dentro del rango “muy bueno”, que indica que la vía solo requiere de mantenimiento rutinario y en ciertos puntos requiere de mantenimiento periódico.
- El resultado de los ensayos con la viga Benkelman presentes en la tabla N° 34 indica que la vía actualmente genera deflexiones tipo I que indica que la vía presenta un buen comportamiento estructural, pero necesita de correcciones en su capa de rodadura y de realizar un mantenimiento rutinario.
- Mediante la ensayos granulométricos y Límites de Atterberg se obtuvo para las 3 primeras muestras extraídas de subrasante un tipo de material “gravas y arenas arcillosas y limosas” A-2-4(0) según AASHTO M 145, mientras que para las muestras restantes se obtuvo A-2-6 “Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla” teniendo un rango de regular a bueno como terreno de fundición.

- De acuerdo con los resultados obtenidos por los ensayos de laboratorio se obtuvo que la subrasante de la vía posee un CBR promedio de 10.4 el cual indica que su comportamiento es regular a bueno como subrasante.
- Obtenidos los datos mediante los métodos de PCI y Viga Benkelman se determinó implementar un mantenimiento desde la abscisa 9+400 hasta la abscisa 9+600 siendo la parte con más fallas en la vía, para el resto de la vía se estableció un mantenimiento rutinario.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda calibrar previamente los equipos a utilizarse en campo, con la finalidad de obtener resultados más precisos.
- Se recomienda establecer inventarios viales que permitan almacenar las características propias de cada una de las vías, como son secciones típicas, composición de la estructura del pavimento (espesores de cada capa), tipo de suelo, entre otros, con el fin de obtener una base de datos con la cual se pueda dar soluciones ante posibles fallas del pavimento, rediseño del mismo y establecer un cronograma de mantenimiento rutinario y periódico, con el fin de obtener una base de datos.
- Se recomienda el empleo de un GPS de precisión o una estación total para la toma de coordenadas, con el fin de obtener puntos más exactos.
- Se recomienda la ejecución de obras complementarias como son infraestructura adicionales como alcantarillado, agua potable, cunetas, pasos de agua, antes de proceder al asfaltado de la vía, de esta manera se evitará que se produzcan fallas prematuras por rotura del pavimento para realizar las excavaciones de las mismas.
- Se recomienda el empleo de un Software aplicado para deflexiones de manera comparativa, para verificar los datos obtenidos de las Deflexiones en campo.
- Se recomienda el empleo de programas digitales creados de manera analítica-numérica de las respuestas de los pavimentos ante sollicitaciones mecánicas específicas, puesto que permitirán un análisis dinámico.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] D. A. E. Rodríguez, Guía de mantenimiento para pavimentos asfálticos de vías locales en Bogotá D.C., Bogotá, 2009.
- [2] J. J. A. OSPINA, DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS, MEDELLÍN, 2002.
- [3] A. G. L. Arboleda, “IMPACTO DEL MANTENIMIENTO VIAL EN LA ESTRUCTURA, AMBATO, 2015.
- [4] W. O. N. Perez, Modelo de Evaluación y Mantenimiento de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo - Baños, Ambato, 2011.
- [5] C. A. M. ALARCÓN, ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, BOGOTA, 2015.
- [6] M. D. T. Y. O. PUBLICAS, «MANTENIMIENTO POR NIVEL DE SERVICIO,» QUITO, 2013.
- [7] M. D. T. Y. O. PUBLICAS, NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES, QUITO: NEVI-12, 2013.
- [8] R. D. E. A. NACIONAL, «LEY SISTEMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA VIAL,» 2017.
- [9] . L. F. Mercado, L. Morales y L. G. Márquez Díaz , «Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo,» *Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVII*, 2016.
- [10] S. N. D. P. Y. DESARROLLO, «AGENDA ZONAL- ZONA 3,» 2013-2017.
- [11] Z. G. R. ERNESTO, Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles, BARRANCA, 2017.

- [12] I. 2015, «INEC 2015,» 2015.
- [13] J. J. Agudelo, Diseño Geométrico de Vias, Medellín, 2002.
- [14] A. M. Fonseca, Ingeniería de Pavimento para Carreteras, Bogotá: Agora Editores, 2002.
- [15] C. Giordani y . L. Diego, 1º Año Ingeniería Civil Pavimentos, 2015.
- [16] P. Morales Cardenas, O. Chávez Arévalo y L. López Poveda, Efectos de la Alta Compactación de la Capa de Pavimentos Flexibles, Managua: Lider de Ciencia, 2009.
- [17] C. A. d. Fomento, Mantenimiento Vial,, 2011.
- [18] R. G. R. Alexander, «Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba,» Ambato, 2011.
- [19] R. Ávila y A. Flavio, «Evaluación de Pavimentos en base a Métodos no Destructivos y Análisis no inverso.,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2014.
- [20] L. R. V. VARELA, INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, MANIZALES, 2002.
- [21] G. D. y. C. Escobar, «Geomecánica,» 2016.
- [22] CONSTRUMATICA, «INDICE CBR,» 2018. [En línea]. Available: construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR.
- [23] M. d. T. y. Comunicaciones, Ed., Medida de Deflexion de un Pavimento Flexible empleando la Viga Benkelman, Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016.
- [24] MTOP, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP, Quito, 2013.

- [25] E. B. TACZA HERRERA y B. O. RODRIGUEZ PAEZ, Evaluación de fallas mediante el método PCI y planeamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado, Lima, 2018.
- [26] A. Silva Balaguera, O. Daza Leguizamón y L. Lopez Valiente, «Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica.,» *EDICIONES UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA*, p. 18, 2018.
- [27] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS, NORMA ECUATORIANA VIAL, QUITO: VOLUMEN 2 - LIBRO A, 2013.
- [28] M. S. HOFFMAN y P. M. DEL AGUILA, ESTUDIOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS BASADOS EN LA INTERPRETACIÓN DE CURVAS DE DEFLEXIONES (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS), 1985.
- [29] D. A. E. Rodríguez), «Guía de mantenimiento para pavimentos asfálticos de vías locales,» en Bogotá D.C..
- [30] F. Reyes Lizcano y R. Hugo , Pavimentos: Materiales, construcción y diseño, Bogotá: ECOE, 2015.

ANEXO A-1. Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
<p style="text-align: center;">Proyecto: Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Tisaleo en el sector Santa Rosa - Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600 de la provincia de Tungurahua</p>										
Día:		Lunes		Ubicación:		Entrada a la Parroquia Juan Benigno Vela (Km)				
Fecha:		21/11/2019		Sentido:		Ambos sentidos		Estado del tiempo: Soleado		
Responsable				Danny Cajas				Hoja N° 1		
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULAD O POR HORA
			C-2P	C-2G	C-3	C>3				
7h00	7h15	173	21	25	1	0	1	27	221	
7h15	7h30	200	17	15	10	1	2	28	245	
7h30	7h45	113	15	16	4	0	0	20	148	
7h45	8h00	145	15	23	13	1	5	42	202	816
8h00	8h15	98	12	8	5	0	7	20	130	725
8h15	8h30	105	11	11	7	0	3	21	137	617
8h30	8h45	98	10	15	9	0	2	26	134	603
8h45	9h00	102	12	16	10	0	2	28	142	543
9h00	9h15	74	14	11	2	0	1	14	102	515
9h15	9h30	79	15	11	2	0	1	14	108	486
9h30	9h45	92	10	11	1	0	1	13	115	467
9h45	10h00	91	11	12	1	0	1	14	116	441
10h00	10h15	85	14	11	2	0	1	14	113	452
10h15	10h30	99	15	11	2	0	1	14	128	472
10h30	10h45	110	10	11	1	0	1	13	133	490
10h45	11h00	94	11	12	1	0	1	14	119	493
11h00	11h15	98	11	9	5	0	0	14	123	503
11h15	11h30	96	17	12	2	0	0	14	127	502
11h30	11h45	87	17	12	2	2	2	18	122	491
11h45	12h00	91	17	15	5	1	3	24	132	504
12h00	12h15	90	10	17	5	0	0	22	122	503
12h15	12h30	112	12	13	2	2	2	19	143	519
12h30	12h45	105	11	18	5	1	3	27	143	540
12h45	13h00	102	12	19	2	0	0	21	135	543
13h00	13h15	97	12	14	5	0	1	20	129	550
13h15	13h30	101	13	15	6	0	0	21	135	542
13h30	13h45	105	15	16	6	0	1	23	143	542
13h45	14h00	117	14	15	3	0		18	149	556
14h00	14h15	109	16	10	7	0	0	17	142	569
14h15	14h30	98	18	7	5	0	0	12	128	562
14h30	14h45	108	14	12	2	0	2	16	138	557
14h45	15h00	100	12	22	2	0	1	25	137	545
15h00	15h15	132	15	20	9	1	0	30	177	580
15h15	15h30	69	13	18		1	1	20	102	554
15h30	15h45	96	16	18	3	1	1	23	135	551
15h45	16h00	80	15	8	2	0	2	12	107	521
16h00	16h15	89	11	18	4	0	1	23	123	467
16h15	16h30	85	8	13	5	1	0	19	112	477
16h30	16h45	111	13	9	13	0	0	22	146	488
16h45	17h00	72	7	9	5	1	2	17	96	477
17h00	17h15	115	12	14	13	1	1	29	156	510
17h15	17h30	118	15	7	6	0	2	15	148	546
17h30	17h45	93	18	15	7	1	2	25	136	536
17h45	18h00	86	17	20	12	1	2	35	138	578
18h00	18h15	107	15	10	11	0	0	21	143	565
18h15	18h30	79	13	12	7	1	1	21	113	530
18h30	18h45	101	16	13	12	0	0	25	142	536
18h45	19h00	98	17	6	12	1	2	21	136	534
TOTAL		4905	655	655	256	18	62	991	6551	

ANEXO A-2. Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 2

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C>3			
7h00	7h15	143	16	6	4		1	11	170	
7h15	7h30	151	21	10	7	1	4	22	194	
7h30	7h45	143	12	15	6		1	22	177	
7h45	8h00	119	11	13	6	1	3	23	153	694
8h00	8h15	97	17	6	6		1	13	127	651
8h15	8h30	103	11	8	3	1	2	14	128	585
8h30	8h45	107	12	6	8		1	15	134	542
8h45	9h00	113	12	16	4	1	1	22	147	536
9h00	9h15	112	14	11	10			21	147	556
9h15	9h30	90	16	13	10			23	129	557
9h30	9h45	92	10	11	7			18	120	543
9h45	10h00	86	12	5	5	1		11	109	505
10h00	10h15	77	12	10	8		1	19	108	466
10h15	10h30	73	9	10	1			11	93	430
10h30	10h45	70	11	11	3			14	95	405
10h45	11h00	70	10	10	4		1	15	95	391
11h00	11h15	74	14	10	11		1	22	110	393
11h15	11h30	76	11	5	7		2	14	101	401
11h30	11h45	67	16	7	5			12	95	401
11h45	12h00	71	16	10	5	1	1	17	104	410
12h00	12h15	87	10	8	6		2	16	113	413
12h15	12h30	80	11	10	11	2		23	114	426
12h30	12h45	82	12	10	5		1	16	110	441
12h45	13h00	91	12	11	6	1	1	19	122	459
13h00	13h15	70	13	10	7		1	18	101	447
13h15	13h30	74	12	4	4		1	9	95	428
13h30	13h45	71	11	7	3	1	2	13	95	413
13h45	14h00	53	14	1	5		3	9	76	367
14h00	14h15	79	18	9	9		2	20	117	383
14h15	14h30	85	13	10	12			22	120	408
14h30	14h45	120	13	19	4			23	156	469
14h45	15h00	80	12	10	3	1	2	16	108	501
15h00	15h15	73	13	8	15	2		25	111	495
15h15	15h30	81	13	4	2		2	8	102	477
15h30	15h45	69	19	7	8	1	1	17	105	426
15h45	16h00	67	10	3	12			15	92	410
16h00	16h15	95	10	8	6			14	119	418
16h15	16h30	84	11	10	6		3	19	114	430
16h30	16h45	92	17	9	16			25	134	459
16h45	17h00	100	10	8	6	2	3	19	129	496
17h00	17h15	88	18	14	12		2	28	134	511
17h15	17h30	87	8	12	9	1		22	117	514
17h30	17h45	76	14	11	12			23	113	493
17h45	18h00	112	16	15	7	2	1	25	153	517
18h00	18h15	81	8	10	15			25	114	497
18h15	18h30	105	8	2	11	2	1	16	129	509
18h30	18h45	132	16	9	7	2	1	19	167	563
18h45	19h00	87	12	11	7	2	2	22	121	531
TOTAL		4335	61 /	443	346	25	51	865	581 /	

ANEXO A-3 Formato Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 3

 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											
Día:		Miércoles		Ubicación:		Entrada a la Parroquia Juan Benigno Vela (Km)					
Fecha:		23/11/2019		Sentido:		Ambos sentidos		Estado del tiempo:		Nublado	
Responsable						Danny Cajas			Hoja N°		3
HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA	
				C-2P	C-2G	C-3	C>3				
7h00	7h15	153	16	5	11		3	19	188		
7h15	7h30	168	25	10	9			19	212		
7h30	7h45	144	12	9	5	1	1	16	172		
7h45	8h00	140	16	12	10	2	2	26	182	754	
8h00	8h15	142	12	13	9	1	2	25	179	745	
8h15	8h30	141	12	14	8	1	1	24	177	710	
8h30	8h45	106	14	15	11	3	3	32	152	690	
8h45	9h00	96	17	14	4			18	131	639	
9h00	9h15	100	15	14	12		1	27	142	602	
9h15	9h30	101	17	11	3	1	3	18	136	561	
9h30	9h45	86	17	6	10			16	119	528	
9h45	10h00	93	17	7	9	1		17	127	524	
10h00	10h15	81	11	7	10			17	109	491	
10h15	10h30	92	13	10	7		1	18	123	478	
10h30	10h45	86	12	7	10			17	115	474	
10h45	11h00	87	15	15	8			23	125	472	
11h00	11h15	64	12	6	6		2	14	90	453	
11h15	11h30	77	10	11	6			17	104	434	
11h30	11h45	59	18	5	9			14	91	410	
11h45	12h00	81	16	6	6		1	13	110	395	
12h00	12h15	78	13	6	10	1		17	108	413	
12h15	12h30	95	17	10	10		1	21	133	442	
12h30	12h45	97	12	9	5			14	123	474	
12h45	13h00	100	15	11	6		2	19	134	498	
13h00	13h15	77	18	11	11		3	25	120	510	
13h15	13h30	92	12	12	8		1	21	125	502	
13h30	13h45	90	15	10	8			18	123	502	
13h45	14h00	88	14	15	10	1	3	29	131	499	
14h00	14h15	80	12	7	10	1		18	110	489	
14h15	14h30	81	15	12	12	3		27	123	487	
14h30	14h45	83	10	12	7			19	112	476	
14h45	15h00	63	13	8	5			13	89	434	
15h00	15h15	86	11	11	5			16	113	437	
15h15	15h30	85	12	10	13			23	120	434	
15h30	15h45	70	9	10	5			15	94	416	
15h45	16h00	91	15	10	12		3	25	131	458	
16h00	16h15	90	15	9	15	2		26	131	476	
16h15	16h30	77	11	12	5		1	18	106	462	
16h30	16h45	96	9	6	9		1	16	121	489	
16h45	17h00	84	13	13	8	2		23	120	478	
17h00	17h15	95	14	13	3		1	17	126	473	
17h15	17h30	103	15	9	7		2	18	136	503	
17h30	17h45	90	12	8	9	2	1	20	122	504	
17h45	18h00	85	11	9	5		1	15	111	495	
18h00	18h15	80	15	14	10	1		25	120	489	
18h15	18h30	92	10	15	8	1	1	25	127	480	
18h30	18h45	103	17	12	15	2		29	149	507	
18h45	19h00	95	14	13	12	1	3	29	138	534	
TOTAL		4543	666	494	406	27	44	971	6180		

ANEXO A-4 Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 4

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C>3	TOTAL PESADOS		
7h00	7h15	169	24	13	8		2	23	216	
7h15	7h30	124	18	16	7		3	26	168	
7h30	7h45	150	14	15	6			21	185	
7h45	8h00	124	14	17	6		1	24	162	731
8h00	8h15	125	13	14	16		1	31	169	684
8h15	8h30	121	14	16	13	1		30	165	681
8h30	8h45	105	16	27	7	1		35	156	652
8h45	9h00	87	16	15	10	1	1	27	130	620
9h00	9h15	77	16	18	7		2	27	120	571
9h15	9h30	110	12	16	13			29	151	557
9h30	9h45	102	11	13	5		1	19	132	533
9h45	10h00	91	12	16	10		2	28	131	534
10h00	10h15	67	16	11	3		1	15	98	512
10h15	10h30	64	11	7	5		1	13	88	449
10h30	10h45	71	15	14	12		1	27	113	430
10h45	11h00	63	11	12	11	2	1	26	100	399
11h00	11h15	60	13	9	5		1	15	88	389
11h15	11h30	45	12	15	12	1	1	29	86	387
11h30	11h45	57	17	11	6		1	18	92	366
11h45	12h00	74	16	16	9		1	26	116	382
12h00	12h15	83	12	8	5		2	15	110	404
12h15	12h30	71	16	9	6			15	102	420
12h30	12h45	76	13	7	14			21	110	438
12h45	13h00	78	14	9	7			16	108	430
13h00	13h15	73	14	5	15		1	21	108	428
13h15	13h30	69	11	10	8			18	98	424
13h30	13h45	60	11	9	9			18	89	403
13h45	14h00	64	12	10	11		1	22	98	393
14h00	14h15	80	13	10	11	1		22	115	400
14h15	14h30	78	14	9	4			13	105	407
14h30	14h45	103	12	10	8	1	1	20	135	453
14h45	15h00	75	12	14	8	1	1	24	111	466
15h00	15h15	67	13	7	8	2		17	97	448
15h15	15h30	78	18	14	15			29	125	468
15h30	15h45	50	11	6	5	1		12	73	406
15h45	16h00	127	15	10	6		2	18	160	455
16h00	16h15	89	11	13	12	2		27	127	485
16h15	16h30	84	13	6	10	2		18	115	475
16h30	16h45	89	20	10	7		1	18	127	529
16h45	17h00	74	13	4	11			15	102	471
17h00	17h15	93	17	13	8	1		22	132	476
17h15	17h30	90	12	12	7			19	121	482
17h30	17h45	90	17	13	9			22	129	484
17h45	18h00	94	10	13	7	1	2	23	127	509
18h00	18h15	120	13	6	6		3	15	148	525
18h15	18h30	105	13	8	12	1		21	139	543
18h30	18h45	110	16	6	11	2	3	22	148	562
18h45	19h00	117	19	8	8	1	2	19	155	590
TOTAL		4273	676	550	419	22	40	1031	5980	

ANEXO A-5 Cuento Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 5

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
				C-2P	C-2G	C-3	C>3			
7h00	7h15	158	21	12	11		1	24	203	
7h15	7h30	165	16	17	5			22	203	
7h30	7h45	119	12	13	4		1	18	149	
7h45	8h00	104	13	14	5	1	3	23	140	695
8h00	8h15	123	14	10	7		1	18	155	647
8h15	8h30	114	11	20	11			31	156	600
8h30	8h45	120	15	7	15		1	23	158	609
8h45	9h00	85	15	9	9	2	1	21	121	590
9h00	9h15	93	14	9	11		2	22	129	564
9h15	9h30	83	16	6	5		2	13	112	520
9h30	9h45	91	12	10	3		1	14	117	479
9h45	10h00	80	7	8	10		1	19	106	464
10h00	10h15	80	13	12	4			16	109	444
10h15	10h30	76	12	22	5			27	115	447
10h30	10h45	95	14	14	6		2	22	131	461
10h45	11h00	67	8	13	10		2	25	100	455
11h00	11h15	72	16	13	4		2	19	107	453
11h15	11h30	71	12	8	11		2	21	104	442
11h30	11h45	105	20	8	10			18	143	454
11h45	12h00	90	14	13	10		2	25	129	483
12h00	12h15	102	16	13	4		2	19	137	513
12h15	12h30	72	12	8	11		2	21	105	514
12h30	12h45	80	20	8	10			18	118	489
12h45	13h00	78	14	13	10		2	25	117	477
13h00	13h15	85	14	8	6	1		15	114	454
13h15	13h30	90	10	10	10		1	21	121	470
13h30	13h45	100	11	9	4		1	14	125	477
13h45	14h00	127	16	7	8	1	1	17	160	520
14h00	14h15	96	13	9	8	1		18	127	533
14h15	14h30	113	15	12	5			17	145	557
14h30	14h45	102	12	10	6		3	19	133	565
14h45	15h00	95	15	14	6	1		21	131	536
15h00	15h15	97	19	8	10	1	1	20	136	545
15h15	15h30	90	12	8	7			15	117	517
15h30	15h45	72	9	13	12	2	1	28	109	493
15h45	16h00	75	12	12	8		1	21	108	470
16h00	16h15	90	12	7	11	2		20	122	456
16h15	16h30	102	11	4	8	3	2	17	130	469
16h30	16h45	111	16	7	11	1		19	146	506
16h45	17h00	113	17	5	8			13	143	541
17h00	17h15	99	16	10	8	1		19	134	553
17h15	17h30	105	9	8	10			18	132	555
17h30	17h45	120	12	5	7	1	1	14	146	555
17h45	18h00	109	8	11	9	2	2	24	141	553
18h00	18h15	129	13	11	5	2	2	20	162	581
18h15	18h30	120	10	12	10			22	152	601
18h30	18h45	121	9	5	15	1	2	23	153	608
18h45	19h00	128	8	7	11		3	21	157	624
TOTAL		4812	636	492	394	23	51	960	6408	

ANEXO A-6 Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 6

		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					
Día:	Sábado	Ubicación:	Entrada a la Parroquia Juan Benigno Vela (Km)		
Fecha:	26/11/2019	Sentido:	Ambos sentidos		Estado del tiempo: Soleado
		Responsable	Danny Cajas		Hoja N° 6

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA	
			C-2P	C-2G	C-3	C>3				
7h00	7h15	195	16	7	10		2	19	230	
7h15	7h30	135	15	6	7		1	14	164	
7h30	7h45	120	12	6	1	1		8	140	
7h45	8h00	125	15	9	6			15	155	689
8h00	8h15	100	12	7	5		3	15	127	586
8h15	8h30	97	10	5	3		1	9	116	538
8h30	8h45	101	12	12	7			19	132	530
8h45	9h00	96	12	10	3		1	14	122	497
9h00	9h15	104	13	7	8	1	4	20	137	507
9h15	9h30	90	16	10	5		3	18	124	515
9h30	9h45	99	11	1	3	2		6	116	499
9h45	10h00	92	12	6	8		1	15	119	496
10h00	10h15	84	10	6	5	1	1	13	107	466
10h15	10h30	86	14	8	5		1	14	114	456
10h30	10h45	94	15	7	6			13	122	462
10h45	11h00	89	12	4	4		4	12	113	456
11h00	11h15	110	10	7	5		1	13	133	482
11h15	11h30	94	11	7	10	1	1	19	124	492
11h30	11h45	90	16	9	6		1	16	122	492
11h45	12h00	100	8	10	4	1		15	123	502
12h00	12h15	115	9	7	7	2	2	18	142	511
12h15	12h30	92	12	13	10	1	1	25	129	516
12h30	12h45	91	14	2	4	0	2	8	113	507
12h45	13h00	88	10	7	5			12	110	494
13h00	13h15	112	18	9	8	1	3	21	151	503
13h15	13h30	107	17	13	7			20	144	518
13h30	13h45	110	15	12	10		1	23	148	553
13h45	14h00	105	17	10	5			15	137	580
14h00	14h15	105	12	6	4		2	12	129	558
14h15	14h30	99	11	11	5	2		18	128	542
14h30	14h45	103	14	5	4	1		10	127	521
14h45	15h00	114	11	11	9		2	22	147	531
15h00	15h15	108	8	4	9			13	129	531
15h15	15h30	124	11	6	8	1	1	16	151	554
15h30	15h45	144	12	8	10		1	19	175	602
15h45	16h00	107	10	7	12	1	1	21	138	593
16h00	16h15	146	16	10	5			15	177	641
16h15	16h30	111	10	12	4	2	2	20	141	631
16h30	16h45	120	13	6	5			11	144	600
16h45	17h00	123	8	8	3			11	142	604
17h00	17h15	111	16	5	7	1		13	140	567
17h15	17h30	104	14	3	10		3	16	134	560
17h30	17h45	104	18	5	7		1	13	135	551
17h45	18h00	171	12	4	5		1	10	193	602
18h00	18h15	133	10	7	7		3	17	160	622
18h15	18h30	137	15	6	6	2	2	16	168	656
18h30	18h45	125	14	5	7	1	3	16	155	676
18h45	19h00	152	11	3	7	1	4	15	178	661
TOTAL		5362	610	349	301	23	60	733	6705	

ANEXO A-7 Formato Conteo Vehicular en la Vía Ambato - Tisaleo, Tramo 3, día 7

		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											
Día:	Domingo		Ubicación:	Entrada a la Parroquia Juan Benigno Vela (Km)							
Fecha:	27/11/2019		Sentido:	Ambos sentidos			Estado del tiempo:	Nublado			
			Responsable	Danny Cajas				Hoja N° 7			
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA	
			C-2P	C-2G	C-3	C>3					
7h00	7h15	120	6	6	5		1	12	138		
7h15	7h30	102	7	6	6	1		13	122		
7h30	7h45	76	8	3	3			6	90		
7h45	8h00	88	14	7	7			14	116	466	
8h00	8h15	105	8	7	4		1	12	125	453	
8h15	8h30	94	8	10	3			13	115	446	
8h30	8h45	96	10	2	7	1	1	11	117	473	
8h45	9h00	82	10	2	5			7	99	456	
9h00	9h15	136	10	7	2			9	155	486	
9h15	9h30	102	7	12	5			17	126	497	
9h30	9h45	110	9	9	2			11	130	510	
9h45	10h00	158	11	11	2		1	14	183	594	
10h00	10h15	129	11	8	4			12	152	591	
10h15	10h30	133	6	5	1			6	145	610	
10h30	10h45	133	7	10	3	1		14	154	634	
10h45	11h00	120	12	9	7	2		18	150	601	
11h00	11h15	127	8	8	8	1		17	152	601	
11h15	11h30	121	7	6	1		1	8	136	592	
11h30	11h45	104	12	3	6			9	125	563	
11h45	12h00	104	10	4	4			8	122	535	
12h00	12h15	112	11	10	6	1		17	140	523	
12h15	12h30	104	12	12	5			17	133	520	
12h30	12h45	115	9	11	4		1	16	140	535	
12h45	13h00	116	8	10	2			12	136	549	
13h00	13h15	98	13	7	4	1	1	13	124	533	
13h15	13h30	125	11	5	6			11	147	547	
13h30	13h45	112	6	4	4			8	126	533	
13h45	14h00	122	11	9	2			11	144	541	
14h00	14h15	175	12	6	5		4	15	202	619	
14h15	14h30	117	9	11	3		1	15	141	613	
14h30	14h45	127	9	9	3			12	148	635	
14h45	15h00	126	7	6	4	1		11	144	635	
15h00	15h15	111	13	12	6	2		20	144	577	
15h15	15h30	125	9	8	6	1	1	16	150	586	
15h30	15h45	145	12	5	6	1		12	169	607	
15h45	16h00	125	10	3	7	2		12	147	610	
16h00	16h15	117	12	5	11			16	145	611	
16h15	16h30	138	8	8	5		1	14	160	621	
16h30	16h45	138	14	9	5		1	15	167	619	
16h45	17h00	100	7	4	3	2	2	11	118	590	
17h00	17h15	119	6	5	5			10	135	580	
17h15	17h30	105	10	9	9		2	20	135	555	
17h30	17h45	129	8	5	5		1	11	148	536	
17h45	18h00	135	9	12	12	2		26	170	588	
18h00	18h15	170	13	6	6		3	15	198	651	
18h15	18h30	160	10	11	6	1	1	19	189	705	
18h30	18h45	150	10	7	6	1	1	15	175	732	
18h45	19h00	148	8	5	4		2	11	167	729	
TOTAL		5804	458	349	235	21	27	632	6894		

ANEXO B INSPECCIÓN VISUAL PCI

ANEXO B-1 Inspección Visual PCI, Unidad 1

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"									
Abscisa Inicial:	6+400	Área de Muestreo:	257.6 m ²	Tramo:	29/01/2020					
Abscisa Final:	6+425	Unidad de Muestreo:	1	Responsable:	Danny Cajas					
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez					
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
No.	Fallas	Unidad	Esquema							
1	Piel de Cocodrilo	m ²								
2	Exudación	m ²								
3	Agrietamiento en Bloque	m ²								
4	Abultamientos y Hundimientos	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresión	m ²								
7	Grieta de Borde	m								
8	Grieta de Reflexión de Junta	m								
9	Desnivel Carril/Berma	m								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
11	Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²								
12	Pulimiento de Agregados	m ²								
13	Huecos	Unidad								
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²								
15	Ahuellamiento	m ²								
16	Desplazamiento	m ²								
17	Grietas parabólica	m ²								
18	Hinchamiento	m ²								
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²								
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)							
19	x			12.5 m	1.6 m			20.00	7.76	17
11	x			1.6 m				2.01	0.78	2
Valor Deducido Total (VDT)									19	
Cálculo de PCI										
PCI=	100-VDT	PCI=	81							

Gráfico 16. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 1

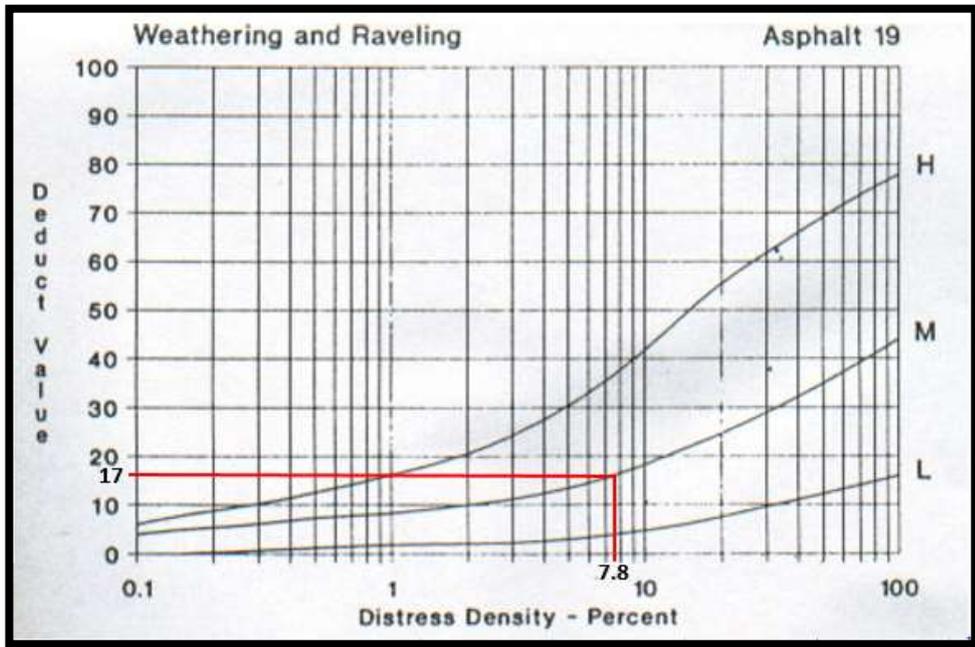
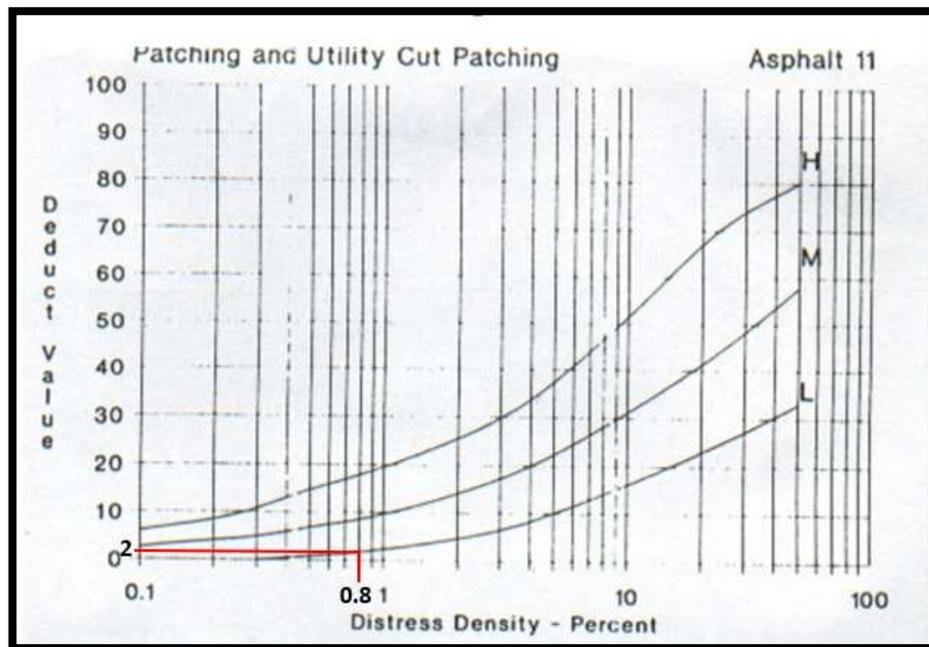


Gráfico 17. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 1



ANEXO B-2 Inspección Visual PCI, Unidad 2

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	6+625	Área de Muestreo:	259.9 m ²	Tramo:	29/01/2020				
Abscisa Final:	6+650	Unidad de Muestreo:	1	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
1	x			5.4	1.6		8.64	3.32	22
11	x			1.2	1.3		1.56	0.60	1
Valor Deducido Total (VDT)								23	
Cálculo de PCI									
PCI=		100-VDT		PCI=		77			

Gráfico 18. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 2

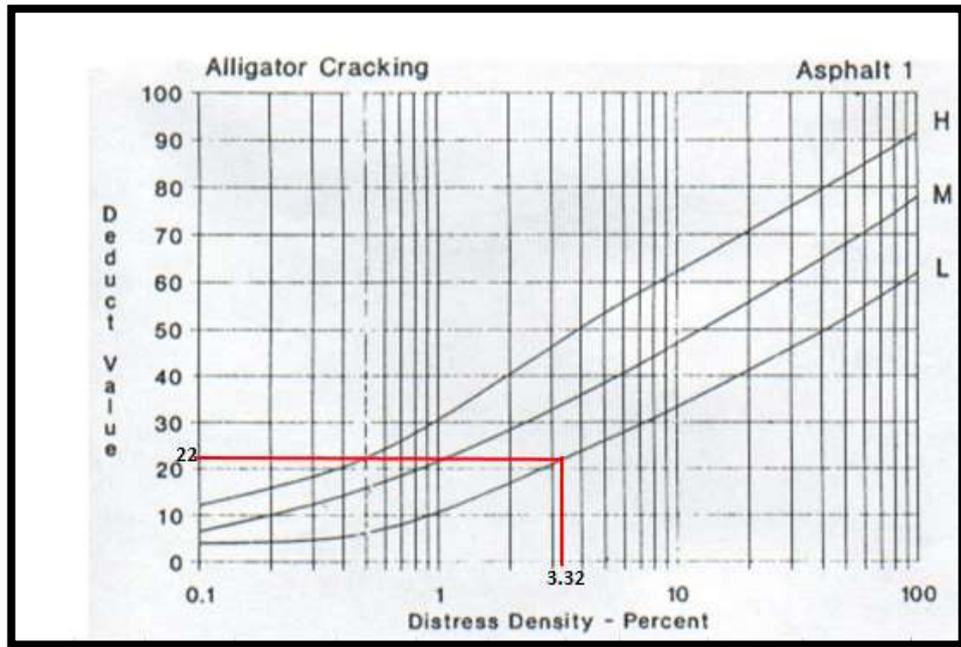
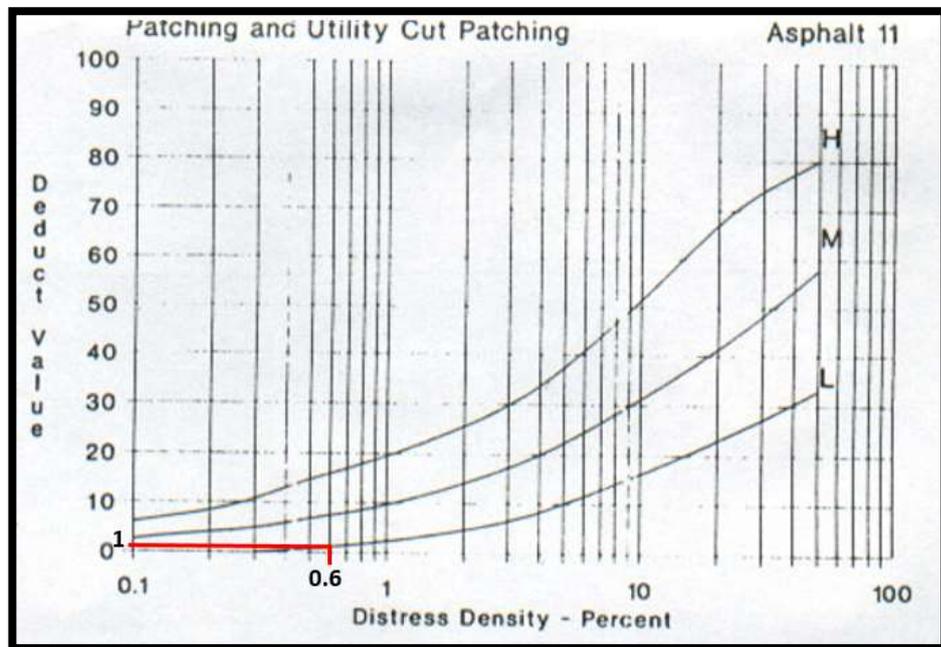


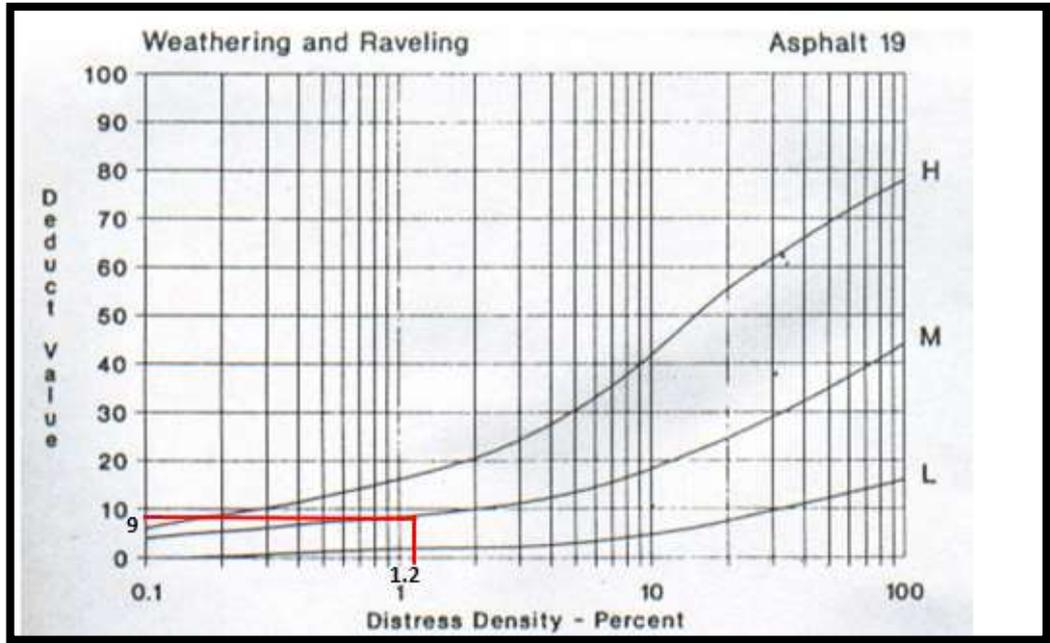
Gráfico 19. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 2



ANEXO B-3 Inspección Visual PCI, Unidad 3

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"							
Abscisa Inicial:	6+850	Área de Muestreo:	256.0 m ²	Tramo:	29/01/2020				
Abscisa Final:	6+875	Unidad de Muestreo:	1	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
19		x		1.9	1.6		3.04	1.19	9
19	x			0.5	0.45		0.23	0.09	0
Valor Deducido Total (VDT)								9	
Cálculo de PCI									
PCI=		100-VDT	PCI=		91				

Gráfico 20. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 3



ANEXO B-4 Inspección Visual PCI, Unidad 4

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"									
Abscisa Inicial:	7+07 5	Área de Muestreo:	259.4 m ²	Tramo:	29/01/2020					
Abscisa Final:	7+10 0	Unidad de Muestreo:	4	Responsable:	Danny Cajas					
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez					
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
No.	Fallas	Unidad	Esquema							
1	Piel de Cocodrilo	m ²								
2	Exudación	m ²								
3	Agrietamiento en Bloque	m ²								
4	Abultamientos y Hundimientos	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresión	m ²								
7	Grieta de Borde	m								
8	Grieta de Reflexión de Junta	m								
9	Desnivel Carril/Berma	m								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
11	Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²								
12	Pulimiento de Agregados	m ²								
13	Huecos	Unidad								
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²								
15	Ahuellamiento	m ²								
16	Desplazamiento	m ²								
17	Grietas parabólica	m ²								
18	Hinchamiento	m ²								
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²								
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales		Total	Densidad %	Valor Reducido		
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)							
10		x		3.5			3.50	1.35	4	
11	x			1.2	1		1.20	0.46	0	
13	x			2.0			2.0	0.77	18	
							Valor Deducido Total (VDT)		22	
Cálculo de PCI										
PCI=		100-VDT		PCI=		78				

Gráfico 21 Resultados para falla tipo grietas Longitudinales y transversales, unidad 4

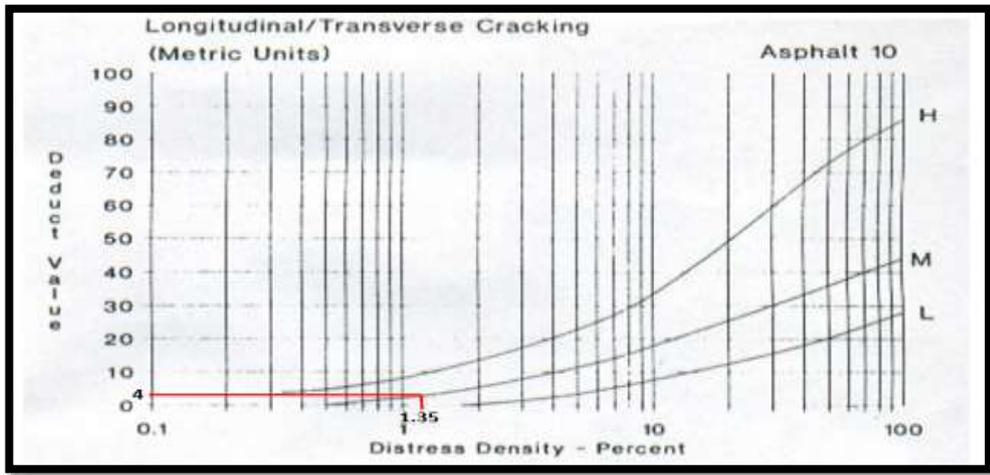


Gráfico 22. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 4

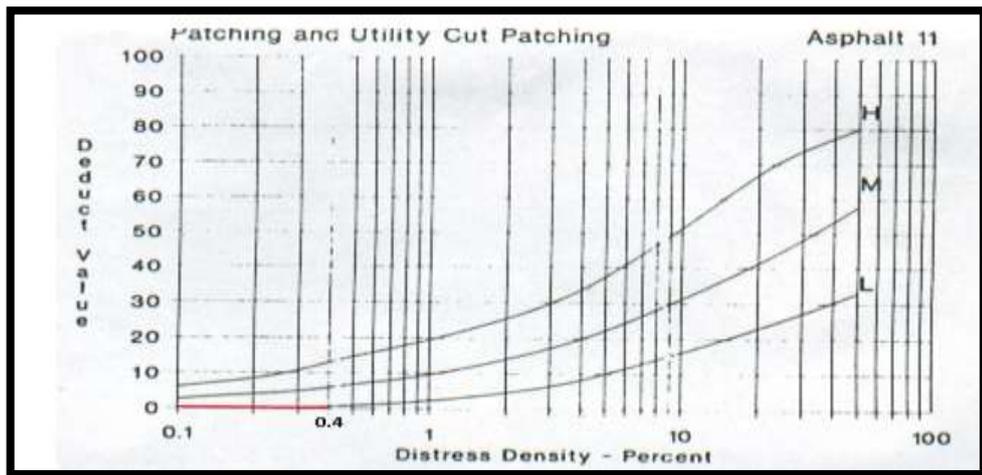
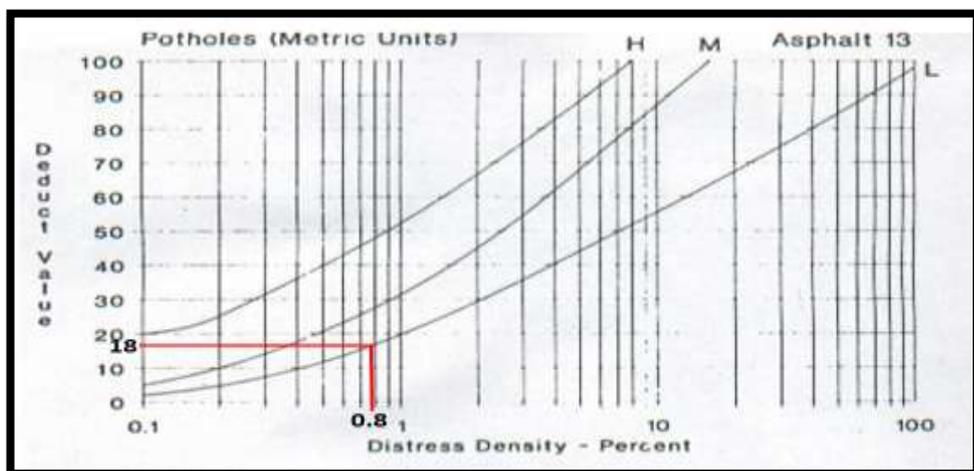


Gráfico 23. Resultados para falla tipo huecos, unidad 4



ANEXO B-5 Inspección Visual PCI, Unidad 5

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	7+300	Área de Muestreo:	259.4 m ²	Tramo:	29/01/2020				
Abscisa Final:	7+325	Unidad de Muestreo:	4	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
11		X		1.6	1.8		2.88	1.11	10
11	X			1.2	1		1.20	0.46	1
19	X			3	1.5		4.50	1.73	3
								Valor Deducido Total (VDT)	14
Cálculo de PCI									
PCI=		100-VDT		PCI=		86			

Gráfico 24. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 5

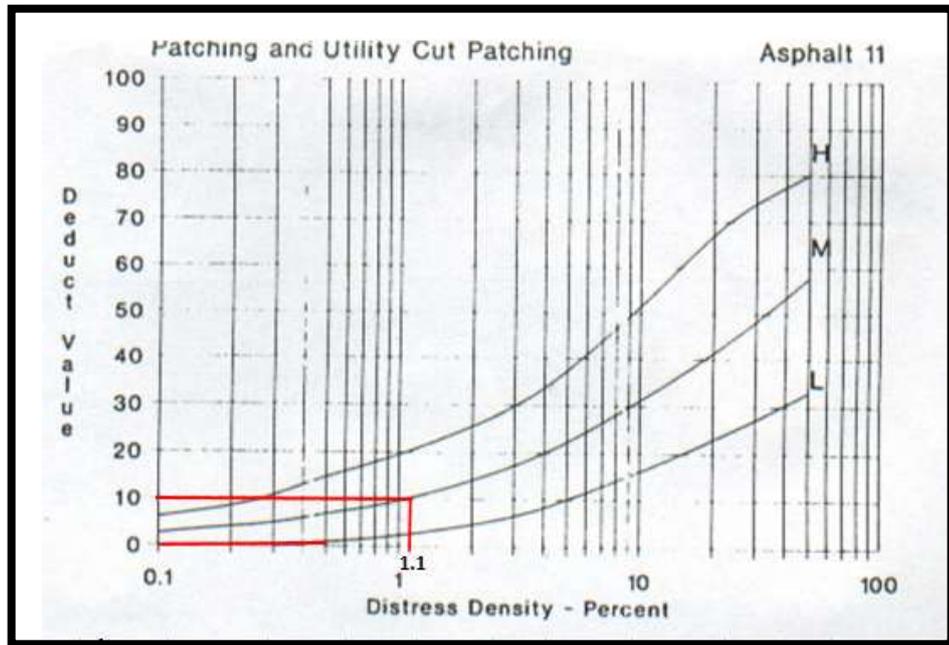
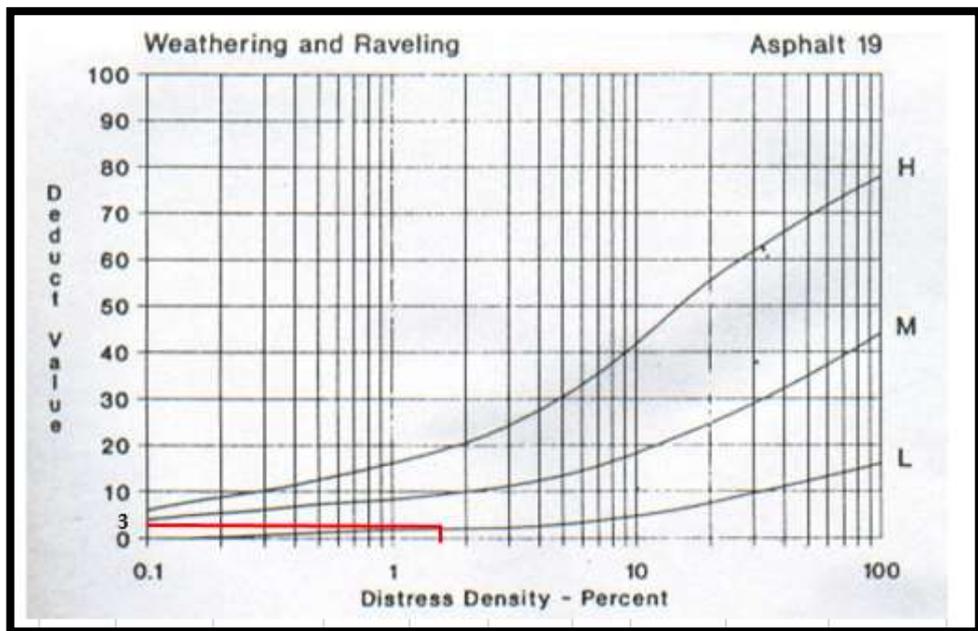


Gráfico 25. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 5



ANEXO B-6 Inspección Visual PCI, Unidad 6

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"									
Abscisa Inicial:	7+525	Área de Muestreo:	258 m ²	Tramo:	29/01/2020					
Abscisa Final:	7+550	Unidad de Muestreo:	6	Responsable:	Danny Cajas					
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo:	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez					
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
No.	Fallas	Unidad	Esquema							
1	Piel de Cocodrilo	m ²								
2	Exudación	m ²								
3	Agrietamiento en Bloque	m ²								
4	Abultamientos y Hundimientos	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresión	m ²								
7	Grieta de Borde	m								
8	Grieta de Reflexión de Junta	m								
9	Desnivel Carril/Berma	m								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²								
12	Pulimiento de Agregados	m ²								
13	Huecos	Unidad								
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²								
15	Ahuellamiento	m ²								
16	Desplazamiento	m ²								
17	Grietas parabólica	m ²								
18	Hinchamiento	m ²								
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²								
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)							
19	X			0.5	0.35			0.18	0.07	2
10		X		5.7				5.70	2.21	7
Valor Deducido Total (VDT)									9	
Cálculo de PCI										
PCI=	100-VDT	PCI=	91							

Gráfico 26. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 6

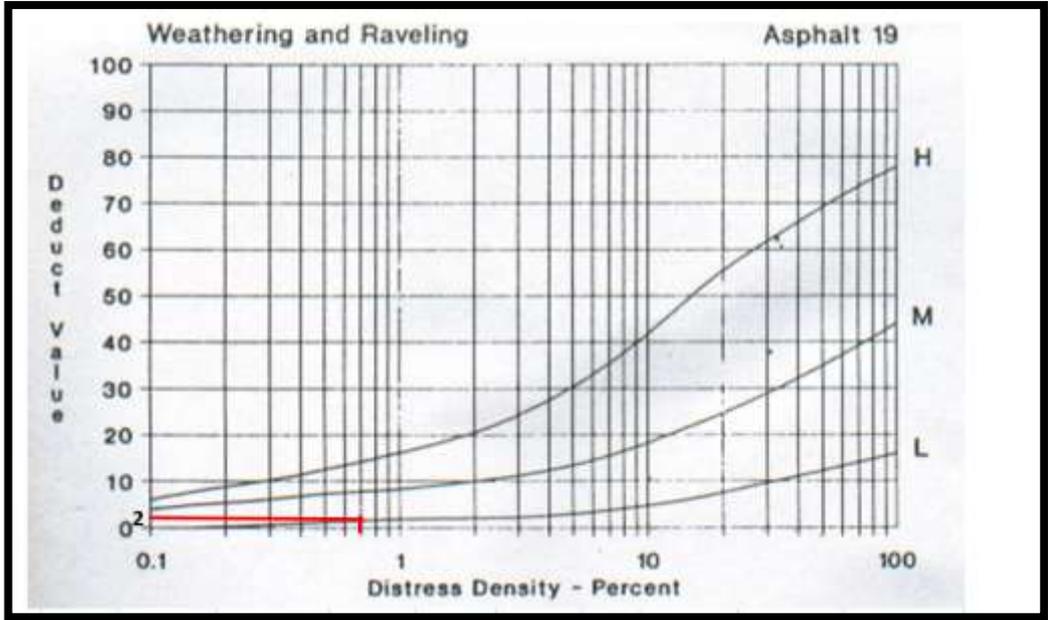
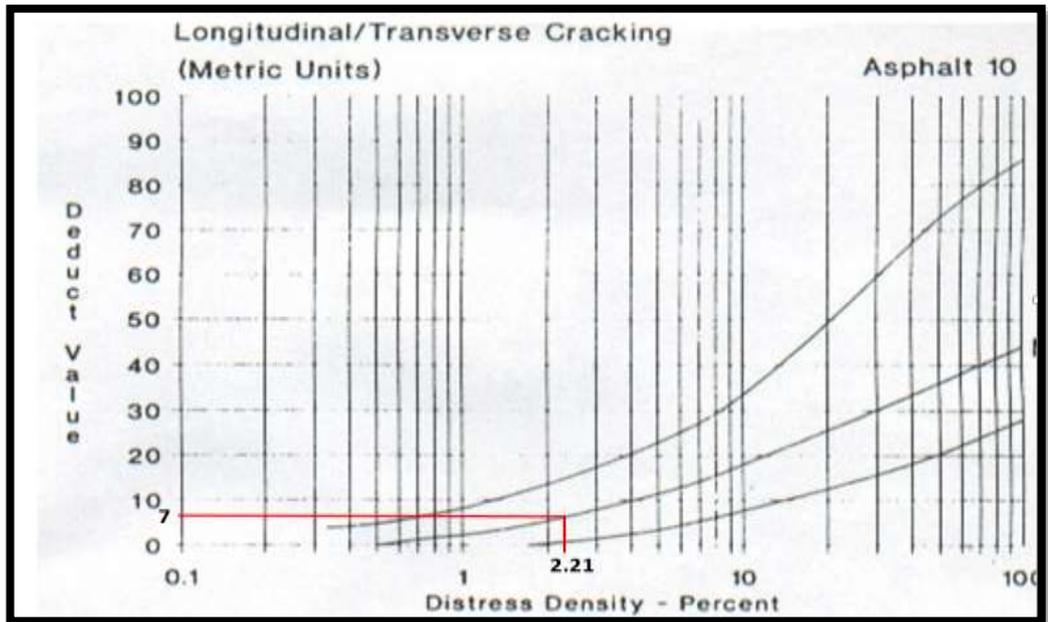


Gráfico 27. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 6



ANEXO B-7 Inspección Visual PCI, Unidad 7

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	7+750	Área de Muestreo:	252 m ²	Tramo:	29/01/2020				
Abscisa Final:	7+775	Unidad de Muestreo:	7	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad		Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
1	X			4.5	0.7		3.15	1.25	12
10	X			11.25			11.25	4.46	3
Valor Deducido Total (VDT)								15	
Cálculo de PCI									
PCI=		100-VDT	PCI=		85				

Gráfico 28. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 7

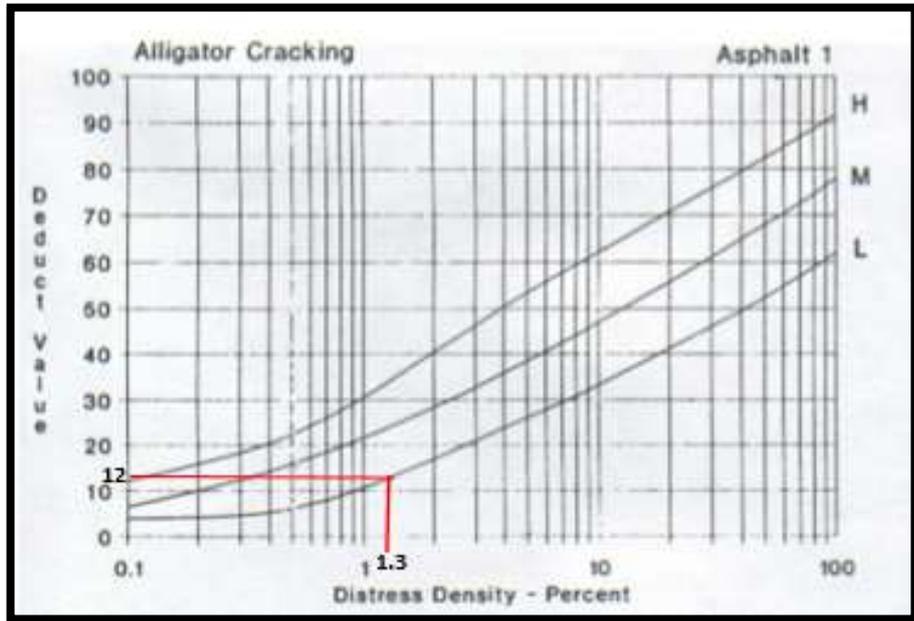
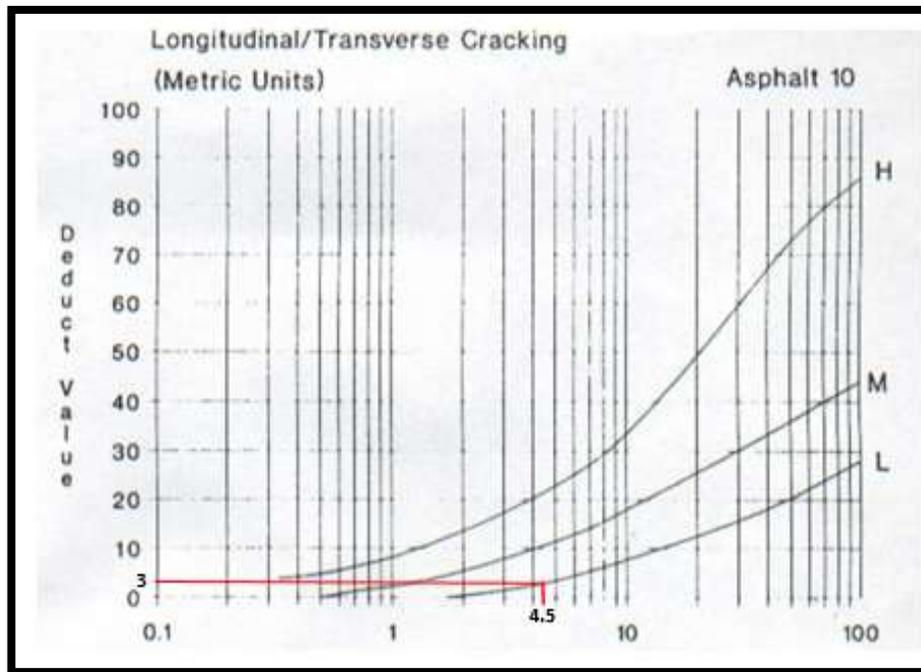


Gráfico 29. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 7



ANEXO B-8 Inspección Visual PCI, Unidad 8

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	7+975	Área de Muestreo:	257.3m ²	Tramo:	29/01/2020				
Abscisa Final:	8+000	Unidad de Muestreo:	7	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo:	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parqueo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
1	X			4.8	0.9		4.32	1.68	12
10		X		2.4			2.40	0.93	3
11	X			2.25	2.25		5.06	1.97	3
Valor Deducido Total (VDT)									18
Cálculo de PCI									
PCI=	100- VDT	PCI=	82						

Gráfico 30. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 8

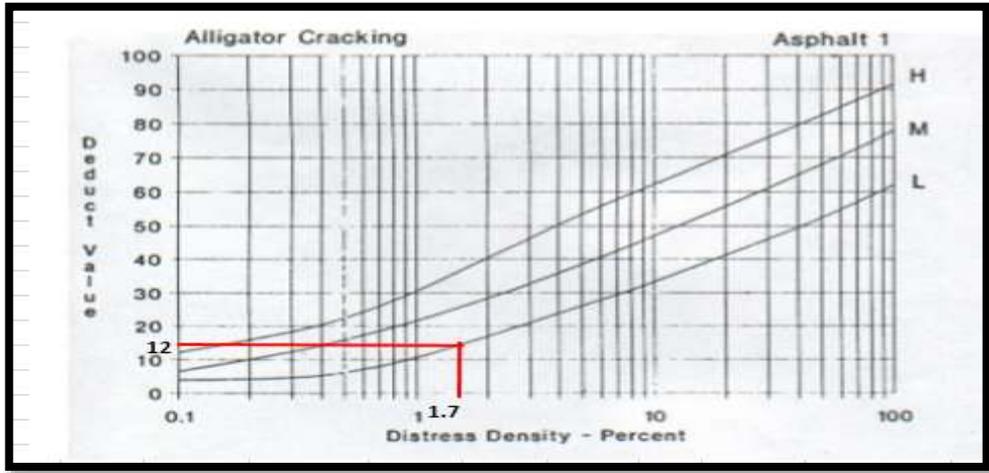


Gráfico 31. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 8

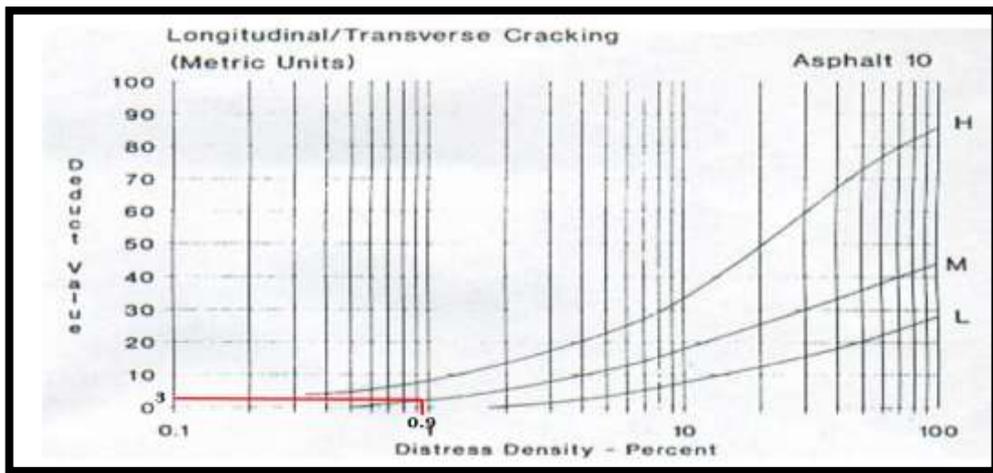
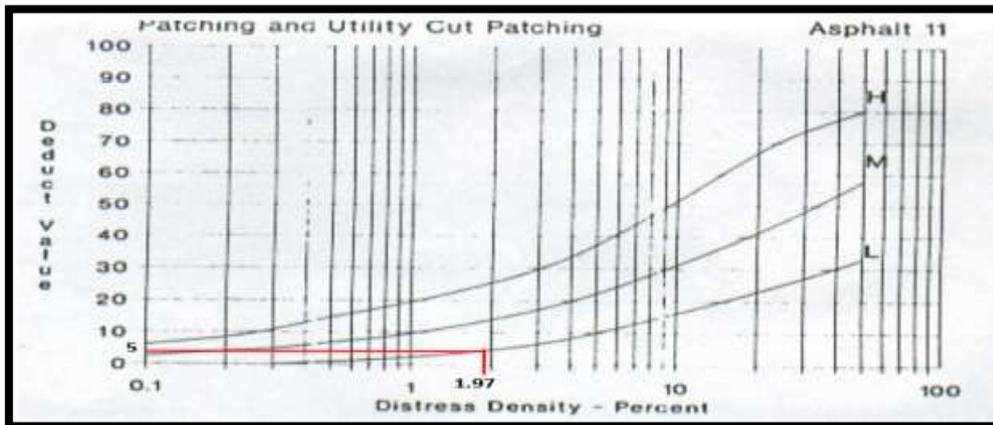


Gráfico 32. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 8



ANEXO B-9 Inspección Visual PCI, Unidad 9

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"									
Abscisa Inicial:	8+200	Área de Muestreo:	257.3m ²	Tramo:	29/1/2020					
Abscisa Final:	8+225	Unidad de Muestreo:	9	Responsable:	Danny Cajas					
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez					
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
No.	Fallas		Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo		m ²							
2	Exudación		m ²							
3	Agrietamiento en Bloque		m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos		m							
5	Corrugación		m ²							
6	Depresión		m ²							
7	Grieta de Borde		m							
8	Grieta de Reflexión de Junta		m							
9	Desnivel Carril/Berma		m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales		m							
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos		m ²							
12	Pulimiento de Agregados		m ²							
13	Huecos		Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea		m ²							
15	Ahuellamiento		m ²							
16	Desplazamiento		m ²							
17	Grietas parabólica		m ²							
18	Hinchamiento		m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados		m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido	
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)							
1	x			3	1.1		3.30	1.28	11	
10	x			0.7			0.70	0.27	0	
10	x			0.5			0.50	0.19	0	
19	x			3.5	1.5		5.25	2.04	3	
							Valor Deducido Total (VDT)		14	
							Cálculo de PCI			
							PCI=	100-VDT	PCI=	86

Gráfico 33. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 9

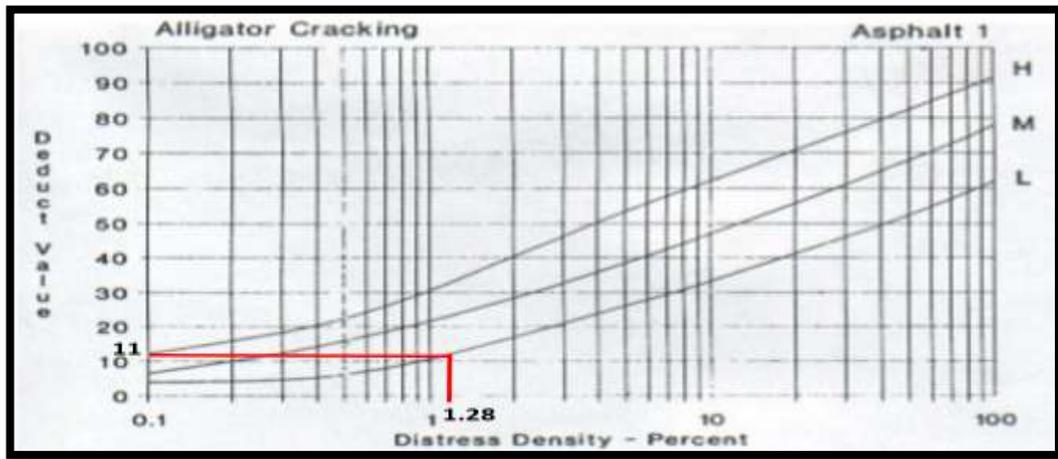


Gráfico 34. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 9

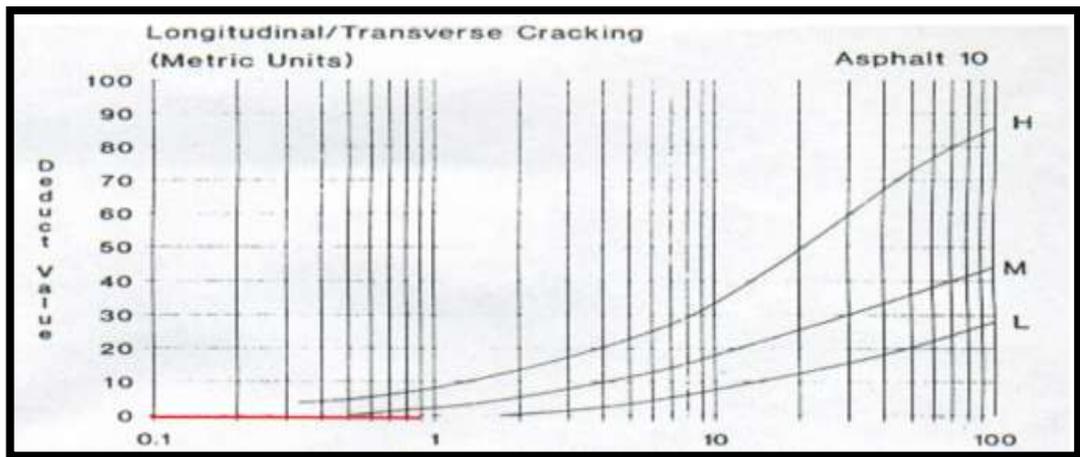
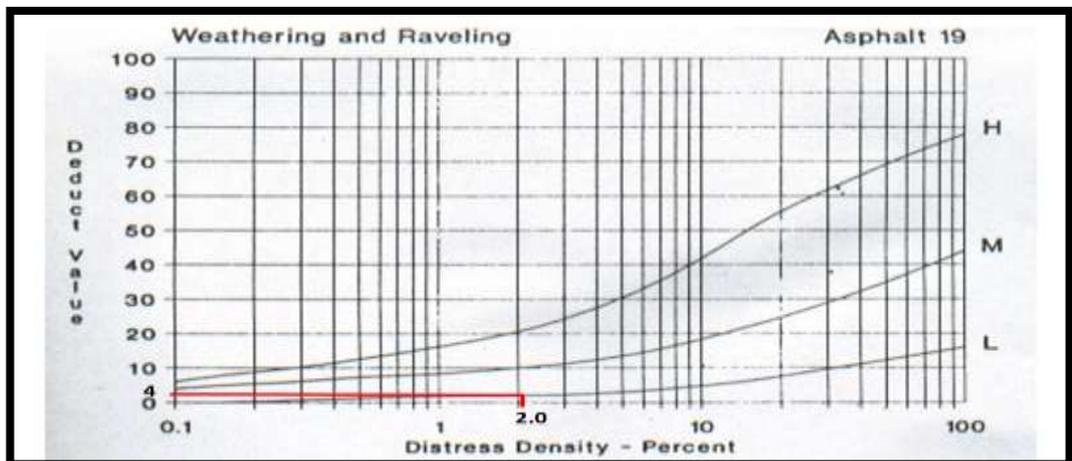


Gráfico 35. Resultados para falla tipo desprendimientos de agregados, unidad 9



ANEXO B-10 Inspección Visual PCI, Unidad 10

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"										
Abscisa Inicial:	8+425	Área de Muestreo:	256.7m ²	Tramo:	29/1/2020						
Abscisa Final:	8+450	Unidad de Muestreo:	10	Responsable:	Danny Cajas						
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez						
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO											
No.	Fallas	Unidad	Esquema								
1	Piel de Cocodrilo	m ²									
2	Exudación	m ²									
3	Agrietamiento en Bloque	m ²									
4	Abultamientos y Hundimientos	m									
5	Corrugación	m ²									
6	Depresión	m ²									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de Reflexión de Junta	m									
9	Desnivel Carril/Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²									
12	Pulimiento de Agregados	m ²									
13	Huecos	Unidad									
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²									
15	Ahuellamiento	m ²									
16	Desplazamiento	m ²									
17	Grietas parabólica	m ²									
18	Hinchamiento	m ²									
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²									
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido		
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)								
1	x			1.6	1.5		2.40	0.93	10		
11	x			0.9	0.5		0.45	0.18	3		
19	x			3.14	1.5		3.14	1.22	3		
								Valor Deducido Total (VDT)		16	
								Cálculo de PCI			
								PCI=	100-VDT	PCI=	84

Gráfico 36. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 10

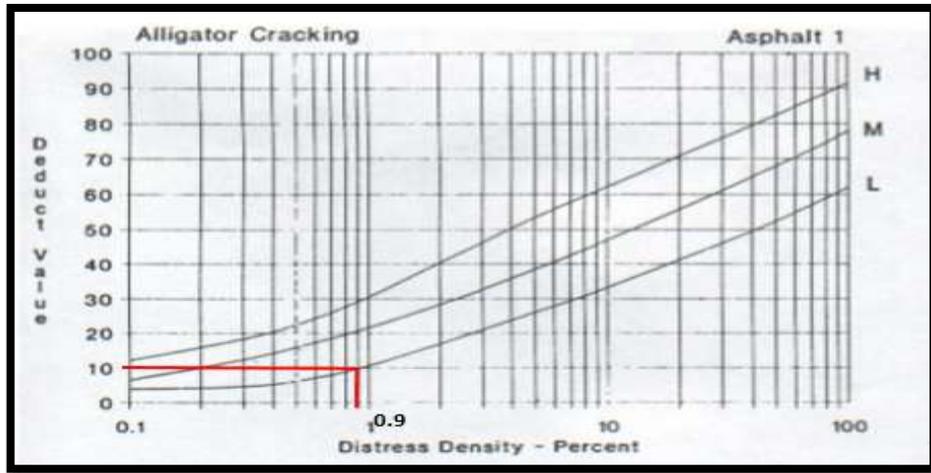


Gráfico 37. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 10

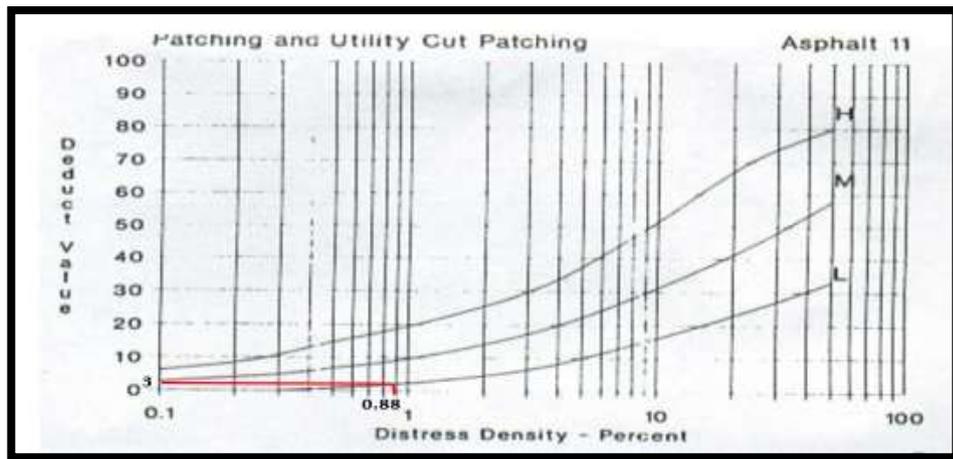
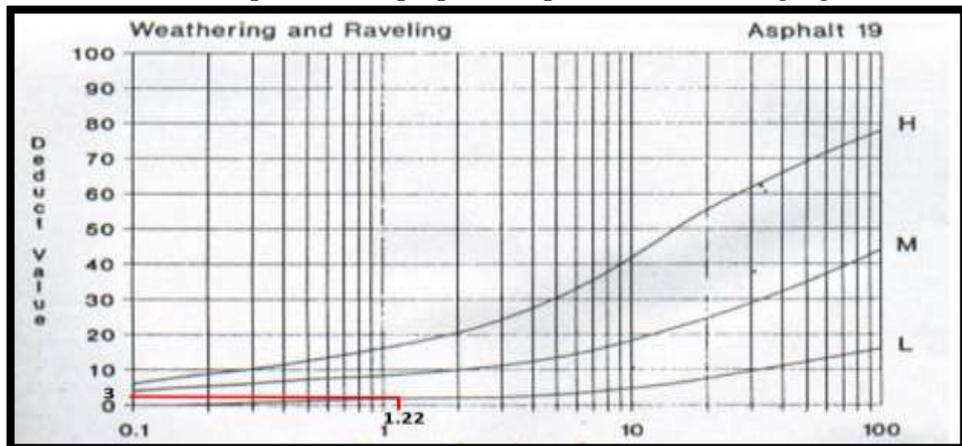


Gráfico 38. Resultados para falla tipo para desprendimiento de agregados, unidad 10



ANEXO B-11 Inspección Visual PCI, Unidad 11									
UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	8+650	Área de Muestreo:	261.3m ²	Tramo:	29/1/2020				
Abscisa Final:	8+675	Unidad de Muestreo:	11	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
11	x			1.6	1.25		6.28	2.40	7
11	x			2.4	1.25		3.00	1.15	3
3	x			1.8	1.1		1.98	0.76	3
Valor Deducido Total (VDT)								13	
Cálculo de PCI									
PCI= 100-VDT								PCI= 87	

Gráfico 39. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 11

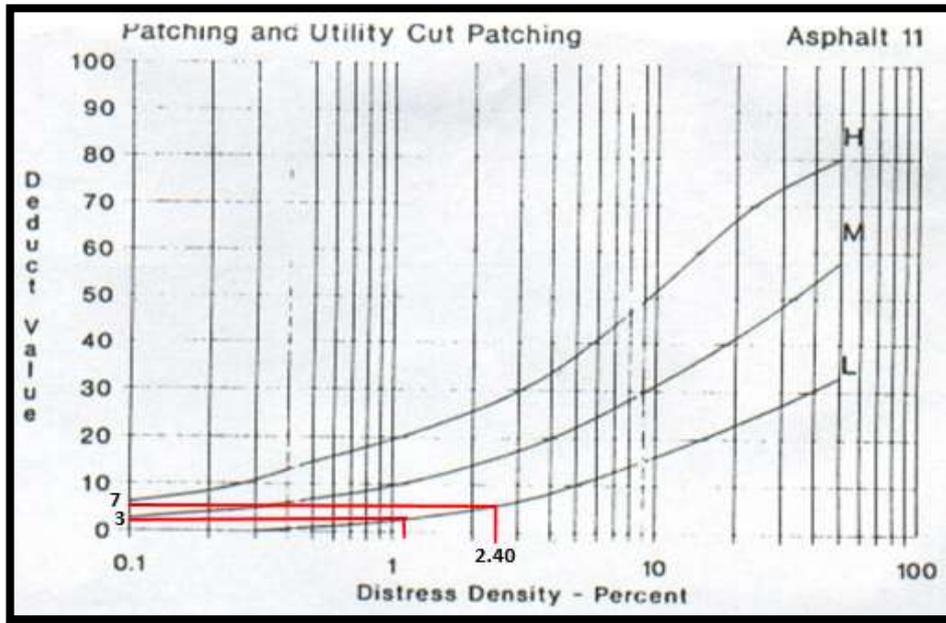
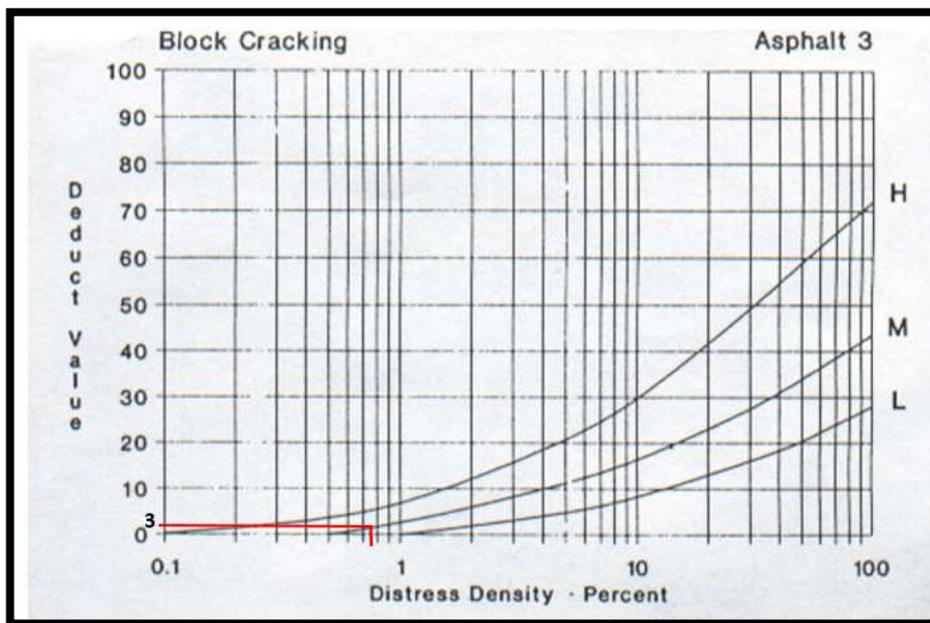


Gráfico 25. Resultados para falla tipo parcheo y acometidas de servicios públicos, unidad 11



ANEXO B-12 Inspección Visual PCI, Unidad 12											
UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"										
Abscisa Inicial:	8+875	Área de Muestreo:	257.6m ²	Tramo:	29/1/2020						
Abscisa Final:	8+800	Unidad de Muestreo:	12	Responsable:	Danny Cajas						
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. M.g. Diego Chérrez						
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO											
No.	Fallas	Unidad	Esquema								
1	Piel de Cocodrilo	m ²									
2	Exudación	m ²									
3	Agrietamiento en Bloque	m ²									
4	Abultamientos y Hundimientos	m									
5	Corrugación	m ²									
6	Depresión	m ²									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de Reflexión de Junta	m									
9	Desnivel Carril/Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²									
12	Pulimiento de Agregados	m ²									
13	Huecos	Unidad									
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²									
15	Ahuellamiento	m ²									
16	Desplazamiento	m ²									
17	Grietas parabólica	m ²									
18	Hinchamiento	m ²									
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²									
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Reducido	
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)								
1	x			6	1.1			6.60	2.56	20	
10		x		2.7				2.70	1.05	4	
								Valor Deducido Total (VDT)	24		
								Cálculo de PCI			
								PCI=	100-VDT	PCI=	76

Gráfico 40. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 12

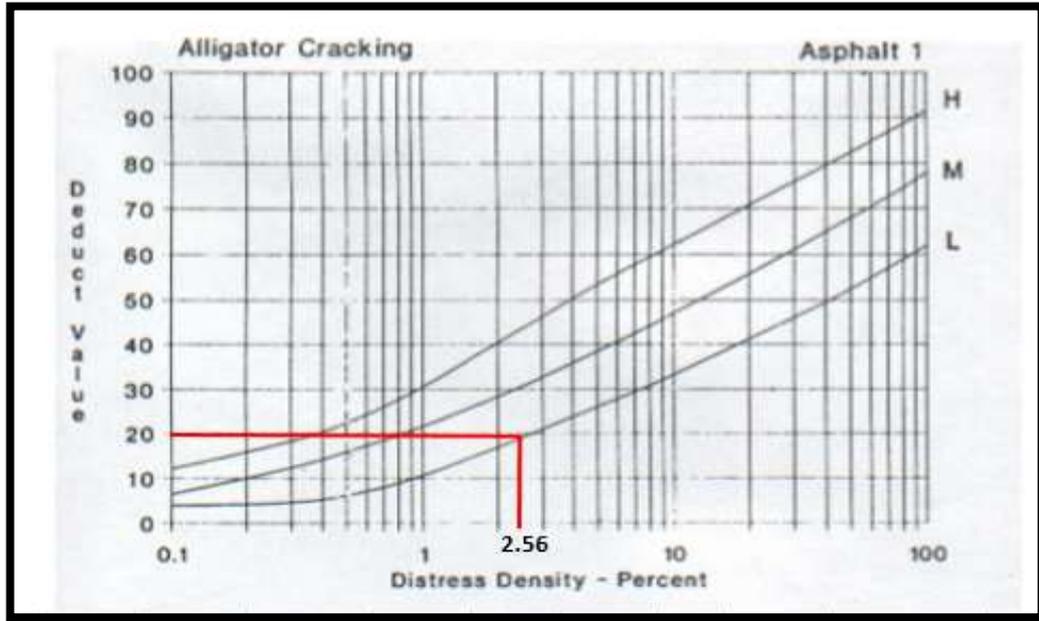
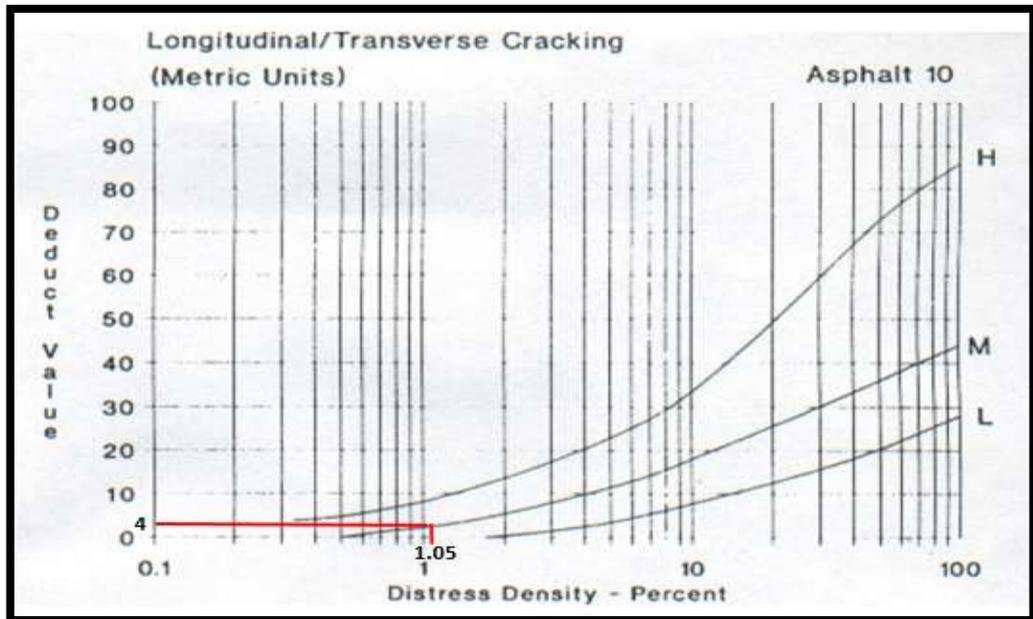
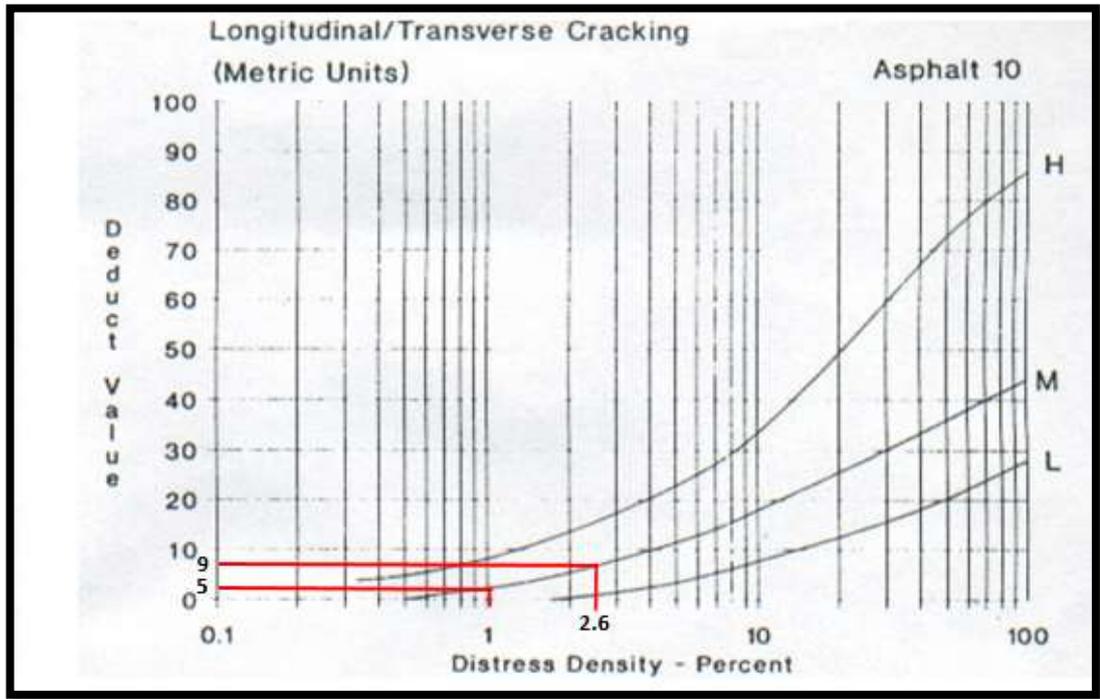


Gráfico 41. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 12



ANEXO B-13 Inspección Visual PCI, Unidad 13							
UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"						
Abscisa Inicial:	9+100	Área de Muestreo:	254.8m ²	Tramo:	29/1/2020		
Abscisa Final:	9+125	Unidad de Muestreo:	13	Responsable:	Danny Cajas		
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. M.g. Diego Chérrez		
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO							
No.	Fallas	Unidad	Esquema				
1	Piel de Cocodrilo	m ²					
2	Exudación	m ²					
3	Agrietamiento en Bloque	m ²					
4	Abultamientos y Hundimientos	m					
5	Corrugación	m ²					
6	Depresión	m ²					
7	Grieta de Borde	m					
8	Grieta de Reflexión de Junta	m					
9	Desnivel Carril/Berma	m					
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m					
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²					
12	Pulimiento de Agregados	m ²					
13	Huecos	Unidad					
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²					
15	Ahuellamiento	m ²					
16	Desplazamiento	m ²					
17	Grietas parabólica	m ²					
18	Hinchamiento	m ²					
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²					
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales	Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)				
10		x		6.5	6.50	2.55	12
10		x		2.8	2.80	1.10	5
Valor Deducido Total (VDT)							17
Cálculo de PCI							
				PCI=	100-VDT	PCI=	83

Gráfico 42. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 13



ANEXO B-14 Inspección Visual PCI, Unidad 14

UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"								
Abscisa Inicial:	9+325	Área de Muestreo:	257.2m ²	Tramo:	29/1/2020				
Abscisa Final:	9+350	Unidad de Muestreo:	14	Responsable:	Danny Cajas				
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez				
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO									
No.	Fallas	Unidad	Esquema						
1	Piel de Cocodrilo	m ²							
2	Exudación	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	m							
5	Corrugación	m ²							
6	Depresión	m ²							
7	Grieta de Borde	m							
8	Grieta de Reflexión de Junta	m							
9	Desnivel Carril/Berma	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m							
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²							
12	Pulimiento de Agregados	m ²							
13	Huecos	Unidad							
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²							
15	Ahuellamiento	m ²							
16	Desplazamiento	m ²							
17	Grietas parabólica	m ²							
18	Hinchamiento	m ²							
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²							
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)						
3		x		4.1	1.3		5.33	2.07	9
10		x		2.6			2.60	1.01	3
1	x			1.1	1.2		1.32	0.51	8
Valor Deducido Total (VDT)								20	
Cálculo de PCI									
				PCI=	100-VDT	PCI=	80		

Gráfico 43. Resultados para falla tipo agrietamiento en bloque, unidad 14

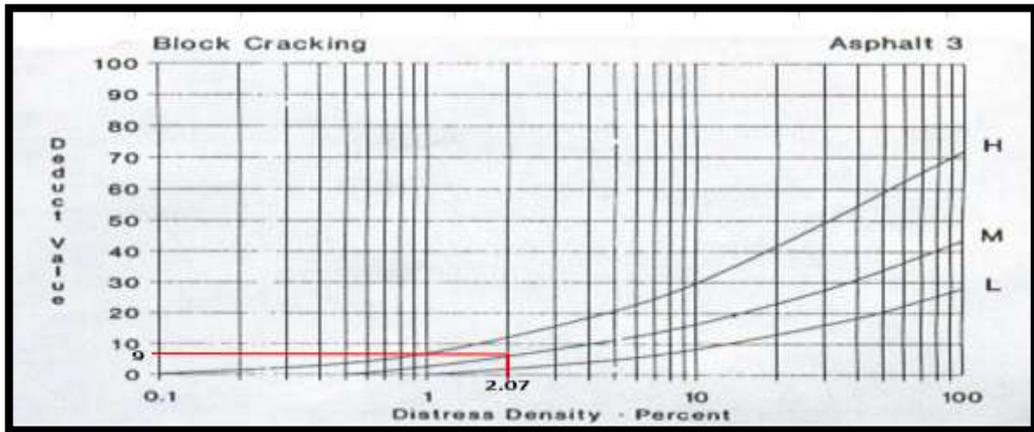


Gráfico 44. Resultados para falla tipo grietas longitudinales y transversales, unidad 14

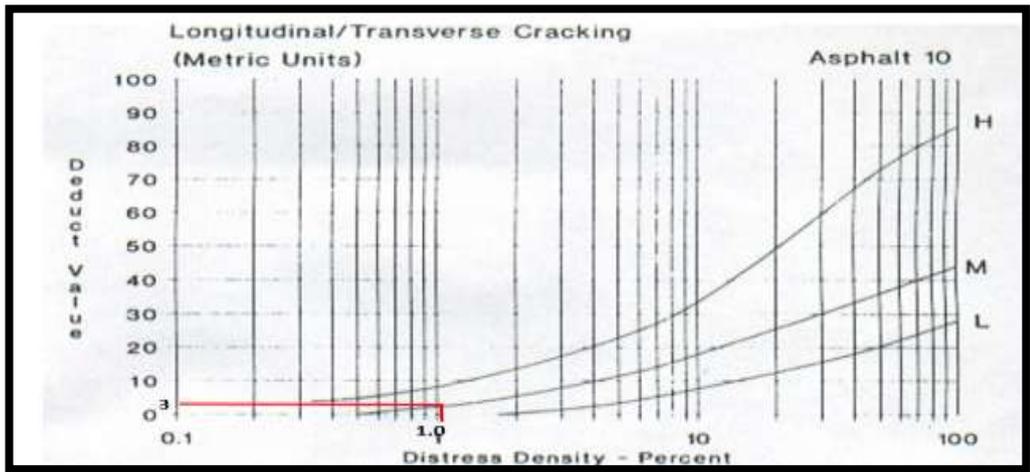
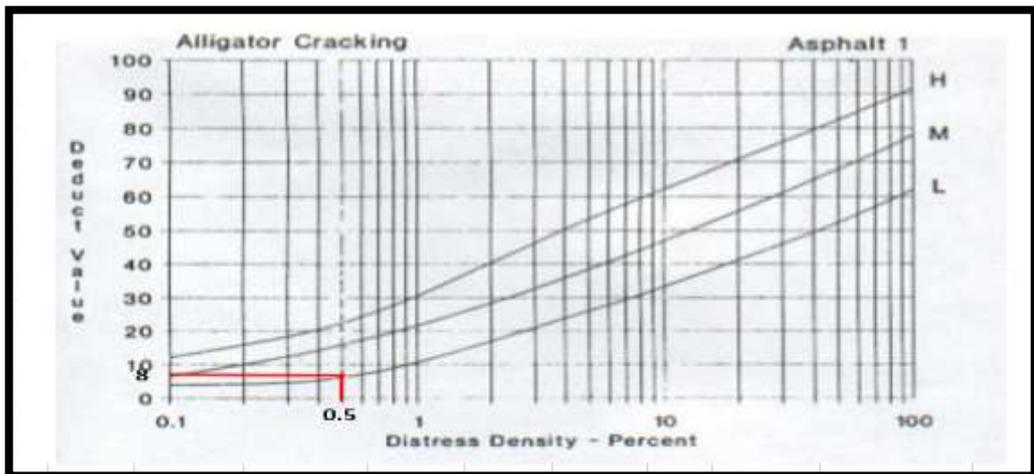


Gráfico 45. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 14



ANEXO B-15 Inspección Visual PCI, Unidad 15										
UNIVERSIDAD TECNICA 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 sector Santa rosa – Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta 9+600 de la provincia de Tungurahua"									
Abscisa Inicial:	9+550	Área de Muestreo:	259 m ²	Tramo:	29/1/2020					
Abscisa Final:	9+575	Unidad de Muestreo:	15	Responsable:	Danny Cajas					
Ancho de Carril:	10.2 m	Tramo	3	Revisado por:	Ing. Mg. Diego Chérrez					
EVALUACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
No.	Fallas	Unidad	Esquema							
1	Piel de Cocodrilo	m ²								
2	Exudación	m ²								
3	Agrietamiento en Bloque	m ²								
4	Abultamientos y Hundimientos	m								
5	Corrugación	m ²								
6	Depresión	m ²								
7	Grieta de Borde	m								
8	Grieta de Reflexión de Junta	m								
9	Desnivel Carril/Berma	m								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
11	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	m ²								
12	Pulimiento de Agregados	m ²								
13	Huecos	Unidad								
14	Cruce de Vía Ferrea	m ²								
15	Ahuellamiento	m ²								
16	Desplazamiento	m ²								
17	Grietas parabólica	m ²								
18	Hinchamiento	m ²								
19	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	m ²								
Falla No.	Severidad			Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Reducido	
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)							
1	x			2.6	1.25		3.25	1.25	12	
10		x		3.2	0		3.20	1.24	3	
13		x		2			2.00	0.77	18	
							Valor Deducido Total (VDT)		33	
							Cálculo de PCI			
							PCI=	100-VDT	PCI=	67

Gráfico 46. Resultados para falla tipo piel de cocodrilo, unidad 15

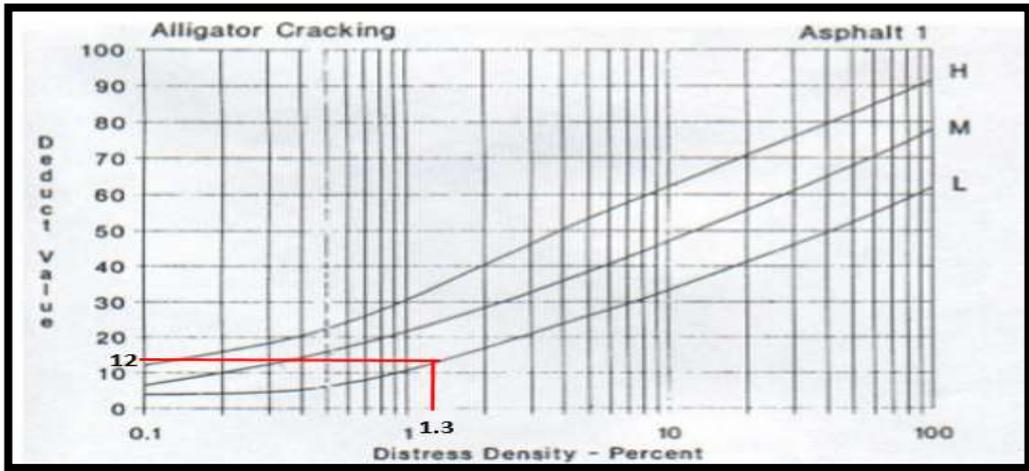


Gráfico 47. Resultados para grietas longitudinales y transversales, unidad 15

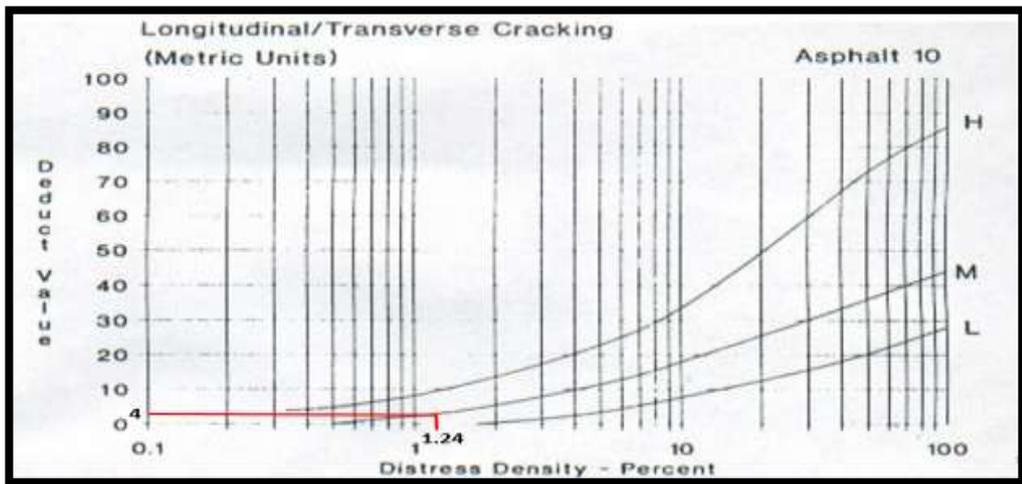
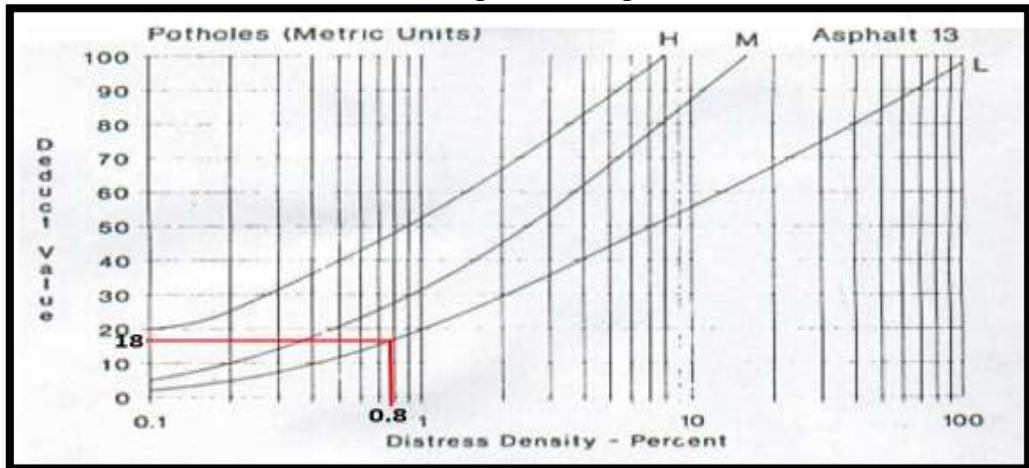


Gráfico 48. Resultados para falla tipo hueco, unidad 15



ANEXO D. COORDENADAS OBTENIDAS

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
1	9857615.90	759239.60	3048.48	47	9857505.62	758833.10	3066.78
2	9857608.58	759246.85	3047.49	48	9857495.32	758833.13	3067.19
3	9857605.78	759229.38	3049.04	49	9857505.57	758813.10	3067.27
4	9857598.33	759236.49	3048.09	50	9857495.27	758813.13	3067.77
5	9857596.82	759220.16	3049.56	51	9857505.53	758793.10	3067.54
6	9857589.38	759227.29	3048.59	52	9857495.23	758793.13	3068.16
7	9857582.10	759203.31	3050.26	53	9857505.48	758773.10	3067.88
8	9857574.04	759209.71	3049.50	54	9857495.18	758773.13	3068.55
9	9857572.04	759189.68	3050.82	55	9857505.43	758753.10	3068.29
10	9857561.50	759192.55	3050.26	56	9857495.24	758754.20	3069.00
11	9857556.22	759184.89	3050.59	57	9857505.38	758733.10	3068.79
12	9857562.01	759174.96	3051.42	58	9857495.08	758733.13	3069.55
13	9857553.84	759162.55	3051.94	59	9857505.34	758713.10	3069.18
14	9857544.93	759167.71	3051.24	60	9857495.04	758713.13	3069.86
15	9857543.97	759145.50	3052.90	61	9857505.29	758693.10	3069.38
16	9857534.55	759149.68	3052.04	62	9857494.99	758693.13	3070.17
17	9857535.96	759127.49	3053.98	63	9857505.25	758674.29	3069.56
18	9857526.32	759131.12	3053.21	64	9857505.23	758666.15	3069.64
19	9857528.93	759108.87	3055.14	65	9857494.95	758675.22	3070.53
20	9857519.22	759112.29	3054.39	66	9857494.92	758664.18	3070.78
21	9857522.33	759090.12	3056.10	67	9857505.20	758653.10	3069.87
22	9857512.45	759093.01	3055.65	68	9857494.90	758653.13	3071.00
23	9857517.11	759071.57	3057.02	69	9857505.15	758633.09	3070.24
24	9857506.86	759073.98	3056.66	70	9857494.85	758633.17	3071.17
25	9857512.22	759051.84	3058.24	71	9857494.71	758613.27	3071.17
26	9857502.14	759053.93	3057.88	72	9857505.01	758613.20	3070.30
27	9857508.75	759032.54	3059.47	73	9857503.88	758599.93	3070.36
28	9857498.46	759033.05	3059.22	74	9857511.23	758586.50	3069.65
29	9857497.47	759013.37	3060.38	75	9857490.92	758556.70	3071.42
30	9857507.76	759012.85	3060.47	76	9857492.55	758594.22	3071.33
31	9857506.33	758992.88	3061.26	77	9857490.35	758584.75	3071.50
32	9857496.03	758993.08	3061.26	78	9857487.57	758575.60	3071.75
33	9857505.95	758973.06	3062.22	79	9857484.24	758566.89	3072.07
34	9857495.65	758973.08	3062.23	80	9857480.03	758557.98	3072.47
35	9857495.60	758953.13	3063.19	81	9857475.81	758550.58	3072.91
36	9857505.90	758953.10	3063.07	82	9857486.72	758548.71	3071.81
37	9857505.85	758933.10	3063.75	83	9857482.50	758541.74	3072.22
38	9857495.55	758933.13	3063.91	84	9857478.21	758535.47	3072.63
39	9857505.81	758913.10	3064.58	85	9857470.00	758541.70	3073.58
40	9857495.51	758913.13	3064.73	86	9857471.63	758527.65	3073.27
41	9857505.76	758893.10	3065.27	87	9857463.75	758534.28	3074.22
42	9857495.46	758893.13	3065.54	88	9857465.06	758519.83	3073.89
43	9857505.71	758873.10	3065.65	89	9857457.69	758527.03	3074.78
44	9857495.41	758873.13	3066.06	90	9857450.94	758505.39	3074.95
45	9857505.67	758853.10	3066.21	91	9857443.58	758512.59	3076.07
46	9857495.37	758853.13	3066.62	92	9857429.59	758498.29	3076.79

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
93	9857436.96	758491.09	3075.82	140	9857203.51	758148.82	3083.79
94	9857422.98	758476.79	3076.48	141	9857194.39	758153.61	3084.60
95	9857415.61	758483.99	3077.51	142	9857193.54	758131.34	3083.72
96	9857409.07	758462.56	3077.13	143	9857184.77	758136.74	3084.54
97	9857401.56	758469.61	3078.25	144	9857182.99	758114.20	3083.71
98	9857397.44	758465.04	3078.45	145	9857174.22	758119.61	3084.53
99	9857386.61	758453.08	3078.96	146	9857171.85	758097.44	3083.75
100	9857402.39	758455.16	3077.39	147	9857163.47	758103.43	3084.57
101	9857395.72	758447.76	3077.58	148	9857160.15	758081.07	3083.85
102	9857388.88	758440.33	3077.88	149	9857151.98	758087.35	3084.66
103	9857382.05	758432.89	3078.21	150	9857139.81	758071.51	3084.73
104	9857374.47	758439.87	3079.55	151	9857148.55	758066.01	3084.00
105	9857372.66	758423.73	3078.73	152	9857135.27	758049.55	3084.12
106	9857367.99	758419.17	3078.99	153	9857127.28	758056.04	3084.84
107	9857360.42	758426.18	3080.47	154	9857114.67	758040.52	3084.98
108	9857353.24	758419.16	3080.95	155	9857122.66	758034.02	3084.28
109	9857360.43	758411.79	3079.41	156	9857110.04	758018.50	3084.45
110	9857348.92	758399.09	3080.01	157	9857102.05	758025.00	3085.12
111	9857339.25	758404.83	3082.19	158	9857097.55	758003.13	3084.57
112	9857332.99	758383.32	3081.80	159	9857089.32	758009.33	3085.22
113	9857325.62	758390.51	3083.04	160	9857086.10	757986.66	3084.58
114	9857319.95	758368.56	3082.54	161	9857077.87	757992.86	3085.22
115	9857311.90	758374.99	3083.77	162	9857073.30	757970.97	3084.77
116	9857299.72	758358.80	3084.26	163	9857065.32	757977.48	3085.32
117	9857308.13	758352.85	3083.07	164	9857060.26	757955.64	3085.16
118	9857285.90	758338.09	3084.73	165	9857052.42	757962.32	3085.57
119	9857297.08	758336.44	3083.48	166	9857046.82	757940.65	3085.49
120	9857280.35	758328.66	3084.87	167	9857039.16	757947.53	3085.90
121	9857289.43	758323.79	3083.68	168	9857033.00	757926.01	3085.83
122	9857273.01	758313.36	3084.92	169	9857025.51	757933.09	3086.25
123	9857281.66	758309.16	3083.79	170	9857018.81	757911.74	3086.21
124	9857267.22	758303.00	3085.04	171	9857011.51	757919.00	3086.62
125	9857276.49	758298.51	3083.82	172	9856997.23	757905.37	3087.10
126	9857265.04	758274.77	3083.89	173	9857004.35	757897.92	3086.70
127	9857255.76	758279.24	3085.11	174	9856989.34	757884.31	3087.22
128	9857256.36	758256.75	3083.95	175	9856982.42	757891.94	3087.62
129	9857247.08	758261.22	3085.18	176	9856974.14	757871.19	3087.66
130	9857247.68	758238.73	3084.00	177	9856967.41	757878.99	3087.78
131	9857238.30	758242.92	3085.25	178	9856958.90	757858.21	3087.73
132	9857239.01	758220.72	3084.05	179	9856952.22	757866.05	3087.75
133	9857229.73	758225.18	3085.32	180	9856943.69	757845.24	3087.55
134	9857230.33	758202.70	3084.10	181	9856936.97	757853.05	3087.65
135	9857221.05	758207.16	3085.36	182	9856928.57	757832.24	3086.75
136	9857221.65	758184.67	3084.15	183	9856921.72	757839.94	3086.97
137	9857212.37	758189.13	3085.08	184	9856913.69	757819.01	3086.26
138	9857212.86	758166.63	3083.91	185	9856906.71	757826.59	3086.49
139	9857203.67	758171.28	3084.82	186	9856899.03	757805.53	3085.77

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
186	9856899.03	757805.53	3085.77	233	9856605.50	757445.09	3089.31
187	9856891.93	757812.99	3085.99	234	9856609.07	757430.76	3088.93
188	9856884.61	757791.80	3085.07	235	9856600.17	757435.95	3089.56
189	9856877.38	757799.14	3085.40	236	9856604.17	757423.08	3089.16
190	9856870.42	757777.83	3084.26	237	9856595.58	757428.77	3089.74
191	9856863.07	757785.04	3084.58	238	9856596.89	757412.67	3089.57
192	9856856.47	757763.61	3083.48	239	9856588.49	757418.63	3089.97
193	9856849.00	757770.70	3083.76	240	9856590.60	757404.57	3089.81
194	9856842.77	757749.17	3082.80	241	9856582.55	757410.92	3090.16
195	9856835.18	757756.14	3083.05	242	9856583.60	757396.32	3090.04
196	9856829.27	757734.48	3082.12	243	9856575.96	757403.23	3090.36
197	9856821.66	757741.42	3082.37	244	9856570.45	757382.65	3090.30
198	9856815.79	757719.71	3081.18	245	9856563.29	757390.06	3090.59
199	9856808.18	757726.66	3081.75	246	9856577.63	757390.05	3090.16
200	9856802.31	757704.94	3080.87	247	9856570.18	757397.22	3090.46
201	9856794.70	757711.88	3081.70	248	9856558.61	757372.03	3090.43
202	9856788.82	757690.17	3080.74	249	9856552.02	757379.95	3090.80
203	9856781.22	757697.11	3081.62	250	9856550.77	757365.98	3090.37
204	9856775.34	757675.40	3080.61	251	9856544.41	757374.09	3090.87
205	9856767.73	757682.34	3081.50	252	9856542.92	757359.94	3090.25
206	9856761.86	757660.63	3080.67	253	9856536.81	757368.23	3090.76
207	9856754.25	757667.57	3081.37	254	9856521.79	757345.02	3089.99
208	9856740.76	757652.80	3081.61	255	9856515.70	757353.21	3090.49
209	9856748.37	757645.85	3081.02	256	9856509.54	757334.80	3089.77
210	9856734.89	757631.08	3081.66	257	9856502.52	757342.33	3090.30
211	9856727.28	757638.03	3082.32	258	9856502.55	757328.27	3089.61
212	9856721.40	757616.31	3082.37	259	9856495.53	757335.81	3090.16
213	9856713.80	757623.26	3083.02	260	9856490.54	757320.15	3089.47
214	9856708.33	757601.50	3083.04	261	9856484.59	757328.56	3090.06
215	9856700.25	757607.89	3083.71	262	9856468.20	757316.97	3089.82
216	9856696.08	757586.02	3083.94	263	9856474.37	757308.72	3089.26
217	9856687.83	757592.19	3084.65	264	9856462.25	757299.12	3089.06
218	9856684.72	757569.92	3084.84	265	9856455.73	757307.10	3089.58
219	9856676.14	757575.62	3085.57	266	9856450.13	757289.52	3088.90
220	9856674.26	757553.21	3085.65	267	9856441.49	757295.45	3089.33
221	9856665.24	757558.19	3086.34	268	9856435.39	757289.35	3089.21
222	9856664.68	757535.88	3086.26	269	9856424.64	757278.60	3089.19
223	9856655.56	757540.65	3086.91	270	9856436.03	757275.42	3088.64
224	9856655.43	757518.21	3086.85	271	9856421.92	757261.31	3088.64
225	9856646.31	757522.99	3087.48	272	9856414.02	757267.92	3089.18
226	9856642.93	757494.35	3087.54	273	9856408.50	757245.25	3088.64
227	9856633.81	757499.13	3088.14	274	9856400.59	757251.86	3089.14
228	9856627.55	757464.98	3088.30	275	9856394.27	757225.61	3088.49
229	9856618.50	757469.92	3088.83	276	9856385.74	757231.38	3088.96
230	9856619.18	757449.01	3088.61	277	9856385.59	757212.78	3088.85
231	9856610.06	757453.79	3089.17	278	9856376.50	757217.63	3089.04
232	9856614.52	757440.10	3088.75	279	9856375.94	757193.05	3089.51

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
280	9856366.64	757197.47	3089.75
281	9856359.40	757182.23	3090.51
282	9856368.76	757177.93	3090.19
283	9856352.88	757168.05	3091.29
284	9856362.61	757164.67	3090.85
285	9856355.28	757143.57	3091.99
286	9856345.57	757146.99	3092.36
287	9856347.92	757122.94	3093.45
288	9856338.22	757126.40	3093.90
289	9856340.08	757098.38	3095.45
290	9856330.38	757101.82	3095.80
291	9856332.70	757077.33	3096.65
292	9856322.98	757080.72	3096.92
293	9856327.86	757063.44	3097.67
294	9856318.10	757066.74	3097.76
295	9856320.37	757040.23	3099.48
296	9856310.30	757043.89	3099.49
297	9856312.68	757020.87	3101.01
298	9856303.19	757024.31	3100.98
299	9856296.39	757002.03	3102.59
300	9856306.20	756998.87	3102.53
301	9856301.25	756981.72	3103.75
302	9856291.44	756984.85	3103.80
303	9856284.87	756966.12	3104.89
304	9856294.59	756962.71	3104.86
305	9856287.97	756943.83	3105.89
306	9856278.25	756947.24	3106.05
307	9856281.34	756925.78	3106.71
308	9856271.63	756928.84	3106.94
309	9856274.73	756906.09	3107.58
310	9856265.01	756909.50	3107.84
311	9856268.11	756887.22	3108.64
312	9856258.39	756890.63	3108.92
313	9856261.49	756868.34	3109.54
314	9856251.77	756871.75	3109.85
315	9856254.87	756849.47	3110.33
316	9856245.15	756852.88	3110.66
317	9856248.25	756830.60	3111.13
318	9856238.53	756834.01	3111.46
319	9856241.63	756811.72	3111.90
320	9856231.91	756815.13	3112.36
321	9856235.01	756792.85	3112.77
322	9856225.29	756796.26	3113.38
323	9856228.44	756774.10	3113.76
324	9856218.63	756777.26	3114.28
325	9856222.70	756754.67	3114.50
326	9856212.83	756757.58	3114.98

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
327	9856216.96	756735.23	3115.16
328	9856207.37	756739.05	3115.60
329	9856200.61	756725.84	3116.22
330	9856207.19	756716.14	3116.00
331	9856198.02	756699.33	3116.79
332	9856194.60	756714.58	3116.75
333	9856184.64	756694.73	3117.64
334	9856194.02	756690.49	3117.16
335	9856185.74	756672.17	3117.93
336	9856176.36	756676.41	3118.42
337	9856181.63	756663.06	3118.28
338	9856175.48	756649.47	3118.73
339	9856172.24	756667.30	3118.72
340	9856165.42	756652.21	3119.21
341	9856161.79	756644.18	3119.47
342	9856172.93	756643.81	3118.91
343	9856165.15	756626.61	3119.48
344	9856155.77	756630.85	3119.94
345	9856156.91	756608.38	3120.04
346	9856147.53	756612.63	3120.50
347	9856149.40	756591.20	3120.55
348	9856139.81	756595.54	3121.03
349	9856140.32	756572.98	3121.15
350	9856131.05	756576.18	3121.63
351	9856134.99	756559.87	3121.52
352	9856125.60	756564.11	3122.01
353	9856115.49	756541.70	3122.59
354	9856124.86	756537.46	3122.05

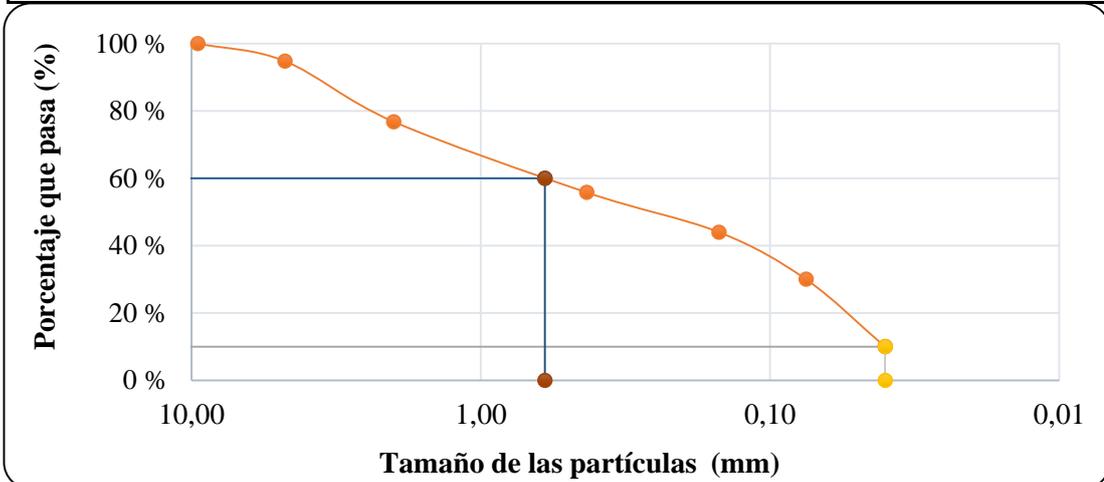
**ANEXO D. SOLUCIONES SEGÚN EL TIPO DE FALLA DEL TRAMO
6+400 KM HASTA 9+600 DE LA VÍA AMBATO - TISALEO**

Tipo de Falla	Abscisas		Unidad de Intervención	Solución
	Abscisa Inicial	Abscisa Final		
Piel de Cocodrilo	6+625	6+650	8.64 m ²	Sello superficial. Sobrecarpeta.
	7+750	7+775	3.15 m ²	
	7+975	8+000	4.32 m ²	
	8+200	8+225	3.30 m ²	
	8+425	8+450	2.5 m ²	
	8+875	9+000	6.60 m ²	
	9+325	9+350	2.00 m ²	
	9+550	9+575	3.25 m ²	
Agrietamiento en Bloque	8+650	8+675	2.00 m ²	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
	9+325	9+350	5.33 m ²	
Grietas Longitudinales y Transversales	7+075	7+100	2.00 m	Sellado de grietas.
	7+525	7+550	5.70 m	
	7+750	7+775	3.15 m	
	7+975	8+000	2.40 m	
	8+875	9+000	3.00 m	
	9+100	9+125	9.80 m	
	9+325	9+350	3.00 m	
	9+550	9+575	3.25 m	
Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	6+400	6+425	2.00 m ²	Sustitución del parche
	6+625	6+650	2.84 m ²	
	7+075	7+100	1.20 m ²	
	7+300	7+325	4.00 m ²	
	7+975	8+000	5.06 m ²	

	8+200	8+225	0.5 m ²	
	8+650	8+675	9.00 m ²	
Huecos	7+075	7+100	2 u	Parcheo parcial o profundo
	7+975	8+000	1 u	
	8+200	8+225	1 u	
	8+650	8+675	1 u	
	9+550	9+575	2 u	
Meteorización/ Desprendimiento de Agregado	6+400	6+425	20 m ²	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta
	6+800	6+875	3.25 m ²	
	7+300	7+325	4.50 m ²	
	8+200	8+225	5.25 m ²	
	8+425	8+450	3.14 m ²	

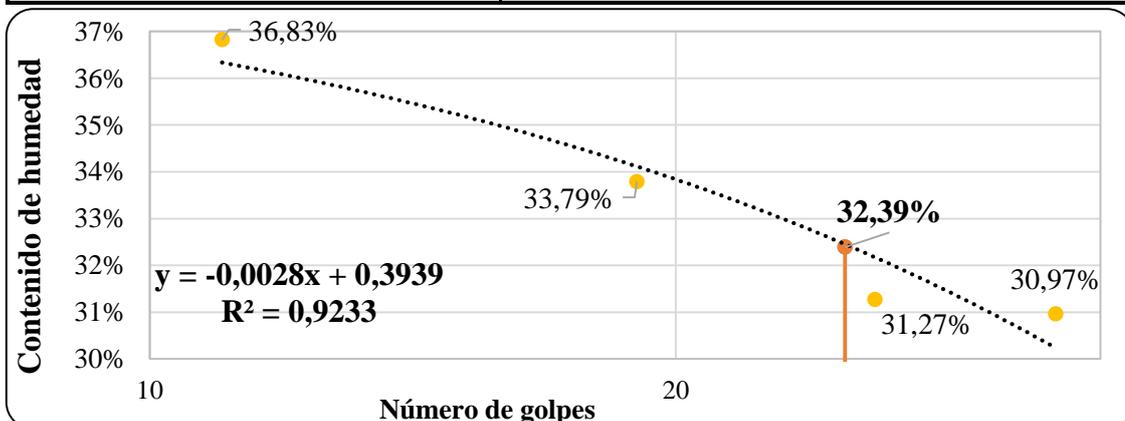
ANEXO E. ESTUDIO DE SUELOS
ANEXO E-1.1 GRANULOMETRIA CALICATA N°1

 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 - 1.50m	Abscisa:	6+750 Km		
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	26	5.20	94.80	-
Pasa #4		474	94.80		
#10	2	116	23.20	76.80	-
#40	0.43	221	44.20	55.80	-
#100	0.15	280	56.00	44.00	-
#200	0.08	350	70.00	30.00	-
Pasa #200		150	30.00		
Total muestra		500			
Total - Cuarteo (gr)		500			
CLASIFICACIÓN					
Grava			5.20%		
Arena(Fina)			64.80%		
Finos			30.00%		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-4	Gravas y arenas arcillosas y limosas			
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					



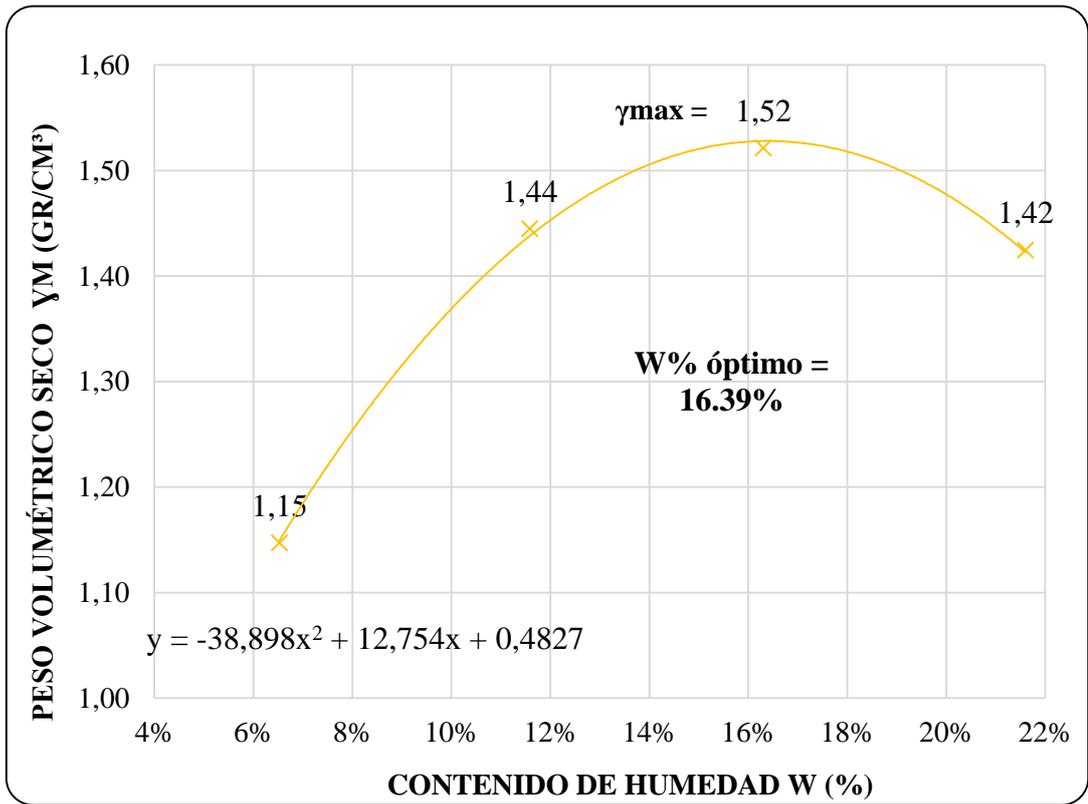
ANEXO E-1.2 LIMITES DE ATTERBERG

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:	MUESTRA:	ABSCISA:					
Copa de Casagrande	AASHTO: T-90-70; ASTM: D-424-71; INEN 691	PCA 1- Subrasante	6+750 km					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	ML-2	D-16	WE	A-12	23	B	T-11	F-2
Peso de la muestra hum+ rec	41.2	40	26.1	24.5	21.1	18.8	41.2	40
Peso de la muestra seca+ rec	33.4	32	22.2	21.2	18.8	17	33.4	34
Peso del recipiente	11	11.4	11.5	10.6	11.5	11.2	11.5	11.2
Peso del agua (Ww)	7.80	8.00	3.90	3.30	2.30	1.80	7.80	6.00
Peso de la muestra seca (Ws)	22.40	20.60	10.70	10.60	7.30	5.80	21.90	22.80
Contenido de humedad (w%)	34.82	38.83	36.45	31.13	31.51	31.03	35.62	26.32
Promedio de (w%)	36.83%		33.79%		31.27%		30.97%	
Número de golpes	11		19		26		33	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite			
	0	32.39%	25	0.00%	32.39%			
	25	32.39%	25	32.39%				
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7		16		4			
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	7.7	6.9	7	7.7	7.6	7.5		
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	7.4	6.7	6.7	7.4	7.4	7.2		
Peso del recipiente (Wr)	6.2	6	5.9	6	6.1	5.9		
Peso de agua (Ww)	0.30	0.20	0.30	0.30	0.20	0.30		
Peso muestra seca (Ws)	1.20	0.70	0.80	1.40	1.30	1.30		
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	25.00%	28.57%	37.50%	21.43%	15.38%	23.08%		
Promedio W% (L.P)	25.16%							
IP=LL - LP	7.23%							



ANEXO E-1.3 PROCTOR

 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 6 + 750	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9251	10145	10506	10423				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (W _m)	2794	3688	4049	3966				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.4	12.4	12.4	12.4				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (V _m)	2286.38	2287.38	2288.38	2289.38				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.222	1.612	1.769	1.732				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	51	10	EY4	5	CS	Y	R88	RX
Peso húmedo + recipiente (W _m +W _r)	56.78	60.12	66.59	60.43	72.11	78.77	74.59	68.98
Peso seco + recipiente (W _s +W _r)	54.12	57.09	60.88	55.45	63.59	69.56	63.49	58.65
Peso del recipiente W _r	12.01	12.11	12.15	11.96	12.15	12.16	11.79	11.12
Peso agua (W _w)	2.66	3.03	5.71	4.98	8.52	9.21	11.10	10.33
Peso de la muestra seca (w _s)	42.11	44.98	48.73	43.49	51.44	57.40	51.70	47.53
Contenido de humedad w%	6.32 %	6.74 %	11.72 %	11.45 %	16.56 %	16.05 %	21.47 %	21.73 %
Contenido de humedad promedio	6.53%		11.58%		16.30%		21.60%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.147	1.445	1.521	1.425				
Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d	1.528		Óptimo Contenido de Humedad w:			16.39 %		



ANEXO E-1.4 CBR

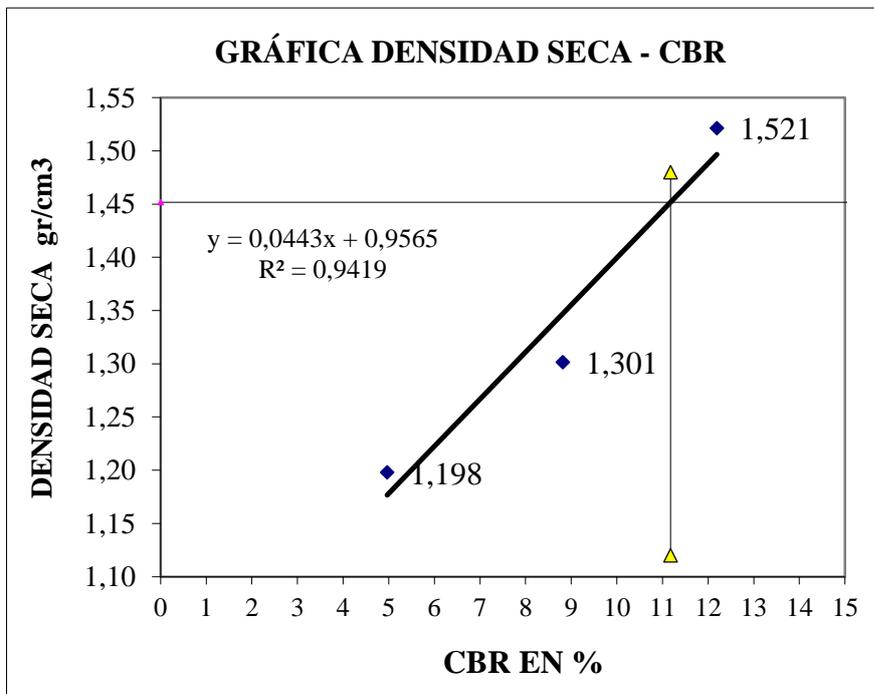
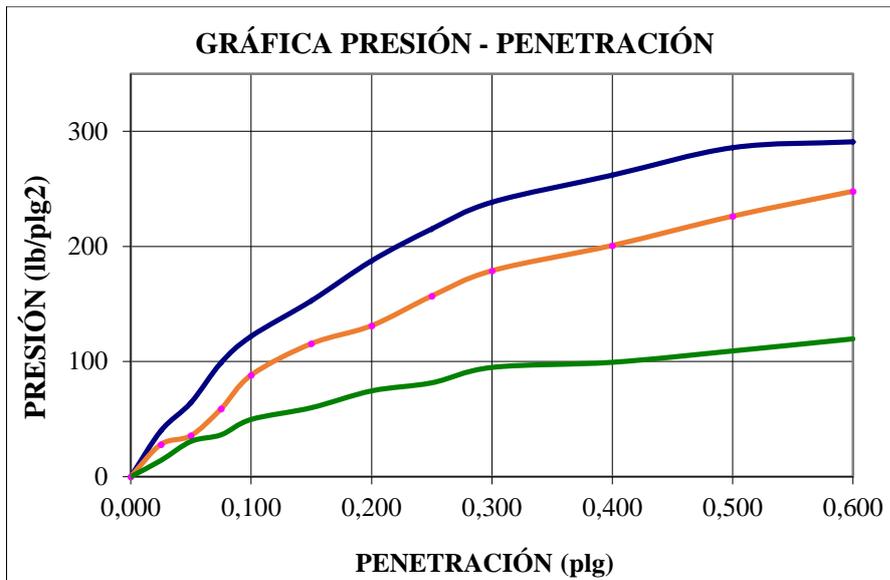
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR ESPECIFICACIONES 									
Tipo: Proctor Modificado	Cont. de humedad óptimo (%):			16.39%		Fecha de la Muestra: 18/12/2019			
Normas: AASHTO T-180, D1883	Densidad Máx (gr/cm³):			1.528		Abscisa: km 6+750			
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	N 3			G 8			MJ		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11222		11505	10433		10832	9654		10154
Peso del molde (Kgs)	6814		6814	7028		7028	6800		6800
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4408		4691	3405		3804	2854		3354
Volumen muestra (m³)	2490		2490	2286		2286	2109		2109
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	1.770		1.884	1.490		1.664	1.353		1.590
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Tarro N°	D-36	D-17	BA-37	ML-2	C-20	D-17	D-22	BA-37	C-23
Peso de muestra humedad + tarro (g)	59.76	63.64	70.11	62.71	58.95	66.59	70.43	75.41	77.87
Peso de muestra seca + tarro (g)	53.11	56.42	58.95	56.59	53.00	55.00	62.34	66.43	62.78
Peso del agua(g)	6.65	7.22	11.16	6.12	5.95	11.59	8.09	8.98	15.09
Peso del tarro (g)	13.29	13.41	12.13	19.10	16.70	13.41	13.29	12.13	16.70
Peso de la muestra seca (g)	39.82	43.01	46.82	37.49	36.30	41.59	49.05	54.30	46.08
Contenido de humedad %	16.70%	16.79%	23.84%	16.32%	16.39%	27.87%	16.49%	16.54%	32.75%
Contenido de humedad promedio, %	16.74%		23.84%	16.36%		27.87%	16.52%		32.75%
Peso Unit. Seco Kgs/m³	1.516		1.521	1.280		1.301	1.161		1.198

DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Plg.	%		Plg.	%		Plg.	%
2019-12-19	13h00	1	2	0.002	0.0440	5	0.005	0.1100	7	0.007	0.15395
2019-12-20	13h15	2	3	0.003	0.0660	8	0.008	0.1759	9	0.009	0.19793
2019-12-21	13h10	3	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.30790
2019-12-22	13h30	4	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.30790
2019-12-23	14h00	5	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.30790

CARGA PENETRACIÓN

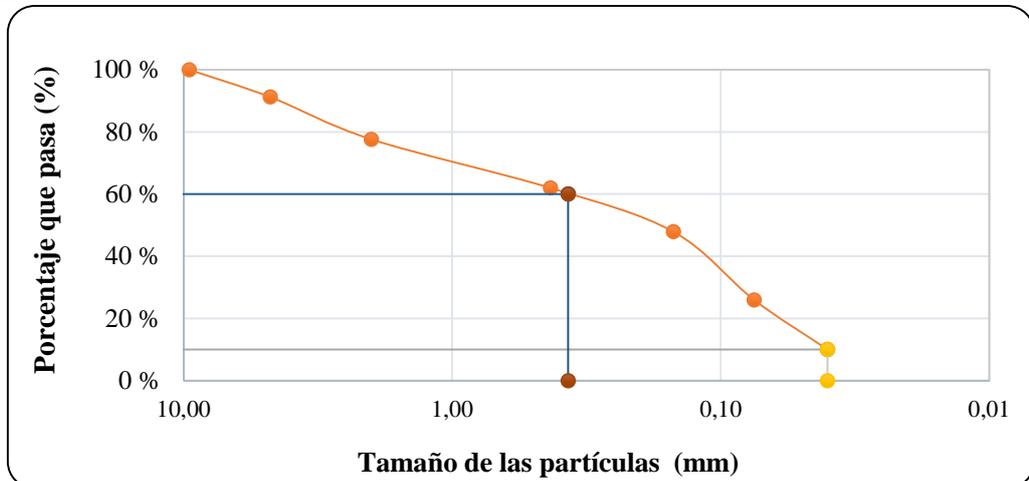
PRENSA ELECTRICA CBR-MARSHALL					ÁREA DE CELDA DE CARGA= 3,142 plg ²						
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ			
		Carga del Ensayo	CBR Corr. %		Carga del Ensayo	CBR Corr.%		Carga del Ensayo	CBR Corr.%		
0.000		0	0		0	0		0	0		
0.025		125	40		88	28		44	14		
0.050		202	64		112	36		96	31		
0.075		311	99		185	59		114	36		
0.100	1000	383	122	12.19	277	88	8.82	156	50	4.97	
0.150		480	153		363	116		188	60		
0.200		589	187		412	131		234	74		
0.250		676	215		493	157		256	81		
0.300		749	238		562	179		298	95		
0.400		823	262		631	201		312	99		
0.500		898	286		711	226		343	109		
0.600		914	291		779	248		376	120		

Densidades		vs	Resistencias		Densidad Máx	1.528	gr/cm ³		
Densidad 56	1.521	gr/cm ³	12.19	%	95% de DM	1.452	1.452	1.120	1.480
Densidad 25	1.301	gr/cm ³	8.82	%		0.00	30.00	11.18	11.18
Densidad 11	1.198	gr/cm ³	4.97	%	CBR PUNTUAL			11.179	%



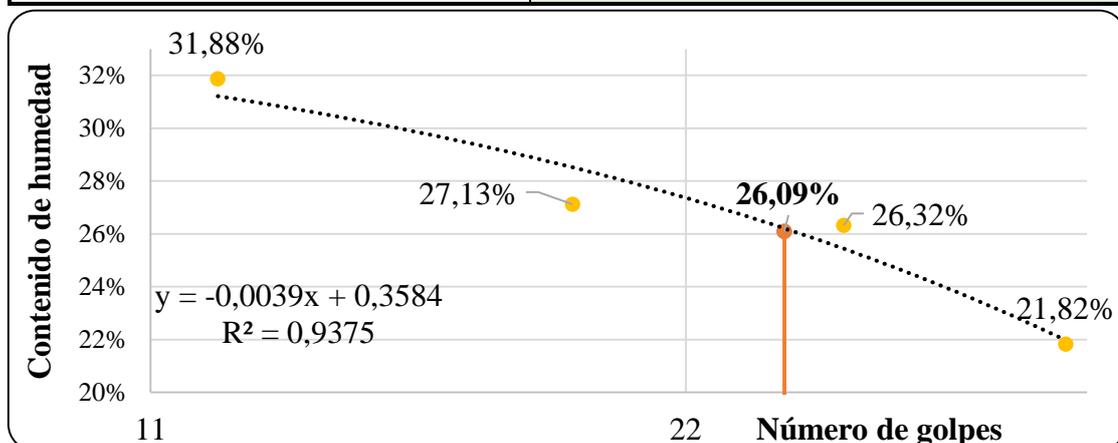
ANEXO E-2.1 GRANULOMETRIA CALICATA N°2

 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:	2		
Profundidad:	1 - 1.50m	Abscisa:	7+675 Km		
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	44	8.80	91.20	-
Pasa #4		456	91.20		
#10	2	112	22.40	77.60	-
#40	0.43	190.2	38.04	61.96	-
#100	0.15	260.5	52.10	47.90	-
#200	0.08	370.3	74.06	25.94	-
Pasa #200		129.7	25.94		
Total muestra				500	
Total - Cuarteo (gr)				500	
CLASIFICACIÓN					
Grava			8.80%		
Arena(Fina)			65.26%		
Finos			25.94%		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-4	Gravas y arenas arcillosas y limosas			
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					



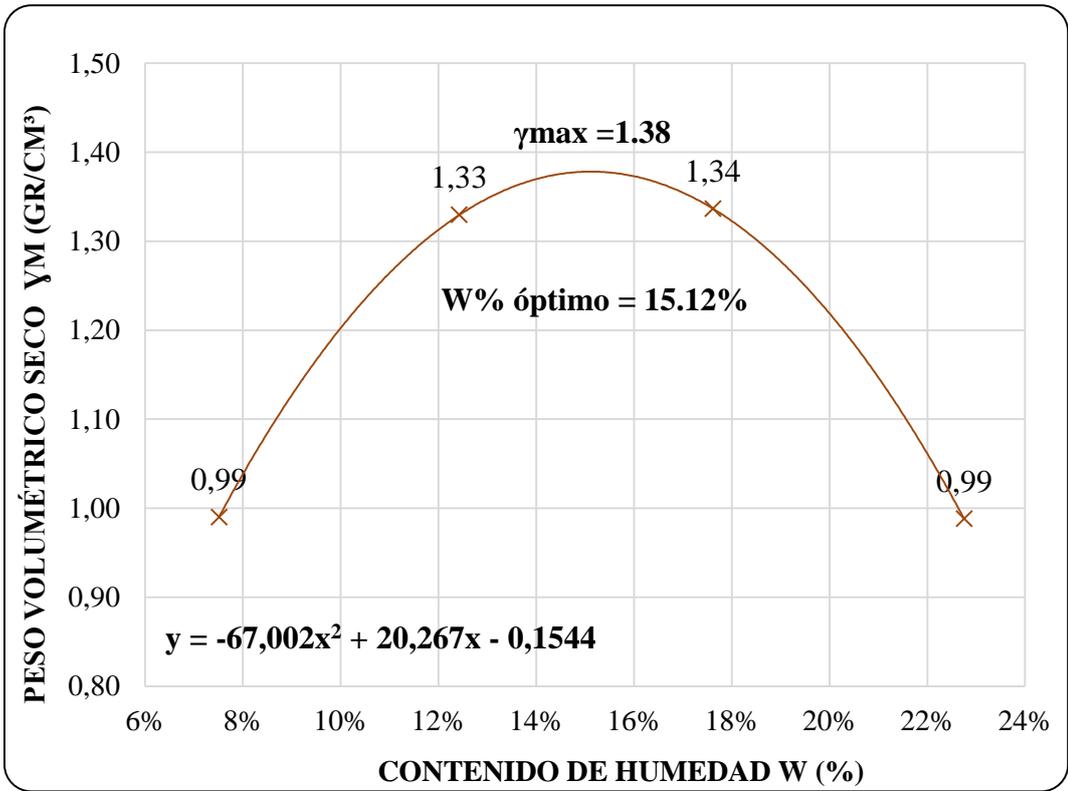
ANEXO E-2.2 LIMITES DE ATTERBERG

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG </div>  </div>								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:			MUESTRA:			ABSCISA:	
Copa de Casagrande	AASHTO: T-90-70; ASTM: D-424-71; INEN 691			PCA 2- Subrasante			7+675 km	
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	ML-25	D-16	WE	A-12	23	B	T-11	F-2
Peso de la muestra hum+ rec	34.9	37.2	27.9	30.8	35.6	36.4	34.5	39.9
Peso de la muestra seca+ rec	29.2	31.2	24.15	26.7	30.3	30	31.4	33.6
Peso del recipiente	11	12.7	10.9	10.9	1.8	11.2	11.1	11.4
Peso del agua (Ww)	5.70	6.00	3.75	4.10	5.30	6.40	3.10	6.30
Peso de la muestra seca (Ws)	18.20	18.50	13.25	15.80	28.50	18.80	20.30	22.20
Contenido de humedad (w%)	31.32%	32.43%	28.30%	25.95%	18.60%	34.04%	15.27%	28.38%
Promedio de (w%)	31.88%		27.13%		26.32%		21.82%	
Número de golpes	12		19		27		36	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS		X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido		
		0	26.09%	25	0.00%	26.09%		
		25	26.09%	25	26.09%			
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	65	3	A2	C12	CJ	7		
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	6.8	6.9	8.6	7.7	7.7	7.5		
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	6.6	6.7	8.4	7.4	7.4	7.2		
Peso del recipiente (Wr)	6	6	7.4	6	6.1	5.9		
Peso de agua (Ww)	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30		
Peso muestra seca (Ws)	0.60	0.70	1.00	1.40	1.30	1.30		
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	33.33%	28.57%	20.00%	21.43%	23.08%	23.08%		
Promedio W% (L.P)	24.91%							
IP=LL - LP	1.18%							



ANEXO E-2.3 PROCTOR

		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 7+675	Norma: AASHTO T-180		Método: B					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Nº Molde	M1	M2	M3	M4				
Humedad inicial añadida	7%	12%	17%	22%				
Peso suelo + recipiente	8891	9876	10054	9234				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2434	3419	3597	2777				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.4	12.4	12.4	12.4				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2286.38	2287.38	2288.38	2289.38				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.065	1.495	1.572	1.213				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº Recipiente	AB	C-20	176	T41	C-15	43	C27	10
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	61.82	52.29	57.36	61.01	60.93	61.43	61.61	58.64
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	58.34	49.41	52.49	55.34	53.55	54	52.45	50
Peso del recipiente Wr	11.78	11.29	11.98	11.12	12.01	11.44	12.11	12.11
Peso agua (Ww)	3.48	2.88	4.87	5.67	7.38	7.43	9.16	8.64
Peso de la muestra seca (ws)	46.56	38.12	40.51	44.22	41.54	42.56	40.34	37.89
Contenido de humedad w%	7.47%	7.56%	12.02%	12.82%	17.77%	17.46%	22.71%	22.80%
Contenido de humedad promedio	7.51%		12.42%		17.61%		22.75%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	0.990		1.330		1.336		0.988	
Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d :	1.378		Óptimo Contenido de Humedad w:			15.12 %		



ANEXO E-2.4 CBR

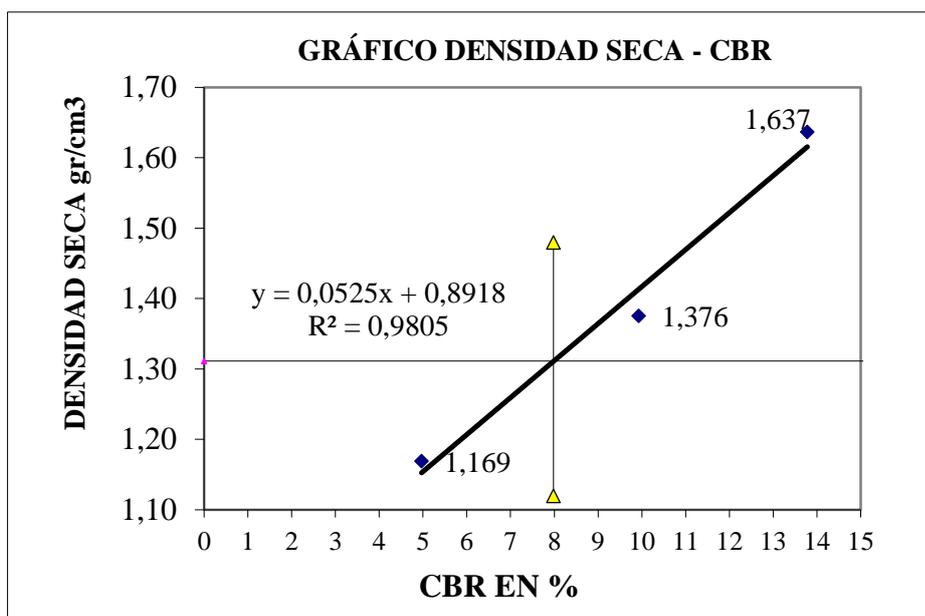
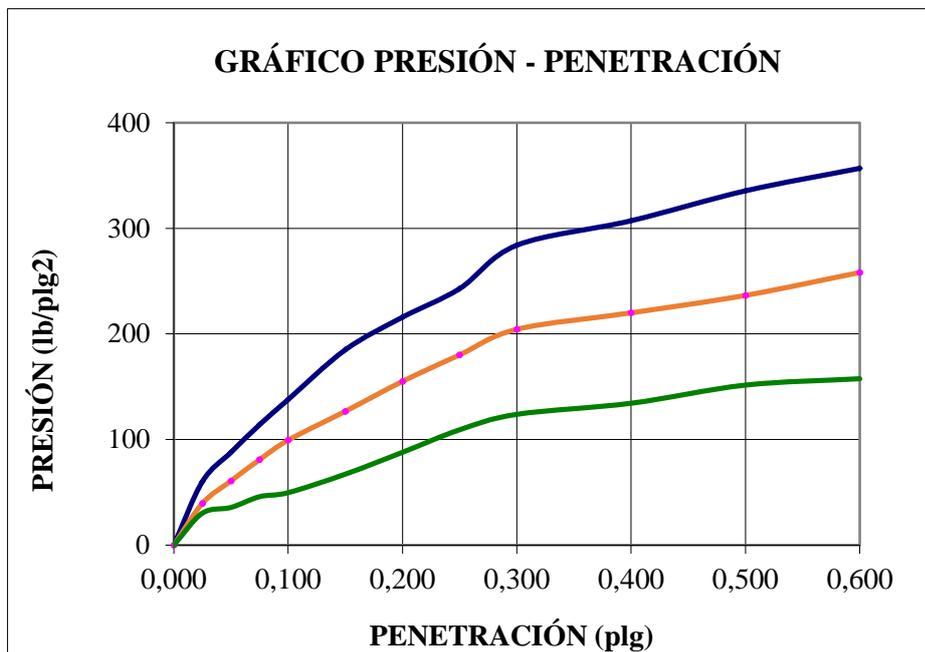
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR ESPECIFICACIONES 									
Tipo: Proctor Modificado	Cont. de humedad óptimo (%):			15.12%		Fecha de la Muestra: 18/12/2019			
Normas: AASHTO T-180, D1883	Densidad Máx (gr/cm ³):			1.378		Abscisa: Km 7+675			
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	N 3			G 8			MJ		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (gr)	11087		11433	10187		10654	9789		10277
Peso del molde (gr)	6990		6990	6518		6518	6896		6896
Peso de muestra húmeda (gr)	4097		4443	3669		4136	2893		3381
Volumen muestra (cm ³)	2212		2212	2366		2366	2205		2205
Peso unit. Húmedo, gr/cm ³	1.852		2.009	1.551		1.748	1.312		1.533
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Rec.N°	JL-5	JL-2	AS-5	AS-5	TP-23	JL-5	JL-25	MS-3	JL-2
Peso de muestra humedad + rec. (gr)	77.42	82.39	66.54	58.98	77.24	73.45	66.62	83.08	85.69
Peso de muestra seca + rec. (gr)	69.78	73.98	58.00	53.86	69.60	62.09	60.44	74.45	69.98
Peso del agua (gr)	7.64	8.41	8.54	5.12	7.64	11.36	6.18	8.63	15.71
Peso del rec (gr)	20.14	19.56	20.40	20.40	20.12	20.14	20.09	19.05	19.56
Peso de la muestra seca (g)	49.64	54.42	37.60	33.46	49.48	41.95	40.35	55.40	50.42
Contenido de humedad %	15.39	15.45	22.71	15.30	15.44	27.08	15.32	15.58	31.16
Contenido de humedad promedio, %	15.42%		22.71%	15.37%		27.08%	15.45%		31.16%
Peso Unit. Seco Kgs/m ³	1.605		1.637	1.344		1.376	1.136		1.169

DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Plg.	%		Plg.	%		Plg.	%
2019-12-19	15h00	1	4	0.004	0.0880	19	0.019	0.4179	26	0.026	0.571806
2019-12-20	15h00	2	18	0.018	0.3959	31	0.031	0.6818	39	0.039	0.857708
2019-12-21	15h00	3	27	0.027	0.5938	49	0.049	1.0776	52	0.052	1.143611
2019-12-22	15h00	4	43	0.043	0.9457	57	0.057	1.2536	69	0.069	1.517484
2019-12-23	15h00	5	48	0.048	1.0556	62	0.062	1.3635	72	0.072	1.583462

CARGA PENETRACIÓN

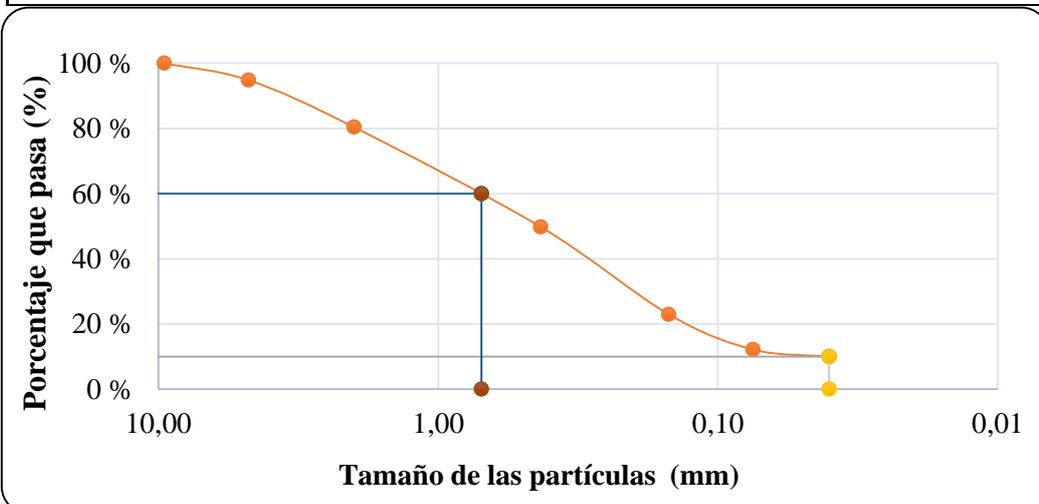
PRENSA ELECTRICA CBR-MARSHALL				ÁREA DE CELDA DE CARGA= 3,142 plg ²							
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° N 3		Molde N° G 8				Molde N° NJ			
		Carga del Ensayo	CBR Corr. %	Carga del Ensayo		CBR Corr.%	Carga del Ensayo		CBR Corr.%		
0.000		0	0	0	0		0	0			
0.025		189	60	124	39		95	30			
0.050		276	88	191	61		112	36			
0.075		358	114	254	81		144	46			
0.100	1000	433	138	13.78	312	99	9.93	156	50	4.97	
0.150		581	185		398	127		211	67		
0.200		678	216		487	155		276	88		
0.250		763	243		566	180		343	109		
0.300		892	284		642	204		389	124		
0.400		965	307		691	220		422	134		
0.500		1054	335		743	237		476	152		
0.600		1121	357		811	258		495	158		

Densidades		vs	Resistencia		Densidad Máx	1.380	gr/cm ³		
Densidad 56	1.637	gr/cm ³	13.78	%	95% de DM	1.311	1.311	1.120	1.480
Densidad 25	1.376	gr/cm ³	9.93	%		0.00	30.00	7.98	7.98
Densidad 11	1.169	gr/cm ³	4.97	%	CBR PUNTUAL			7.985	%



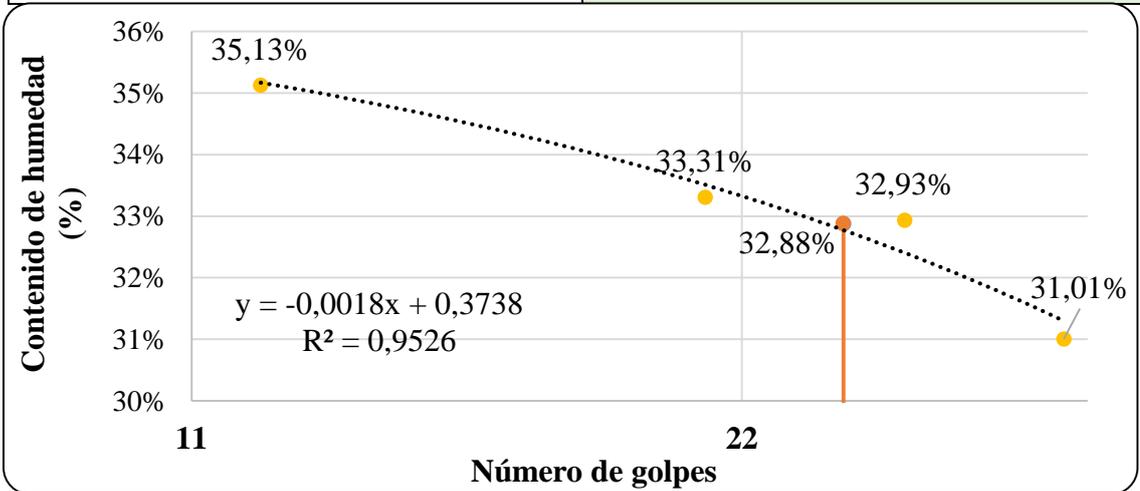
ANEXO E-3.1 GRANULOMETRÍA CALICATA 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA EN 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:	3		
Profundidad:	1 - 1.50m	Abscisa:	8+750 Km		
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	26	5.20	94.80	-
Pasa #4		474	94.80		
#10	2	98	19.60	80.40	-
#40	0.43	251	50.20	49.80	-
#100	0.15	385	77.00	23.00	-
#200	0.08	439	87.80	12.20	-
Pasa #200		61	12.20		
Total muestra				500	
Total - Cuarteo (gr)				500	
CLASIFICACIÓN					
Grava				5.20%	
Arena(Fina)				82.60%	
Finos				12.20%	
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-4	Gravas, Arenas Arcillosas y Limosas			
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					



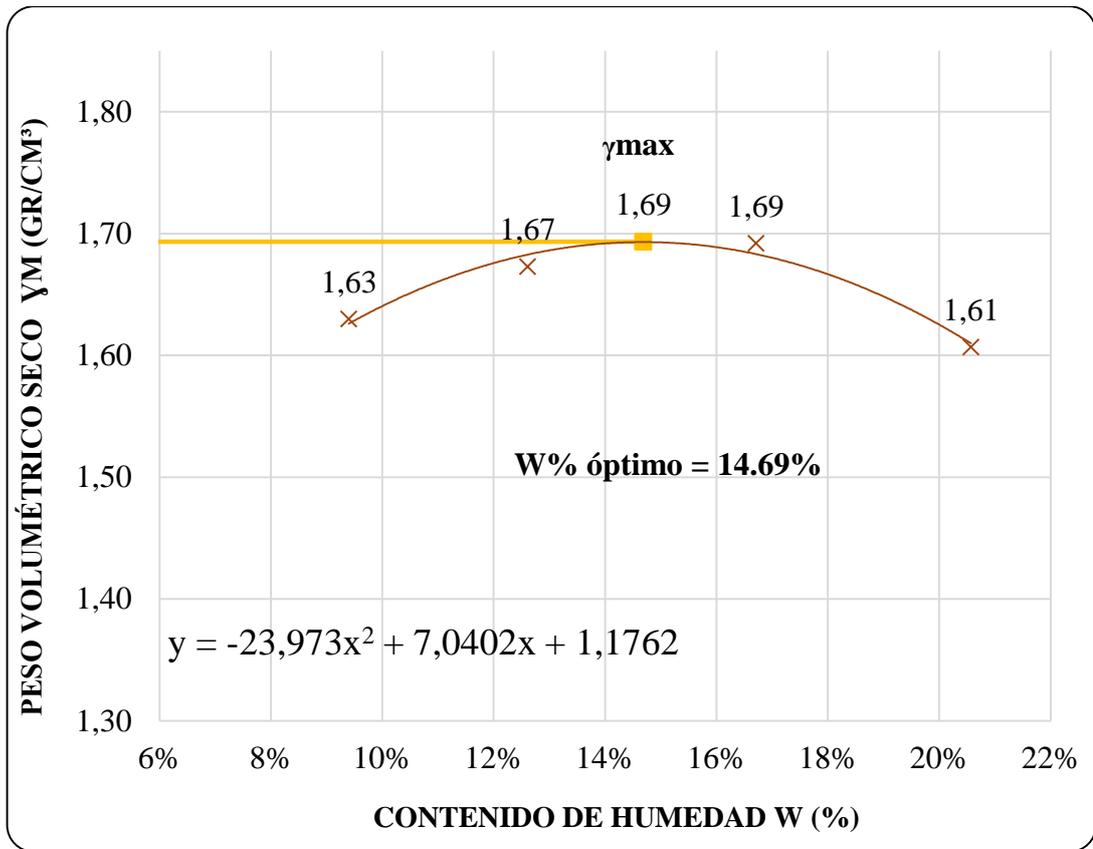
ANEXO E-3.2 LIMITES DE ATTERBERG

 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	AASHTO: T-90-70; ASTM: D-424-71; INEN 691	PCA 3- Subrasante	8+750 km					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	ML-25	D-16	WE	A-12	23	B	T-11	F-2
Peso de la muestra hum+ rec	21.4	18.6	24.5	26.1	22.2	22.1	18.8	21.1
Peso de la muestra seca+ rec	18.9	16.7	21.2	22.2	19.4	19.4	17	18.8
Peso del recipiente	11.9	11.2	11.2	10.6	10.9	11.2	11.1	11.5
Peso del agua (Ww)	2.50	1.90	3.30	3.90	2.80	2.70	1.80	2.30
Peso de la muestra seca (Ws)	7.00	5.50	10.00	11.60	8.50	8.20	5.90	7.30
Contenido de humedad (w%)	35.71%	34.55%	33.00%	33.62%	32.94%	32.93%	30.51%	31.51%
Promedio de (w%)	35.13%		33.31%		32.93%		31.01%	
Número de golpes	12		21		27		33	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS	X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido			
	0	32.55%	25	0.00%	32.88%			
	25	32.55%	25	32.55%				
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7		16		4			
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+Wr)	10.2	11.6	7.9	8	8.1	8.2		
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +Wr)	9.6	10.8	7.7	7.7	7.9	8		
Peso del recipiente (Wr)	6.5	6.8	6.5	6.4	6.5	6.7		
Peso de agua (Ww)	0.60	0.80	0.20	0.30	0.20	0.20		
Peso muestra seca (Ws)	3.10	4.00	1.20	1.30	1.40	1.30		
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	19.35%	20.00%	16.67%	23.08%	14.29%	15.38%		
Promedio W% (L.P)	18.13%							
IP=LL - LP	14.75%							



ANEXO E-3.3 PROCTOR

 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: 15109 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			Muestra: Subrasante (PCA 3)				
Abscisa: km 8+ 750	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
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	8%	12%	16%	20%				
Peso suelo + recipiente	19186	19419	19628	19546				
Peso del recipiente	15109	15109	15109	15109				
Peso de la masa de suelo (Wm)	4077	4310	4519	4437				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.4	12.4	12.4	12.4				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2286.38	2287.38	2288.38	2289.38				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.783	1.884	1.975	1.938				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	T41	5	ML-27	S-5	AB	176	R-X	B-4
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	118.1	95.1	97.7	99.1	110.7	90.4	121.5	115
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	110.2	89.9	89.2	91.2	98.6	81.9	105	99.2
Peso del recipiente Wr	30.7	31.2	24.2	26.1	26.5	30.8	24	23.1
Peso agua (Ww)	7.90	5.20	8.50	7.90	12.10	8.50	16.50	15.80
Peso de la muestra seca (ws)	79.50	58.70	65.00	65.10	72.10	51.10	81.00	76.10
Contenido de humedad w%	9.94%	8.86%	13.08%	12.14%	16.78%	16.63%	20.37%	20.76%
Contenido de humedad promedio	9.40%		12.61%		16.71%		20.57%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.630	1.673	1.692	1.607				
Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d	1.693		Óptimo Contenido de Humedad w:			14.69 %		



ANEXO E-3.4 CBR

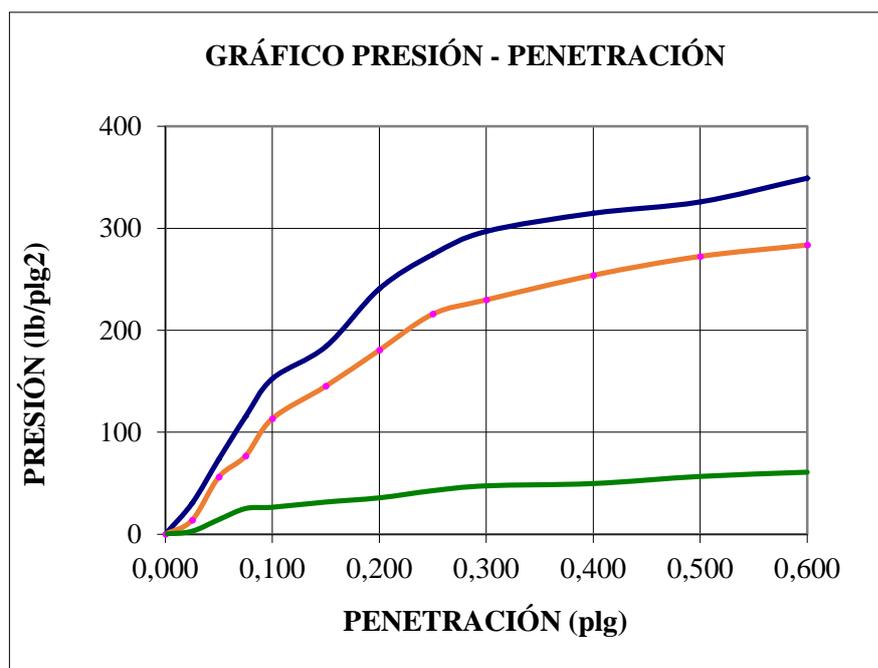
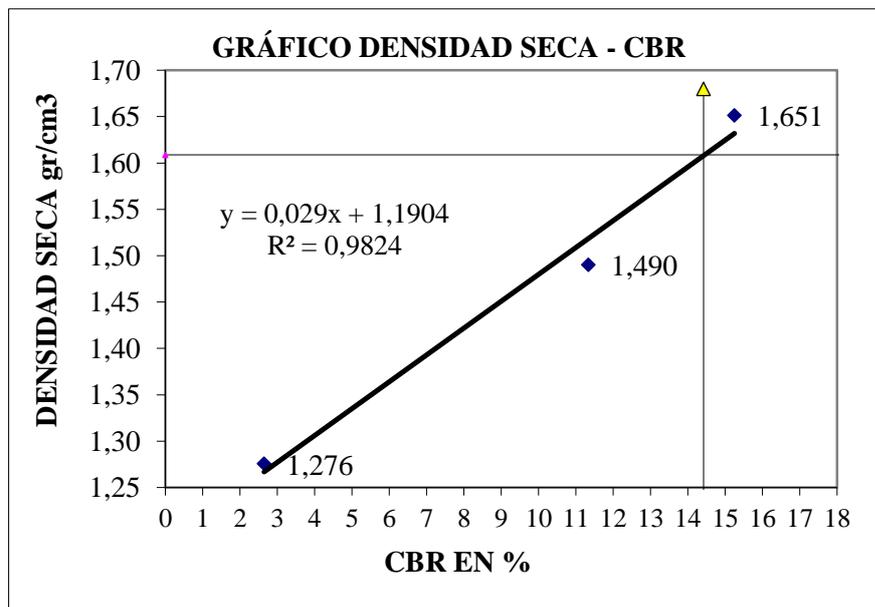
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
CBR									
ESPECIFICACIONES									
Tipo: Proctor Modificado		Cont. de humedad óptimo (%):			14.69%		Fecha de la Muestra: 18/12/2019		
Normas: AASHTO T-180, D1883		Densidad Máx (gr/cm³):			1.693		Abscisa: km 8+750		
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	N 3			G 8			MJ		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (gr)	12676		12879	10898		11233	10177		10544
Peso del molde (gr)	8299		8299	7111		7111	6895		6895
Peso de muestra húmeda (gr)	4377		4580	3787		4122	3282		3649
Volumen muestra (cm³)	2353		2353	2288		2288	2317		2317
Peso unit. Húmedo(gr/cm³)	1.860		1.946	1.655		1.802	1.416		1.575
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Recipiente N°	D-16	D-23	M6	S	BA-1	D-23	M6	45	S
Peso de muestra humedad + rec. (gr)	52.40	59.39	71.21	95.83	56.40	65.80	57.31	89.02	102.05
Peso de muestra seca + rec (gr)	47.55	53.65	62.26	86.50	50.88	56.73	51.74	80.39	86.52
Peso del agua (g)	4.85	5.74	8.95	9.33	5.52	9.07	5.57	8.63	15.53
Peso del tarro(g)	13.29	13.30	12.18	20.30	12.04	13.30	12.18	19.80	20.30
Peso de la muestra seca (g)	34.26	40.35	50.08	66.20	38.84	43.43	39.56	60.59	66.22
Contenido de humedad %	14.16	14.23	17.87	14.09	14.21	20.88	14.08	14.24	23.45
Contenido de humedad promedio, %	14.19%		17.87%	14.15%		20.88%	14.16%		23.45%
Peso Unit. Seco gr/cm³	1.629		1.651	1.450		1.490	1.241		1.276

DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Plg.	%		Plg.	%		Plg.	%
2019-12-19	14h00	1	2	0.002	0.0440	5	0.005	0.1100	7	0.007	0.153948
2019-12-20	14h00	2	3	0.003	0.0660	8	0.008	0.1759	9	0.009	0.197933
2019-12-21	14h00	3	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.307895
2019-12-22	14h00	4	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.307895
2019-12-23	14h00	5	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.307895

CARGA PENETRACIÓN

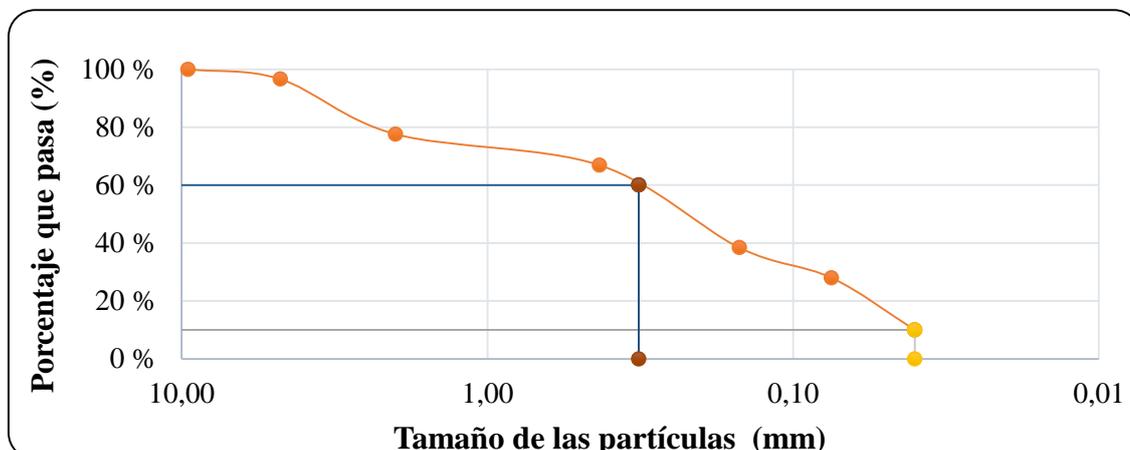
PRENSA ELECTRICA CBR-MARSHALL				ÁREA DE CELDA DE CARGA= 3,142 plg ²							
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° N 3		Molde N° G 8				Molde N° NJ			
		Carga del Ensayo	CBR Corr. %	Carga del Ensayo	CBR Corr.%	Carga del Ensayo	CBR Corr.%				
0.000		0	0	0	0			0	0		
0.025		95	30	43	14			9	3		
0.050		231	74	176	56			45	14		
0.075		362	115	241	77			79	25		
0.100	1000	479	152	356	113	11.33		83	26		
0.150		578	184	456	145			99	32		
0.200		756	241	567	180			112	36		
0.250		862	274	678	216			134	43		
0.300		933	297	722	230			149	47		
0.400		989	315	798	254			156	50		
0.500		1024	326	856	272			178	57		
0.600		1097	349	891	284			191	61		

Densidad		vs	Resistencia		Densidad Máx	1.693 gr/cm ³			
Densidad 56	1.651	gr/cm ³	15.25	%	95% de DM	1.609	1.609	1.120	1.680
Densidad 25	1.490	gr/cm ³	11.33	%		0.00	30.00	14.42	14.42
Densidad 11	1.276	gr/cm ³	2.64	%	CBR PUNTUAL	14.423 %			



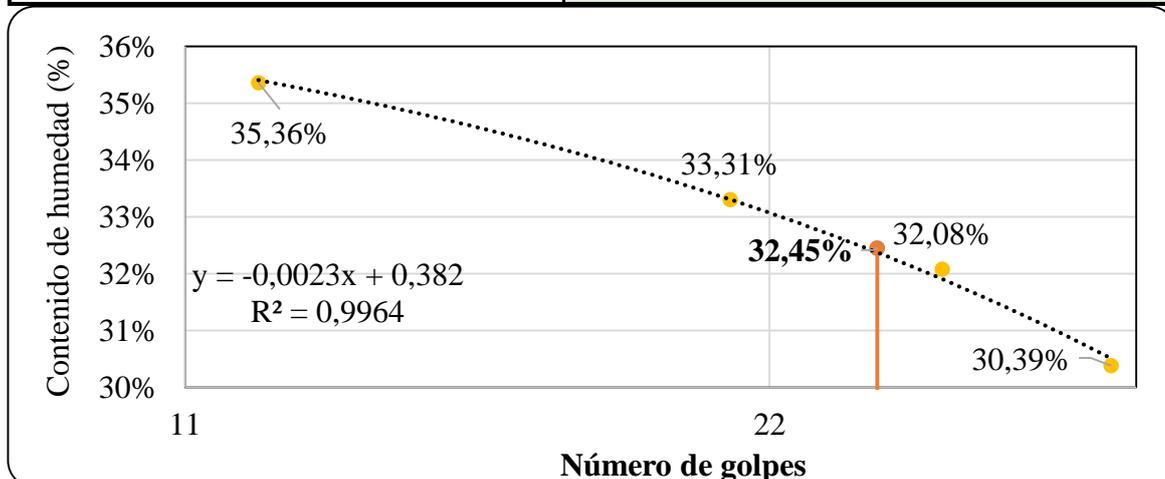
ANEXO E-4.1 GRANULOMETRÍA CALICATA 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA EN 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:	4		
Profundidad:	1 - 1.50m	Abscisa:	9+230		
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	17.00	3.40	96.60	-
Pasa #4	483.00		96.60		
#10	2	112.00	22.40	77.60	-
#40	0.43	165.50	33.10	66.90	-
#100	0.15	308.00	61.60	38.40	-
#200	0.08	360.00	72.00	28.00	-
Pasa #200	140.00		28.00		
Total muestra				500	
Total - Cuarteo (gr)				500	
CLASIFICACIÓN					
Grava			3.40%		
Arena(Fina)			68.60%		
Finos			28.00%		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-2-6	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla			



ANEXO E-4.2 LÍMITES DE ATTERBERG

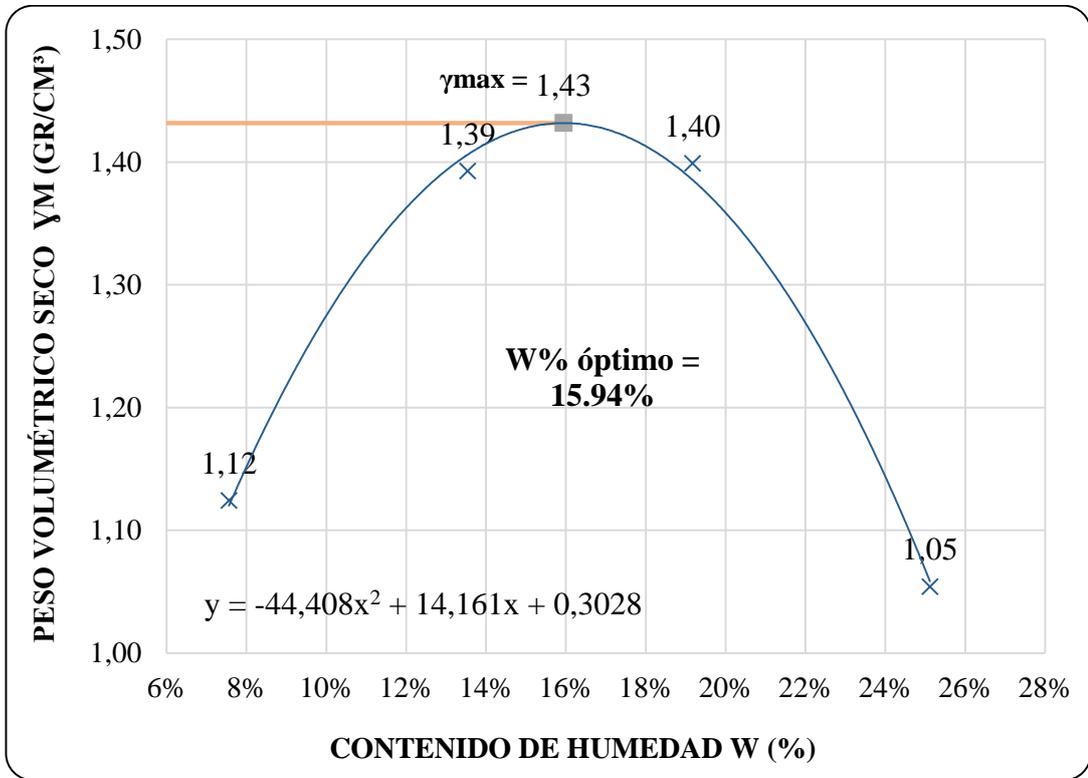
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG								
ESPECIFICACIONES								
MÉTODO:	NORMAS:	MUESTRA:	ABSCISA:					
Copa de Casagrande	AASHTO: T-90-70; ASTM: D-424-71; INEN 691	PCA 4- Subrasante	9+230 km					
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	ML-25	D-16	WE	A-12	23	B	T-11	F-2
Peso de la muestra hum+ rec	22.3	18.7	24.3	26.1	22.1	20.9	18.8	21.1
Peso de la muestra seca+ rec	19.5	16.7	21.1	22.2	19.4	18.6	17	18.8
Peso del recipiente	11.5	11.1	11.4	10.6	10.9	11.5	11.1	11.2
Peso del agua (Ww)	2.80	2.00	3.20	3.90	2.70	2.30	1.80	2.30
Peso de la muestra seca (Ws)	8.00	5.60	9.70	11.60	8.50	7.10	5.90	7.60
Contenido de humedad (w%)	35.00%	35.71%	32.99%	33.62%	31.76%	32.39%	30.51%	30.26%
Promedio de (w%)	35.36%		33.31%		32.08%		30.39%	
Número de golpes	12		21		27		33	
GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO								
COORDENADAS		X1	Y1	X2	Y2	Límite Líquido		
		0	32.11%	25	0.00%	32.45%		
		25	32.11%	25	32.11%			
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	7		16		4			
Peso suelo húmedo + P. recipiente (Wm+W _r)	10.1	11.5	7.9	7.7	8.1	8.2		
Peso suelo seco + P. recipiente (Ws +W _r)	9.6	10.8	7.7	7.5	7.9	8		
Peso del recipiente (W _r)	6.5	6.8	6.5	6.4	6.5	6.7		
Peso de agua (Ww)	0.50	0.70	0.20	0.20	0.20	0.20		
Peso muestra seca (Ws)	3.10	4.00	1.20	1.10	1.40	1.30		
Contenido de humedad (w%=100 Ww/Ws)	16.13%	17.50%	16.67%	18.18%	14.29%	15.38%		
Promedio W% (L.P)	16.36%							
IP=LL - LP	16.09%							



ANEXO E-4.3 PROCTOR

 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 9+230	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Nº Molde	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Humedad inicial añadida	7%	13%	19%	25%	31%	37%	43%	49%
Peso suelo + recipiente	9222	10074	10272	9476	10328	10526	9730	10582
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457	6457	6457	6457	6457
Peso de la masa de suelo (Wm)	2765	3617	3815	3019	3871	4069	3273	4125
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80
Volumen de la muestra (Vm)	2286.38	2287.38	2288.38	2289.38	2290.38	2291.38	2292.38	2293.38
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.209	1.581	1.667	1.319	1.699	1.776	1.432	1.802
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº Recipiente	74	2500	SI	T41	SY	10	R-X	RV
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	42.06	46.14	45.81	46.07	46.12	45.78	51.55	51.87
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	40.03	43.65	41.75	41.98	40.68	40.34	43.54	43.88
Peso del recipiente Wr	11.98	12.11	12.1	11.44	12.16	12.11	11.76	11.95
Peso agua (Ww)	2.03	2.49	4.06	4.09	5.44	5.44	8.01	7.99
Peso de la muestra seca (ws)	28.05	31.54	29.65	30.54	28.52	28.23	31.78	31.93
Contenido de humedad w%	7.24 %	7.89 %	13.69 %	13.39 %	19.07 %	19.27 %	25.20 %	25.02 %
Contenido de humedad promedio	7.57%		13.54%		19.17%		25.11%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m / (1+w)$ (gr/cm ³)	1.124	1.393	1.399	1.054	1.421	1.461	1.111	1.431

γ_d máx=	1.432 gr/cm ³	Contenido Óptimo de humedad w%	15.94 %
-----------------	-----------------------------	-----------------------------------	---------



ANEXO E-4.4 CBR



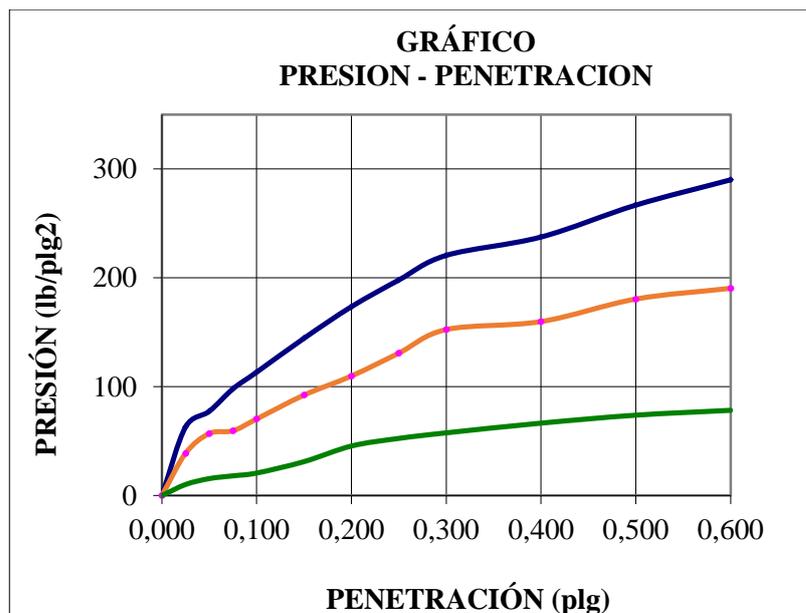
CBR								
ESPECIFICACIONES								
Tipo: Proctor Modificado	Cont. de humedad óptimo (%):			15.79%		Fecha de la Muestra		18/12/2019
Normas: AASHTO T-180, D1883	Densidad Máx (gr/cm³):			1.376		Abscisa:		km 9+230
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo								
Molde N°	N 3			G 8		MJ		
N° de Capas	5			5		5		
N° de golpes por capa	56			25		11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar	Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (gr)	11345		11839	9445		10098	10056	11021
Peso del molde (gr)	7400		7400	6376		6376	7114	7114
Peso de muestra húmeda (gr)	3945		4439	3069		3722	2942	3907
Volumen muestra (cm³)	2291		2291	2099		2099	2267	2267
Peso unit. Húmedo (gr/cm³)	1.722		1.938	1.462		1.773	1.298	1.723
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Arriba	1" de Arriba
Recipiente N°	OP-7	ML-13	JL	QT-9	JL	MJ-16	MJ-16	OP-7
Peso de muestra humedad + rec. (gr)	82.58	87.41	103.70	76.09	102.52	102.69	108.58	111.56
Peso de muestra seca + rec. (gr)	74.16	78.33	85.55	68.45	91.89	80.00	96.67	80.54
Peso del agua (gr)	8.42	9.08	18.15	7.64	10.63	22.69	11.91	31.02
Peso del rec. (gr)	20.09	20.60	23.61	18.76	23.61	20.42	20.42	20.09
Peso de la muestra seca (gr)	54.07	57.73	61.94	49.69	68.28	59.58	76.25	60.45
Contenido de humedad %	15.57%	15.73%	29.30%	15.38%	15.57%	38.08%	15.62%	51.32%
Contenido de humedad promedio, %	15.65%		29.30%	15.47%		38.08%	15.52%	51.32%
Peso Unit. Seco (gr/cm³):	1.489		1.498	1.266		1.284	1.123	1.139

DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Plg.	%		Plg.	%		Plg.	%
2019-12-19	16h00	1	2	0.002	0.0440	5	0.005	0.1100	7	0.007	0.1539
2019-12-20	16h00	2	3	0.003	0.0660	8	0.008	0.1759	9	0.009	0.1979
2019-12-21	16h030	3	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.3079
2019-12-22	16h00	4	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.3079
2019-12-23	16h00	5	3	0.003	0.0660	11	0.011	0.2419	14	0.014	0.3079

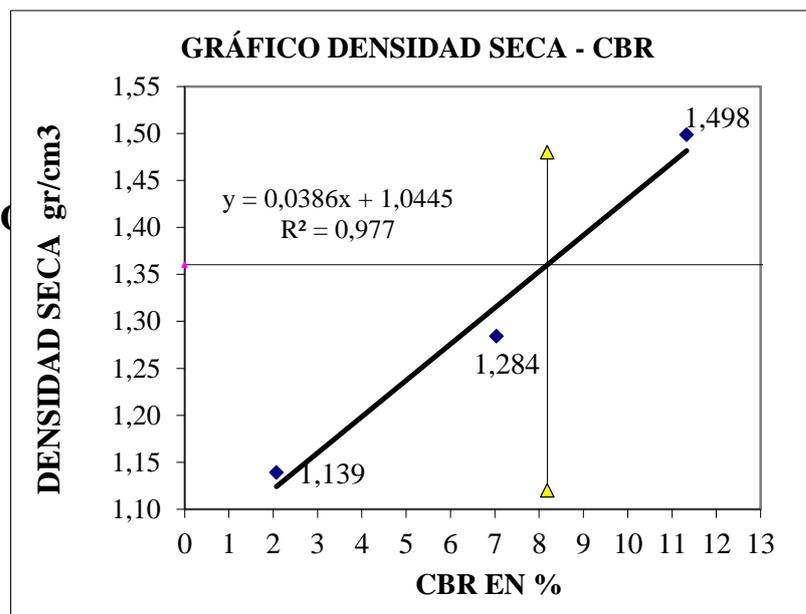
CARGA PENETRACIÓN

PRENSA ELECTRICA CBR-MARSHALL				ÁREA DE CELDA DE CARGA= 3,142 plg ²								
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° N 3		Molde N° G 8				Molde N° NJ				
		Carga del Ensayo		CBR Corr. %		Carga del Ensayo		CBR Corr.%				
0.000		0	0			0	0			0	0	
0.025		198	63			122	39			32	10	
0.050		243	77			179	57			49	16	
0.075		308	98			187	60			57	18	
0.100	1000	356	113	11.33		221	70	7.03		65	21	2.07
0.150		454	145			290	92			98	31	
0.200		545	173			345	110			143	46	
0.250		622	198			411	131			165	53	
0.300		693	221			479	152			181	58	
0.400		746	237			502	160			209	67	
0.500		838	267			567	180			232	74	
0.600		911	290			598	190			246	78	

Densidad		vs	Resistencia		Densidad Máx	1.432	gr/cm ³		
Densidad 56	1.498	gr/cm ³	11.33	%	95% de DM	1.360	1.360	1.12	1.48
Densidad 25	1.284	gr/cm ³	7.03	%		0.00	30.00	8.18	8.18
Densidad 11	1.139	gr/cm ³	2.07	%	CBR PUNTUAL			8.184	%



ANEXO C



ANEXO F. FOTOGRAFÍAS

**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 Santa Rosa - Juan Benigno Vela en el tramo de la abscisa 6+400 hasta la abscisa 9+600 de la provincia de Tungurahua



Fotografía 1

Registro vehicular del tráfico de la vía en estudio.



Fotografía 2

Medición y trazo de abscisas.



Fotografía 3

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



Fotografía 4

Medición a través de la Viga Benkelman

ANEXO F-1. Fotografías



Fotografía 5
Medición de Fallas para el Análisis Visual PCI.



Fotografía 6
Extracción de muestras, ensayo CBR.

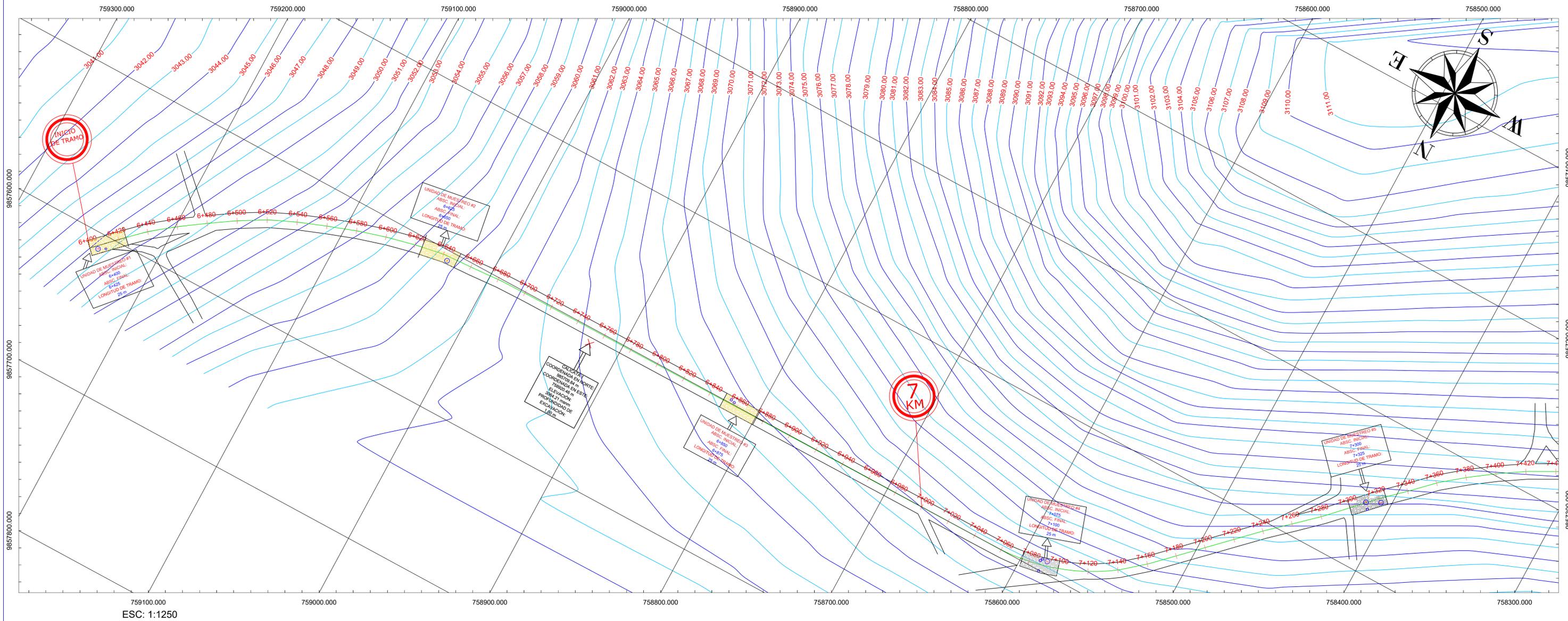


Fotografía 7
Ensayo Granulométrico



Fotografía 8
Falla tipo piel de cocodrilo en la vía en estudio.

VISTA EN PLANTA VÍA AMBATO TISALEO ABCS 6+400 - 7+400



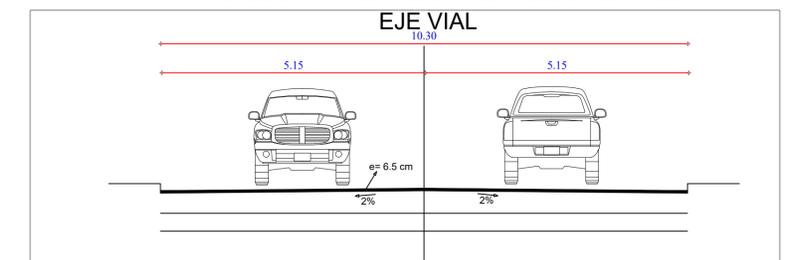
ESC: 1:1250

PERFIL LONGITUDINAL TRAMO ABCS 6+400 - 7+400



ESC V: 1:1250
ESC H: 1:2500

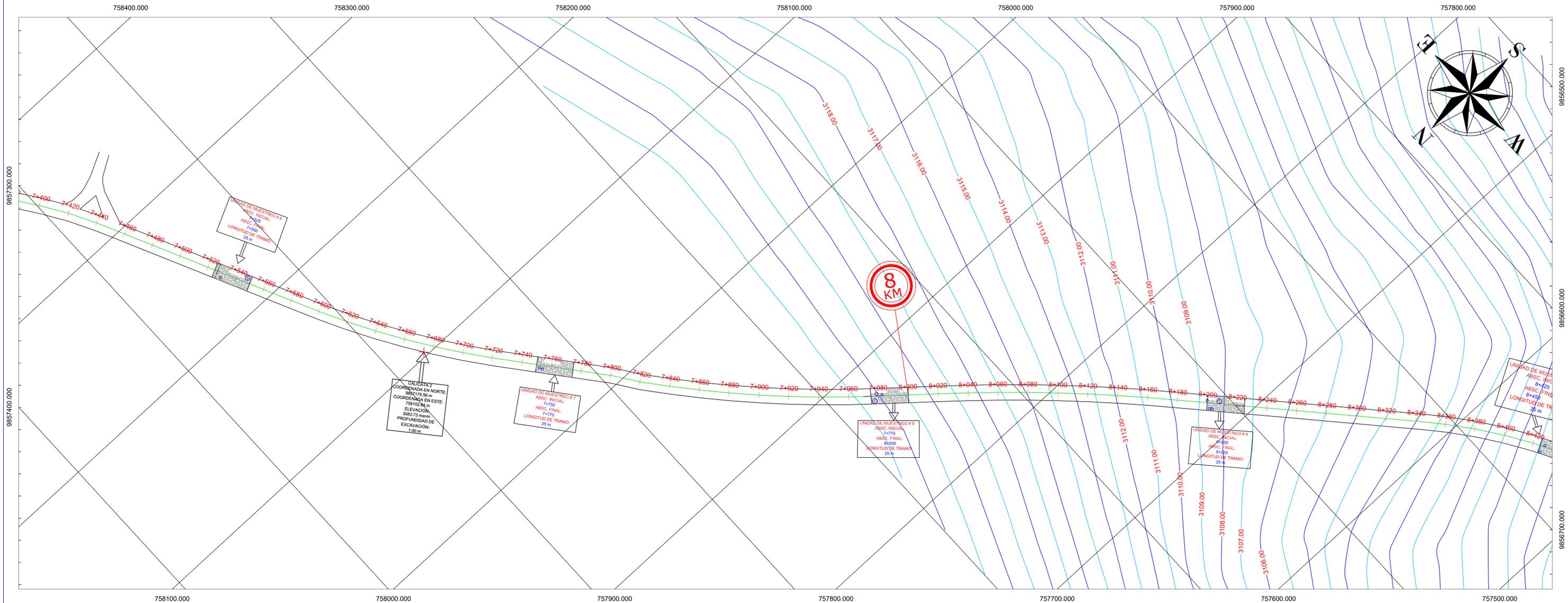
SECCION TRANSVERSAL TÍPICA ABCS 6+400-7+400



ESC: 1:75

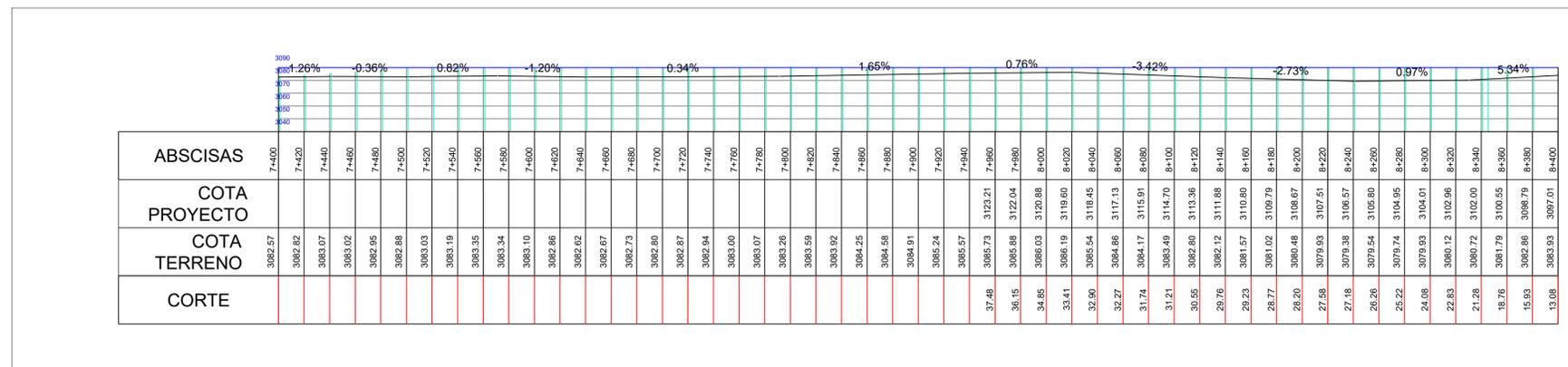
<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>				
<p>PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO-TISALEO SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>				
<p>CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL ABCS 6+400 - 7+400</p>				
VÍA CLASE: AV1	LONGITUD: 3200 m	ESTUDIO: DEFINITIVO	UBICACIÓN: PROVINCIA: TUNGURAHUA CANTÓN: AMBATO	FECHA: 04/05/2020
DIBUJADO POR: EDGO. DANNY CAJAS		REVISADO POR: ING. MG. DIEGO CHERREZ		ESCALA: INDICADAS LÁMINA: 1 DE 3

VISTA EN PLANTA VÍA AMBATO TISALEO ABCS 7+400 - 8+400



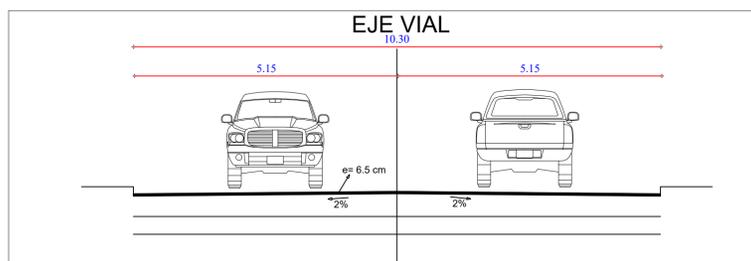
ESC: 1:1250

PERFIL LONGITUDINAL TRAMO ABCS 7+400 - 8+400



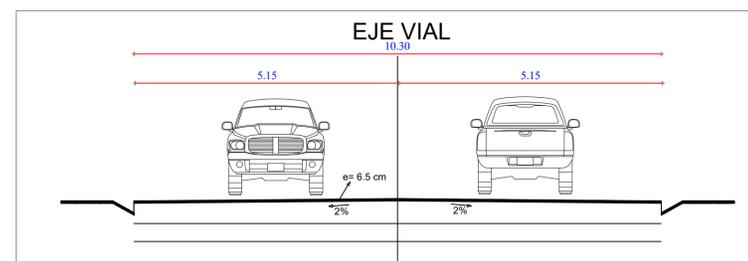
ESC V: 1:1250
ESC H: 1:2500

SECCION TRANSVERSAL TÍPICA ABCS 7+400-7+900



ESC: 1:75

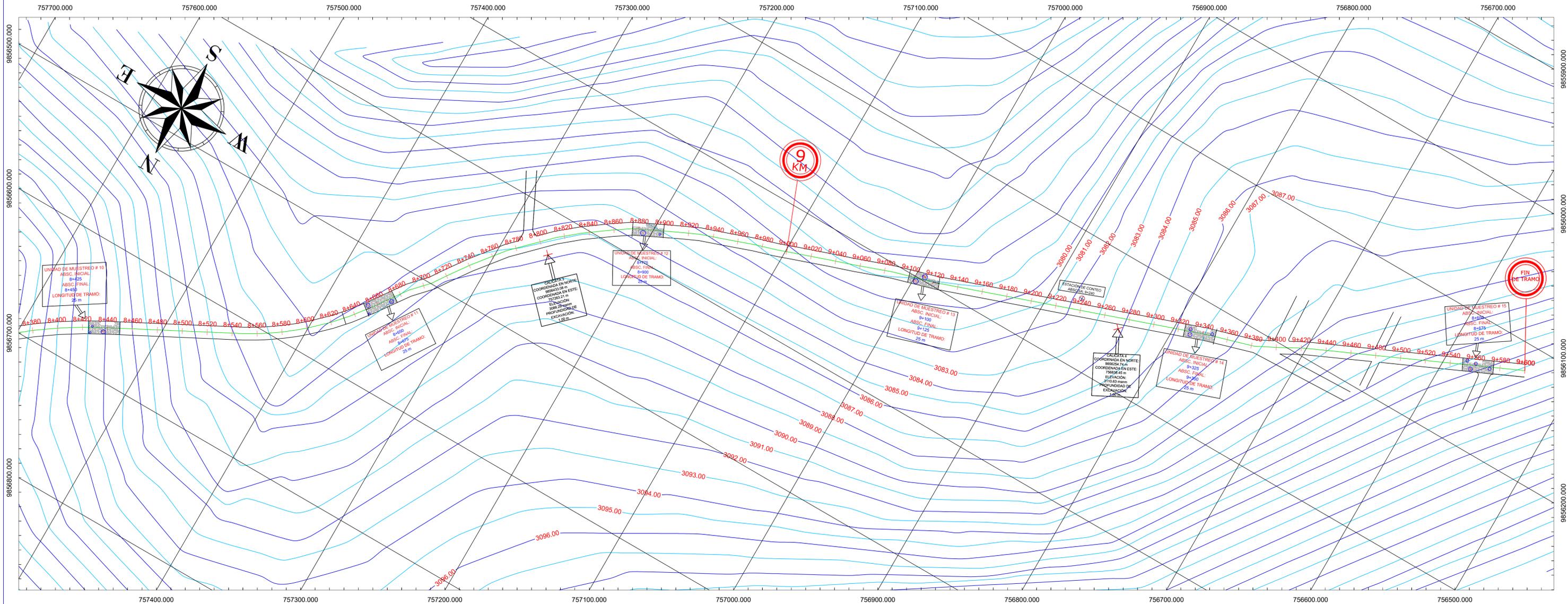
SECCION TRANSVERSAL TÍPICA ABCS 7+900-8+400



ESC: 1:75

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>				
<p>PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO-TISALEO SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABCS 6+400 HASTA 8+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>				
<p>CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL ABCS 7+400 - 8+400</p>				
VÍA CLASE: AV1	LONGITUD: 3200 m	ESTUDIO: DEFINITIVO	UBICACIÓN: PROVINCIA: TUNGURAHUA CANTÓN: AMBATO	FECHA: 04/05/2020
DIBUJADO POR: EDGO. DANNY CAJAS		REVISADO POR: ING. MG. DIEGO CHERREZ		ESCALA: INDICADAS LÁMINA: 2 DE 3

VISTA EN PLANTA VÍA AMBATO TISALEO ABCS 8+400 - 9+600



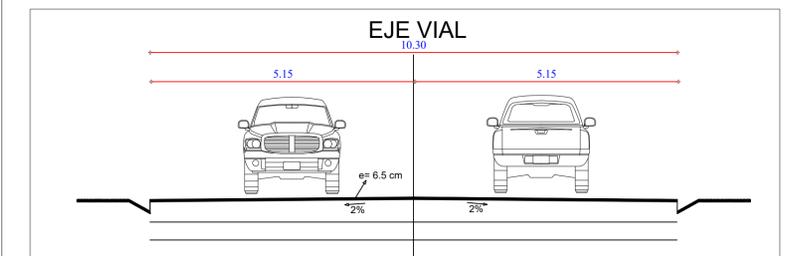
ESC: 1:1500

PERFIL LONGITUDINAL TRAMO ABCS 8+400 - 9+600



ESC V: 1:1250
ESC H: 1:2500

SECCION TRANSVERSAL TÍPICA ABCS 8+400-9+600



ESC: 1:75

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>				
<p>PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO-TISALEO SECTOR JUAN BENIGNO VELA EN EL TRAMO DE LA ABCISA 6+400 HASTA 9+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>				
<p>CONTIENE: PERFIL LONGITUDINAL ABCS 8+400 - 9+600</p>				
VÍA CLASE:	LONGITUD:	ESTUDIO:	UBICACIÓN:	FECHA:
---	3200 m	DEFINITIVO	PROVINCIA: TUNGURAHUA	04/05/2020
DIBUJADO POR:	REVISADO POR:	CANTÓN: AMBATO		ESCALA: INDICADAS
EDGO. DANNY CAJAS	ING. MG. DIEGO CHERREZ			LÁMINA: 3 DE 3