



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL RECICLADO DE PAVIMENTO Y SU
RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL, CASO: CARRETERA TARAPOTO -
TINGO MARÍA, TRAMO: PICOTA – CASPIZAPA - 2020”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

BACH. BERNAL VILLAVICENCIO, Miguel Fernando

BACH. LIZANO CHUMACERO, Martha Isabel

ASESOR: Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo

CO-ASESOR: M.Sc. Ing. José Luis Noriega Dávila

TARAPOTO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A quien siempre creyó en mí, gracias mamá.

El autor: MFBV

Dedicado a mis padres: Juan Lizano Rondoy e Isabel Chumacero Domador, por ser mi soporte, compañía y mi mayor motivación en esta vida, con todo mi amor.

La autora: MILCH

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Eduardo Sánchez Bernal y por su intermedio a la Empresa CASA e Hidalgo e Hidalgo S.A.

El autor: MFBV

A la Empresa Construcción y Administración S.A por brindarme la oportunidad de desarrollar mi tesis.

A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

y a mi compañero de tesis Fernando Bernal, por su apoyo incondicional.

La autora. MILCH

"Año de la Universalización de la Salud"

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DEL RECICLADO DE PAVIMENTO Y SU RELACIÓN CON LA
CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, CASO: CARRETERA
TARAPOTO – TINGO MARÍA, TRAMO: PICOTA – CASPIZAPA - 2020".**

Del alumno: **BERNAL VILLAVICENCIO, MIGUEL FERNANDO Y LIZANO
CHUMACERO MARTHA ISABEL**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de
2% de plagio.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 24 de febrero del 2020.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERIACIVIL_2020_TESIS_FERNANDOBERNAL_V1.pdf
 (D64351354)
Submitted: 2/24/2020 11:20:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 2 %

Sources included in the report:

15316--Mamani Mamani, Adrian Ramón.pdf (D54367041)
 TESIS CEDEÑO-SORIA.pdf (D54615101)
 PROYECTO DE TITULACION JPZv4.pdf (D45083706)
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/10757/624119/4/MATOS_BD.pdf.txt
<https://docplayer.es/43544428-Maryury-paola-camacho-grass-cod.html>
<https://docplayer.es/86601479-Universidad-nacional-del-altiplano.html>
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/10757/625384/4/Aguilar_AA.pdf.txt
<https://docplayer.es/90777394-Universidad-internacional-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-civil.html>
https://www.mcf.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
https://giovecorp.com/pdf/4_ME_Pautas_de_Pavimentacion_Alternativa.pdf

Instances where selected sources appear:

“Año de la Universalización de la Salud”
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 129-2020-UCP-FCEI del 10 de marzo de 2020, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc. | Presidente |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Luis Paredes Aguilar, M. Sc. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo**, y al Co-asesor, el **Ing. José Luis Noriega Dávila, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 16:00 horas del día 13 de marzo de 2020, en instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“EVALUACIÓN DEL RECICLADO DE PAVIMENTO Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, CASO: CARRETERA TARAPOTO – TINGO MARÍA, TRAMO: PICOTA – CASPIZAPA - 2020”**.

Presentado por los sustentantes:

**MIGUEL FERNANDO BERNAL VILLAVICENCIO Y MARTHA ISABEL LIZANO
CHUMACERO**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADO (A) POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



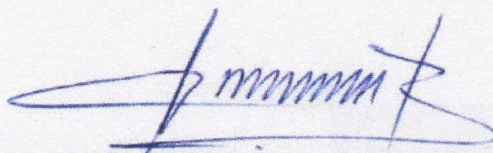
Miembro



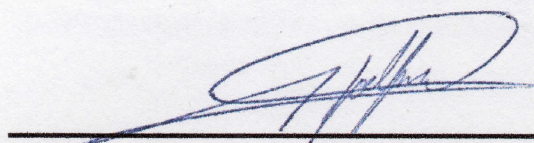
Miembro

APROBACIÓN

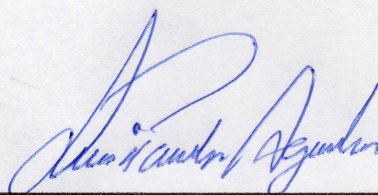
Tesis sustentada en acto público el día 13 de marzo a las 4:00 p.m. del 2020.



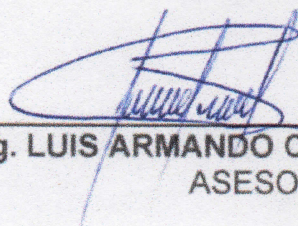
M.sc. Ing. CALEB RIOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO
MIEMBRO DEL JURADO



M.sc. Ing. LUIS PAREDES AGUILAR
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

➤ Dedicatoria.....	2
➤ Agradecimiento.....	3
➤ Aprobación.....	4
➤ Índice de contenido.....	5
➤ Índice de ilustraciones.....	7
➤ Índice de tablas.....	8
➤ Resumen palabras clave.....	9
➤ Abstract.....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
Título	11
Área y Línea de investigación.....	11
Planteamiento del Problema	11
Problema general.....	13
Problemas específicos.....	13
Objetivo General	14
Objetivos específicos	14
Justificación de la investigación	15
Antecedentes del estudio:	16
Bases Teóricas	19
Definición de términos básicos	38
Hipótesis.	41
Variables:	41
Variable Independiente.....	41
Variable Dependiente	41
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
Tipo y Diseño de Investigación	42
<i>Tipo de Investigación</i>	<i>42</i>
La investigación es de tipo descriptivo.	42
<i>Diseño de Investigación (Picota - Caspizapa).....</i>	<i>42</i>
Población y Muestra	42
Técnicas, Instrumentos, Procedimientos de Recolección de Datos	42
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42

PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
Procesamiento, Análisis e Interpretación de los Datos.....	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
RESULTADOS:.....	43
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1. CONCLUSIONES:	79
4.2. RECOMENDACIONES:.....	80
CAPITULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
CAPÍTULO VI: ANEXOS	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Deformación de la Carpeta Asfáltica.....	28
Ilustración 2: Proceso de Destilación del Cemento Asfáltico.....	33
Ilustración 3: Censo de Carga: Estación Nueva Unión	45
Ilustración 4: Perfil Estratigráfico Tramo: Picota – Caspizapa, Km 681+200 a Km	46
Ilustración 5: Equipo de Medición de IRI	47
Ilustración 6: Resultados de IRI Tramo: Picota - Caspizapa.	55
Ilustración 7: Resultados de PCI tramo: Picota - Caspizapa.	56
Ilustración 8: Pérdida de Confinamiento en la Vía Km 682+363 a Km 682+419	57
Ilustración 9: Cultivos a nivel de plataforma Km. 682+000	57
Ilustración 10: Mediciones Históricas de Temperatura El Porvenir, Distrito de Juan Guerra – San Martín.	69
Ilustración 11: Resultados de la Medición de Temperatura	70
Ilustración 12: Correlación Temperatura Ambiente Vs. Temperatura Carpeta Asfáltica.	70
Ilustración 13: Temperaturas históricas ambiente y Carpeta Asfáltica Tramo 1	71
Ilustración 14: Nomograma coeficiente estructural de bases estabilizadas con asfalto	74
Ilustración 15: Estimaciones PBI Región San Martín.....	84
Ilustración 16: Distribución del IRI, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)	94
Ilustración 17: Distribución de diferencias acumuladas para el índice de rugosidad, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)	95
Ilustración 18: Distribución del IRI Característico, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA	100
Ilustración 19: Variación Porcentual del PCI – Carril Derecho	102
Ilustración 20: Variación Porcentual del PCI – Carril Izquierdo	103
Ilustración 21: Gráficas de PCI del Carril Derecho del Tramo 1	103
Ilustración 22: Gráficas de PCI del Carril Izquierdo del Tramo 1.....	104
Ilustración 23: Variación Porcentual del PCI – Carril Derecho	113
Ilustración 24: Variación Porcentual del PCI – Carril Izquierdo	113
Ilustración 25: Gráficas de PCI del Carril Derecho	114
Ilustración 26: Gráficas de PCI del Carril Izquierdo	114
Ilustración 27: Inicio del tramo en Conservación.....	115
Ilustración 28: Fin del tramo en Conservación.	115
Ilustración 29: Se observa el deterioro del Pavimento.	116
Ilustración 30: Pérdida de confinamiento de la Vía.	116
Ilustración 31: Pérdida total de pavimento por tramos.....	117
Ilustración 32: Pérdida del Pavimento parcial, resaltos y hundimientos.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimiento de Agregados Gruesos de Adición en Mezclas recicladas en Caliente ..	22
Tabla 2: Requerimiento de Agregados Finos de Adición en Mezclas Recicladas en caliente	23
Tabla 3: Gradación de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente	31
Tabla 4: Composición de Elementos del Asfalto	32
Tabla 5: Conteos Factores de corrección estacional.....	44
Tabla 6: Factores de Carga Estación Nueva Unión (Entrada).....	45
Tabla 7: Factores de Carga Estación Nueva Unión (Salida	45
Tabla 8: Resultados de CBR Suelos de Subrasante Tramo: Picota – Caspizapa.	47
Tabla 9: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro D0 Tramo: Picota – Caspizapa.	50
Tabla 10: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro Mr AASHTO Tramo 1.	51
Tabla 11: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro S _{Neff} AASHTO.	52
Tabla 12: Rangos de Clasificación del PCI	53
Tabla 13: Clasificación de las unidades de muestra.....	54
Tabla 14: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro IRI Tramo: Picota - Caspizapa	55
Tabla 15:Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro PCI Tramo: Picota - Caspizapa	56
Tabla 16:N° EE Periodo de diseño (2019 – 2023).....	59
Tabla 17:Resultados de CBR Suelos de Subrasante Tramo: Picota – Caspizapa	60
Tabla 18:Espesores Recomendadas para Estabilización por Sustitución de Suelos.	61
Tabla 19:CBR de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.	62
Tabla 20:Módulo Resiliente de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.	62
Tabla 21:Factor de Corrección “C” para Módulo Resiliente de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.	63
Tabla 22:Sectorización Multicriterio, Tramo de Conservación: Picota - Caspizapa	64
Tabla 23:Serviciabilidad y Confiabilidad Vs Tránsito.....	65
Tabla 24:Estaciones Meteorológicas Utilizadas Para el Cálculo del PG.	68
Tabla 25:Especificaciones EG-2013 para selección del tipo de cemento Asfáltico.....	72
Tabla 26:Granulometría de los Agregados en la Mezcla Asfáltica	72
Tabla 27: Características de los Materiales– Estructuras Nuevas y Estabilizadas	73
Tabla 28: Coeficientes estructurales recomendados para pavimentos en servicio	73
Tabla 29: Diseño de Pavimentos - Período de diseño de 5 años (2019 – 2023).	77
Tabla 30: Diseño de Pavimentos - Período de diseño de 5 años (2019 – 2023)4 Alternativa. ...	77
Tabla 31: Tasas de Crecimiento de Vehículos.....	84
Tabla 32: Tasa de Crecimiento Población: Perú.....	85
Tabla 33: Sectores Homogéneos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA.....	96
Tabla 34: Parámetros Estadísticos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA	97
Tabla 35: Sectores Críticos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA	98
Tabla 36: Índice de Serviciabilidad, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA.....	98
Tabla 37: IRI Característico, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA	100
Tabla 38: Total de Unidades de muestra por carril.....	101
Tabla 39: Clasificación de las Unidades de muestra	102

RESUMEN

Este estudio tiene como finalidad, Evaluar el Reciclado de Pavimento y su relación con la Conservación de la Infraestructura Vial, caso: carretera Tarapoto - Tingo María, Tramo: Picota –Caspizapa, analizando así la propuesta mencionada en los Términos De Referencia de dicho proyecto.

Teniendo en cuenta que el tipo de intervención que se ejecutó en este tramo de 11 kilómetros, forma parte de un proyecto piloto experimental, desarrollado en el año 2006 para evaluar la propuesta de Pavimentos Económicos y su efecto en los niveles de servicio actuales.

Como caso de aplicación se tomará el tramo Picota-Caspizapa Km (681+200-692+200), donde tomaremos en cuenta los ensayos facilitados por la empresa CASA para el desarrollo de esta investigación, la cual nos permitirá emitir juicio crítico sobre las intervenciones que se realizaran en este tramo que corresponde al PE-5N.

Palabras claves: Reciclado de pavimento, Tratamiento Superficial Bicapa, Conservación.

ABSTRAC

The purpose of this study is to Evaluate the Recycling of Pavement and its relationship with the Conservation of Road Infrastructure, case: Tarapoto - Tingo María road, Section: Picota –Caspizapa, thus analyzing the proposal mentioned in the Reference Terms of said project.

Taking into account that the type of intervention that was carried out in this 11-kilometer section is part of a pilot project developed in 2006 to evaluate the proposal of Economic Pavements and its effect on current service levels.

As a case of application, the section Picota-Caspizapa Kms (681 + 200-692 + 200) will be taken, where we will take into account the tests provided by the CASA company for the development of this investigation, which will give us critical judgment on the interventions that will be carried out in this section that corresponds to the PE-5N.

Keywords: Pavement recycling, Bilayer Surface Treatment, Conservation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Título

“EVALUACIÓN DEL RECICLADO DE PAVIMENTO Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, CASO: CARRETERA TARAPOTO - TINGO MARÍA: TRAMOS PICOTA – CASPIZAPA - 2020”.

1.2 Área y Línea de investigación

Área:

Transportes

Línea:

Redes y circulación

1.3 Planteamiento del Problema

El Tramo Picota-Caspizapa, forma parte de la Red Vial Nacional (PE-5N, Longitudinal de la Selva Norte), el cual en el año 2006 se concibió como un proyecto piloto – experimental de evaluación de pavimentos económicos.

La intervención piloto, fue únicamente un tratamiento superficial que ya cumplió su vida útil, evidenciándose: presencia de baches, hundimientos, emisión de polvo y otros asociados al deterioro de la vía y el total del pavimento, esto conlleva a un tránsito inseguro e incómodo, pérdida de material en los taludes por mal confinamiento, problemas de drenaje, rasante a nivel de los espejos de agua de los arrozales.

Sin embargo, bajo estas condiciones, actualmente se pretende la intervención a nivel de conservación periódica mediante la estabilización de pavimentos y la colocación de Tratamiento Superficial Bicapa.

Según el autor internacional, Martínez-Echevarría (España - 2012), en su tesis titulada: “Estudio del Procedimiento de Compactación en Laboratorio para Muestras Recicladas en Frío con Emulsión Bituminosa”, en uno de sus

párrafos indica: La mejora en la gestión y el empleo de nuevas tecnologías para optimizar su tratamiento, supusieron el inicio de un movimiento social e institucional cada vez más amplio. Este movimiento generó la creación de textos legislativos para la regulación de residuos y la aparición de nuevos conceptos y principios como “sostenibilidad”, o el principio de las “3 erres” (Reducir, Reciclar y Reutilizar), los cuales han contribuido a dar el giro definitivo para reducir la producción y acumulación de residuos. Con la aparición de esta conciencia social, los gobiernos e instituciones de los diferentes países se esfuerzan por realizar una gestión eficiente de los recursos naturales y de los residuos que se generan con el objetivo principal de la eliminación total de los mismos mediante actuaciones de reutilización.

La autora nacional, Sánchez (Lima - 2019), en su tesis titulada: “Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000), Lima – 2017”, en uno de sus párrafos indica: Actualmente los desastres naturales han producido diferentes daños en las estructuras, lo que ha perjudicado a los ciudadanos y a la vez a la economía de los diferentes países, convirtiéndose en una preocupación mundial. De modo que, ante esta realidad se tiene que las vías de comunicación son parte importante para el crecimiento de un país facilitando la movilización e integración de los individuos satisfaciendo sus necesidades de transportarse a nivel internacional, por ello la industria de la construcción desarrolla nuevas tecnologías para poder reciclar los residuos de los procesos constructivos, y a la vez poder reutilizarlos después de que hayan cumplido su ciclo de vida; es decir hacer un proceso de selección con los agregados extraídos del pavimento el cual ha sido retirado, para recién ahí poder rehabilitar dicho pavimento.

Los autores, Chávez y Vela (Tarapoto – 2014), en su Trabajo de Investigación Asistida Titulado: “Evaluación del Paquete Estructural del Pavimento en el Tramo: Picota – Caspizapa, Provincia de Picota, Región San Martín, 2014”, en uno de sus párrafos indica: Los proyectos viales,

tanto en construcción, mantenimiento y administración en la provincia de Picota, la región y otras localidades del país, presentan deficiencias técnicas en los procesos de diseño, construcción, operación y mantenimiento, situación que representa un problema común. En tal sentido, la intervención de los programas o proyectos viales para los centros poblados del ámbito rural o vecinal debe ser integral, es decir deben atender las necesidades de mantenimiento oportuno, con los materiales y las especificaciones técnicas con la cual fueron aprobados los expedientes técnicos de obra (Salvo que estén formulados de manera deficiente); en este contexto la población de las localidades de Picota y Caspizapa, carece de este componente de manera integral, lo que representa un riesgo al transporte de personas y vehículos.

Por lo expuesto líneas arriba, se ve necesario realizar el estudio de evaluación del pavimento y su relación con la conservación vial.

1.4 Problema general

- ¿Cómo se determinará la evaluación del reciclado de pavimento y su relación con la conservación de la infraestructura vial, caso: Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa – 2020?

1.5 Problemas específicos

- ¿Cómo se evaluará el servicio de reciclado de pavimento en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa (del km 681+200 al km 692+200) – 2020?
- ¿Cómo se evaluará la conservación de la infraestructura vial, en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa – 2020?

1.6 Objetivo General

- Determinar la evaluación del reciclado de pavimento y su relación con la conservación de la infraestructura vial, caso: Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa – 2020

1.7 Objetivos específicos

- Evaluar la propuesta del servicio de reciclado del pavimento en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa (del km 681+200 al km 692+200) - 2020.
- Evaluar la conservación de la infraestructura vial, en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa – 2020.

1.8 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación “EVALUACIÓN DEL RECICLADO DE PAVIMENTO Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, CASO: CARRETERA TARAPOTO - TINGO MARÍA: TRAMO, PICOTA – CASPIZAPA - 2020”, se justifica, porque las condiciones actuales que presenta el tramo en investigación, evidencia deterioro a nivel funcional y estructural de la carpeta asfáltica, como producto de esta investigación podemos emitir un juicio crítico con la que podamos ratificar la intervención o sugerir otras que consideremos adecuadas para que los usuarios haga uso de esta carretera con seguridad, comodidad y economía.

1.9 Antecedentes del estudio:

Tafur, Nancy (2005). En su tesis Titulada: “Criterios de Evaluación para Reciclado de Mezclas Asfálticas. Aplicación a la Carretera San Mateo - La Oroya Tramo III” - Universidad Nacional de Ingeniería. Que llegan a las siguientes conclusiones:

- Los acopios del RAP procedentes del fresado de la carpeta asfáltica antigua, se pueden utilizar siguiendo este proceso propuesto en la pavimentación de caminos secundarios, calles de los diferentes pueblos que se encuentran a lo largo de la carretera rehabilitada, tales como Marcavalle, La Oroya, Sacco, Martunel, Morococha, Chicla y San Mateo. Será necesario realizar una mayor investigación del RAP procedente de la carpeta antigua para poder utilizarlo con una mayor confiabilidad en la ejecución de estos trabajos.
- Al constituir el Reciclado una alternativa de Rehabilitación, se debe efectuar la Evaluación Integral del Pavimento, para determinar su condición existente, a fin de establecer en base a los resultados la factibilidad de la aplicación de esta solución.
- No todos los materiales son susceptibles de ser reciclados de forma efectiva y económica. Cualquier operación de reciclado requiere un estudio previo de las secciones y de los materiales, que generalmente suele ser largo y costoso. Usualmente los pavimentos indicados para reciclado son viejos pavimentos asfálticos, dichos pavimentos adolecerán de figuración y desintegración severa.
- Los Métodos de diseño planteados están en función a los equipos disponibles en el medio, es decir se han empleado para el Reciclado en Caliente el Método Marshall y para el Reciclado en Frío se propuso el Método Marshall Modificado.

Velásquez, Silvestre (2017). En su Tesis Titulada “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima, 2017” - Universidad Cesar Vallejo Lima – Perú. Que llegan a las siguientes conclusiones:

- Todos los ensayos se realizaron por el método de modificación de la mezcla asfáltica por la vía seca ya que el plástico se utilizó como un agregado más reemplazando el 1% del agregado fino, existiendo la posibilidad de realizarse por vía húmeda modificando directamente al cemento asfáltico.
- Habiéndose realizado tres ensayos Marshall de la mezcla asfáltica modificada con plástico, con 45 briquetas como muestra con diferentes porcentajes de plástico (PET) con un 0.5%, 1% y 1.5% del agregado fino, se llegó a verificar que el contenido óptimo con el cual mejora las características físicas y estructurales la mezcla asfáltica es 1%. y un ensayo Marshall de la mezcla tradicional con 15 muestras de briquetas.
- La relación entre las deformaciones y la capacidad para soportar cargas de la mezcla asfáltica modificada con plástico se incrementa en un 4.49 % en comparación a la mezcla asfáltica tradicional lo cual hace que sea mucho más resistente a la hora de soportar cargas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados en esta investigación se observa que el plástico (PET) triturado pasante a la malla #16 hace que la mezcla obtenga un mejor comportamiento en cuanto al porcentaje de vacíos obteniendo un 2.5% de reducción de vacíos en comparación al tradicional lo cual mejora la estabilidad.
- En la investigación se comprueba que existe una reducción de la densidad de la mezcla en un 1.7% mejorando la productividad de la producción y colocación.

Chuman, Jorge (2016). En su Tesis Titulada “Reutilización de Pavimento Flexible Envejecido Mediante el Empleo de una Planta Procesadora de Mezcla Asfáltica en Caliente para Pavimentos en Huancayo, 2016” – Universidad Peruana Los Andes, Huancayo – Perú. Que llegan a las siguientes conclusiones:

- La ejecución de una mezcla experimental con el empleo de residuos de un pavimento flexible envejecido ha sido viable su reutilización en una planta procesadora de mezcla asfáltica en caliente, con las condiciones adecuadas de un procesamiento del material, cumpliendo con las especificaciones técnicas y de calidad para un pavimento flexible.
- Los resultados de la ejecución de una mezcla experimental mediante el método Marshall, han comprobado la factibilidad de reutilización de una parte del material residuos de un pavimento flexible, como aporte de la mezcla asfáltica procesada en una planta asfáltica en caliente.
- Con la ejecución de la mezcla asfáltica con el empleo de una parte de residuos de un pavimento flexible envejecido, se ha logrado resultados satisfactorios, que han permitido determinar la Estabilidad y el Flujo como parámetros medibles de calidad de una mezcla asfáltica.

1.10 Bases Teóricas

1.10.1 INTRODUCCIÓN AL RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

El pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y de las inclemencias climatológicas. Estos dos factores, junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el pavimento sufra un proceso de progresivo deterioro. Este envejecimiento y deterioro de los pavimentos conllevan una disminución progresiva en los niveles de seguridad y confort del tráfico, que al sobrepasar ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación y/o mantenimiento.

En nuestro medio a nivel nacional y local, las entidades encargadas de las vías, a nivel nacional (MTC – Provias Nacional), a nivel regional (Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones) y a nivel local (Municipios Provincial y Distrital) se han dedicado a trabajos de conservación de los pavimentos (recapeado, resellado reparación de baches, etc.), que viene sufriendo deterioros y han disminuido los niveles de seguridad y confort que deben prestar a los usuarios, toda vez que los bacheos o parches no recuperan sus características iniciales, únicamente salvan los defectos graves y paulatinamente se van deteriorando.

Los desechos o residuos de los materiales de los pavimentos envejecidos que se eliminan al rehabilitar las vías, son eliminados y ubicados en diversos lugares que contaminan el medio. Para estas entidades que ejecutan la construcción de nuevos pavimentos, representan un material inservible que les ocasiona problemas relacionados con la adquisición de nuevos materiales, por la carencia de canteras adecuadas, depredación de los ríos, etc., resultando contraproducente desde el punto de vista técnico, toda vez que los materiales reciclados pese a indicarse que son envejecidos, aún conservan sus características físicas, ya que requieren adicionarse de un porcentaje de entre 1% a 3% de cemento asfáltico,

comparativamente a una nueva mezcla asfáltica requiere un promedio de 6 % del material.

Con las premisas de conservación del medio ambiente, ahorro de costos de transporte, adquisición de materiales nuevos, la escasa energía necesitada para la producción de mezcla asfáltica reciclada, logran un importante ahorro energético comparativamente a la construcción convencional de pavimentos. El empleo de material reciclado se considera una técnica de rehabilitación de carreteras que comprende en la reutilización de los materiales provenientes de las capas de un pavimento que ha cumplido con el tiempo de servicio y han perdido propiedades parte de sus propiedades físicas, pero pueden ser reutilizados. En este contexto, el material reciclado, como medio de racionalizar los recursos, se convierte en una necesidad.

1.10.2 MATERIAL RECICLADO

El reciclado se entiende por la reutilización de materiales para la construcción de una nueva capa mediante la disgregación de los componentes de un pavimento en una determinada profundidad, y la adición de un conglomerante/ aglomerante (cemento asfáltico, emulsión, betún espumado), agua (para la hidratación, amasamiento y compactación), eventualmente agregados (a fin de corregir las deficiencias granulométricas) más algún aditivo.

Indefectiblemente el reciclado es una técnica de rehabilitación de carreteras que consiste en la reutilización de los materiales procedentes de las capas del pavimento que han estado en servicio, estos materiales pueden haber perdido alguna de sus propiedades iniciales por el uso o envejecimiento (cohesión, textura, composición, geometría, etc.) pero también existe la premisa que estos materiales tiene el potencial de ser reutilizados y retornen a formar nuevas capas de un pavimento nuevo.

Un objetivo de cumplir con el empleo de material reciclado es reducir el consumo de recursos, estos son recursos naturales y recursos energéticos, que deben lograr la disminución de los desechos provenientes de estos materiales, reduciendo el impacto ambiental que generan, por tanto, la carretera rehabilitada o nueva cumpliría la función de cantera por su abastecimiento de materiales y de botadero al reabsorber los materiales que se tenían que eliminar.

El material reciclable puede provenir de todo tipo de pavimento flexible, de carreteras de alto, medio o bajo volumen de tránsito, caminos nacionales, departamentales, calles urbanas, pistas de aeropuertos, playas de estacionamiento, etc.

Las técnicas de obtención de este material reciclable pueden ser mediante una máquina fresadora o escarificadora, pero la más adecuada se considera la obtenida mediante el proceso de recuperación en una trituradora de agregados.

De acuerdo a normatividad vigente, se tiene los requerimientos para el agregado grueso de adición en mezclas recicladas en caliente:

Tabla 1 Requerimiento de Agregados Gruesos de Adición en Mezclas recicladas en Caliente

		Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
			≤ 0,3	> 0,3 - 3	> 3
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	25% máx.	25% máx.	25% máx.
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428		25% máx.	20% máx.
10 % de finos (KN)	Seco	BS 812 Part 110			110 min.
	Relación Húmedo/seco				75% min.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio		MTC E 209	18 % máx.	18 % máx.	18 % máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1cara/2 caras		MTC E 210	75 / --	75 / 60	85 / 70
Coeficiente de resistencia la deslizamiento		ASTM E 303	0,45 min.	0,45 min.	0,45 min.
Partículas chatas y alargadas		ASTM D 4791	10% máx.	10% máx.	10% máx.

*Fuente: MANUAL DE CARRETERAS” Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”
EG – 2013.*

De acuerdo a normatividad vigente en el manual de carreteras Especificaciones técnicas generales para construcción” EG – 2013, se tiene los requerimientos para el agregado fino de adición (2) en mezclas recicladas en caliente.

Tabla 2: Requerimiento de Agregados Finos de Adición en Mezclas Recicladas en caliente

Ensayo	Ensayo	Requerimiento según el tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0.3	$> 0.3 - 3$	> 3
Durabilidad al sulfato de Magnesio	MTC E 209	18 % máx.	18 % máx.	18 % máx.
Angularidad	ASTM D 1252	40 % mín.	45 % mín.	45 % mín.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114	50 % mín.	50 % mín.	50 % mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5 % máx.	0.5 % máx.	0.5 % máx.

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS” Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG – 2013.

1.10.3 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS CON EL EMPLEO DE MATERIAL RECICLABLE.

Las técnicas convencionales o clásicas para la rehabilitación de pavimentos, se trata de técnicas usuales de empleo generalizado; en la actualidad con estos métodos, los deterioros más importantes se corrigen y/o reparan colocando una capa de refuerzo superficial a base de materiales vírgenes y/o reciclados. Si las fallas o deterioros son de mayor importancia y envergadura; se procede a eliminar el grosor o espesor defectuoso substituyendo por nuevas capas bituminosas o asfálticas.

De las técnicas de reciclado más comunes y utilizadas se tiene:

- Reciclado “in situ” en caliente.
- Reciclado “in situ” en frío con cemento.
- Reciclado “in situ” en frío con emulsiones bituminosas
- Reciclado “in situ” en planta.

- **Reciclado “in situ” en caliente**

Reciclar in situ, como su nombre propio lo menciona, se efectúa en el mismo lugar y es empleado cuando no existen problemas de insuficiencia estructural en los pavimentos, sino cuando hay problemas con la función del ligante asfáltico, excesivo pulimento de la superficie, desgaste de los áridos o pérdida de la textura superficial, este reutiliza la totalidad de los materiales extraídos del firme envejecido mediante un tratamiento con aportación de calor que se realiza en el mismo lugar de la obra. El pavimento envejecido se calienta mediante unos quemadores y se fresa un espesor determinado. Este material es mezclado necesariamente con agentes químicos rejuvenecedores y con una nueva mezcla. Finalmente, la nueva mezcla se extiende y se compacta mediante los procedimientos convencionales. Las desventajas que presenta este método es que necesariamente requiere de la incorporación de agentes químicos a fin de que el material asfáltico mejore sus características y logre una mezcla asfáltica de calidad.

- **Reciclado "in situ" en frío con cemento.**

Esta técnica se basa en el fresado (cortar la capa de rodadura mediante el empleo de equipo mecánico “escarificador”) en frío de un cierto espesor del pavimento envejecido y mezclado con un conglomerante hidráulico (cemento normalmente). El nuevo material se extiende y se compacta obteniendo una sólida base para posteriores refuerzos.

El reciclado in situ con cemento es una alternativa para el refuerzo estructural de pavimentos envejecidos y de aceptación regular. Ello es debido a varios factores: los avances mínimos logrados en las recicladoras, los distribuidores de conglomerante y los equipos de compactación; un mejor conocimiento de las propiedades de los materiales reciclados con cemento; el comportamiento de muchos pavimentos reciclados con esta técnica; la posibilidad de contar con

Entidades de gran experiencia; y la reducción de los costos que es posible conseguir en comparación con otras opciones de rehabilitación.

Debido al contenido de cemento portland las mezclas recicladas presentan un cierto grado de rigidez, y en zonas frías de altitudes por encima de los 3800 msnm., pueden presentar fisuras en la capa de rodadura por efectos de la contracción y rigidez en la mezcla asfáltica.

- **Reciclado “in situ” en frío con emulsiones bituminosas**

El reciclado en frío "in situ" de pavimentos en las carreteras consiste en la reutilización de materiales procedentes de las capas del pavimento existente, después de su disgregación por fresado, de su mezclado y homogeneización con emulsión bituminosa, agua de envuelta y, eventualmente, árido de corrección y aditivos, y de su extendido y compactación en el propio lugar de extracción.

Esta técnica, permite reutilizar la totalidad de los materiales extraídos del pavimento envejecido en condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales muy favorables.

Las desventajas que presenta es la parte económica, puesto que el costo de la emulsión supera considerablemente a los diversos métodos de reciclado, más aún considerando que debe tenerse un extremado cuidado en la obtención, acopio o almacenamiento del material reciclado y su aplicación en la mezcla nueva, toda vez que el efecto que debe producir los componentes de la emulsión como son las animas, pueden reaccionar y deteriorarse y no producir el efecto deseado en la mezcla.

- **Reciclado “in situ” en planta procesadora en caliente**

Este método de reciclado se logra mediante el transporte del material frezado o recuperado (puede ser todo el espesor de la capa) de un pavimento existente a un depósito central, donde el material se clasifica y

se mezclan en caliente con áridos nuevos o vírgenes, trabaja con una unidad de procesamiento (Planta procesadora de mezcla asfáltica de tipo continuo).

Este procedimiento permite reciclar el conjunto o sólo una cierta proporción de material envejecido mediante una central asfáltica adaptada (la Planta debe contar con un componente para ingreso del material reciclado). El porcentaje de material envejecido relativamente bajo, esta metodología permite corregir problemas graves de dosificación o calidad de los materiales.

El material recuperado del pavimento se puede tratar previamente en una Planta chancadora con el objeto de mejorar sus características físicas, durante el machaqueo o fragmentación de la mezcla reciclada, se puede distinguir de tres ases: machaqueo (en la trituradora secundaria) , clasificación/cribado (en la zaranda vibratoria y homogenización (en las pilas de acopio) y así conseguir mayores porcentajes granulométricos y/o clasificación granulométrica del material a fin de conseguir una adecuada dosificación en la nueva mezcla.

El almacenamiento en pilas requiere de la disponibilidad de grandes extensiones de espacio y cercanos a la planta procesadora de mezcla asfáltica, realizándose un adecuado almacenamiento que puede ser: por tamaño máximo de partícula, granulometría, tipo de asfalto (cemento asfáltico, asfalto diluido o asfalto emulsionado), origen del material (cantera cerro o río).

Otra de las grandes ventajas que presenta este método de reciclado en planta es que el asfalto al ingresar nuevamente a una zona caliente pierde viscosidad y se desprende de los agregados viejos y nuevamente se mezcla con el asfalto nuevo recuperando de esta forma sus características químicas (asfáltenos) y los áridos o agregado de mezcla

con los agregados vírgenes o nuevos, otorgándole la opción de ser en su totalidad una mezcla nueva con el aporte de material reciclado.

- **PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

Las “Plantas de asfalto”, como comúnmente suele llamárseles en el mercado, tanto por los fabricantes, comerciantes y operadores de estos equipos, la mayoría de veces refiriéndose a las plantas para la producción de mezcla asfáltica en caliente, difieren de las plantas para la producción de asfalto en frío, en que los agregados son secados y mezclados a temperaturas de entre 150 °C a 180° C, dependiendo esto de las condiciones de diseño de la planta y de las especificaciones para el tipo de mezcla a producir. Técnicamente, podríamos describir una “Planta de Asfalto” como el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistema dispuestos de alguna manera para producir mezcla asfáltica en caliente.

El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados, siendo, ésta por peso, al igual que el cemento asfáltico en una forma fluida y controlada en peso, y condiciones adecuadas de temperatura; condiciones de los materiales para obtener una mezcla asfáltica adecuada bajo las condiciones de calidad.

Para poder lograr esto, es necesario cuidar el buen desempeño de todos los elementos que integran la planta, desde el montaje, operación-control y mantenimiento.

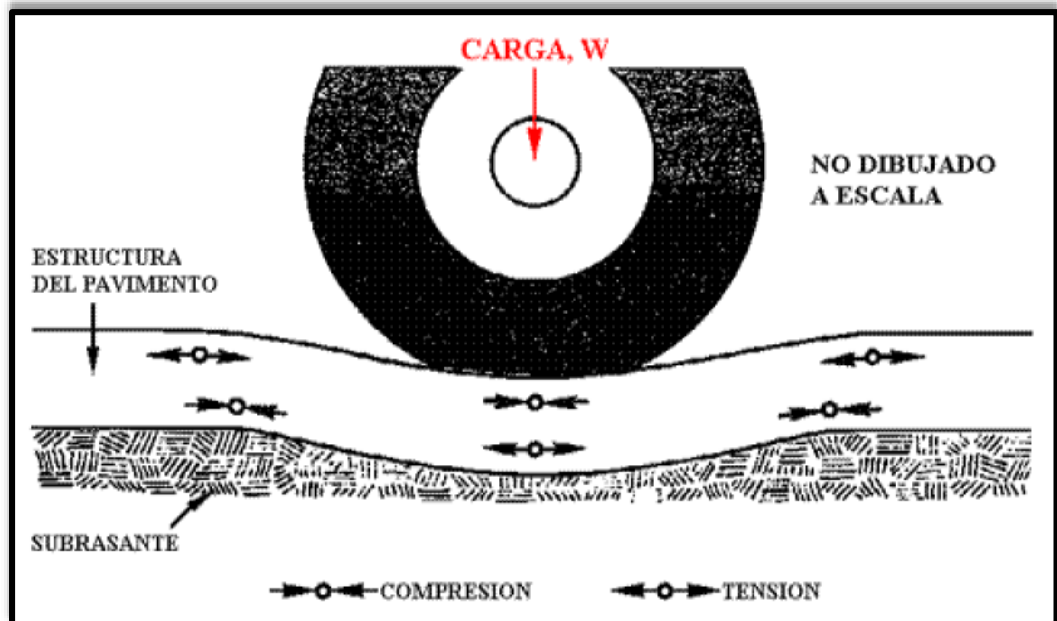
- **DEFORMACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA**

Una distinción entre una carpeta inflexible, y concreto hidráulico, es que cada uno de ellos absorbe y transmite los montones a las capas básicas del asfalto. Como se comprueba que un organizador inflexible ingesta las pilas distribuidas, debido a su carácter de material inflexible, la propiedad

con la cual no numera una carpeta asfáltica, sobre la base de que, debido a su temperamento, un organizador asfáltico tiene la carga directamente, Lo deforma y lo transmite en una forma apropiada a la capa inferior.

La figura muestra esquemáticamente la torsión en la mitad izquierda de un organizador de asfalto, mientras que en el lado correcto la envoltura inflexible está desfigurada.

Ilustración 1: Deformación de la Carpeta Asfáltica



Fuente: Deformaciones Permanentes en mezclas asfálticas. Mórea, Francisco, 2011. p 35.

Con la posibilidad de que la carga esta aplicada esta oportunidad producida de que es excesivamente inflexible, esto producirá grietas inmutables en la superficie de apoyo.

En el suelo adaptable se produce una torsión sin cambios cuando se agregan agregados de desfiguración plástica, con cargas recalentadas a altas temperaturas incluidas entre 40 ° C y 65 ° C (sobre el propósito de ablandamiento de la parte superior negra), tal como se ha dicho anteriormente está soportado por cargas elevadas y tiempos de uso moderados o retardados. Los elementos que soportan la presencia de deformaciones perpetuas son los altos pesos de hinchamiento de los

neumáticos de los vehículos, a pesar de que esto no depende del modelista, de una sustancia asfáltica alta en la mezcla, de la utilización de totales alargados y redonda, a pesar de la afición del pétreo a la humedad.

- **MEZCLA ASFÁLTICA**

“Es la capa de superficie para pavimentos, constituida de agregados pétreos mezclados con material bituminoso; en planta central, en caliente o en frío, o bien en el camino. La mezcla puede ser de textura abierta o cerrada dependiendo de las características de graduación de los agregados pétreos”. Las mezclas asfálticas en caliente están constituidas por dos materiales: agregados pétreos y cemento asfáltico. Los agregados pétreos se clasifican por tamaños, generalmente divididos en tres grupos: Agregados gruesos, agregados finos y rellenos minerales. Cada uno de los componentes de la mezcla tiene una función especial y depende del diseño y de la dosificación de los mismos, asegurar que no se descuide ninguna de esas funciones. La función del agregado pétreo es soportar las cargas aplicadas a la estructura del pavimento, donde intervienen las resistencias al desgaste por fricción y la adherencia entre los fragmentos individuales de los agregados. Los agregados con formas angulosas y superficie áspera hacen más estables las mezclas asfálticas.

En las mezclas se utilizan agregados que están natural o artificialmente bien graduados, esto significa que existirán espacios determinados, entre estos; el agregado fino sirve para rellenar estos vacíos. El agregado fino influye en la densidad, y por lo tanto en la resistencia, la granulometría influye en la manejabilidad. Cuando se utiliza un exceso de agregado grueso, la mezcla se hace áspera y dura para manejarse. Cuando se usa un exceso de relleno mineral la mezcla se hace viscosa y también difícil de manejar.

El cemento asfáltico es el encargado de adherir entre sí, los agregados pétreos; todas las partículas y de impermeabilizar el pavimento.

Para cualquiera de los métodos de diseño uno de los objetivos principales es la obtención de la mejor proporción del cemento asfáltico, para cada combinación predeterminada de los agregados. Conocer la proporción correcta de cemento asfáltico influye mucho en todos los factores que permiten obtener una buena mezcla, además de reducir los costos, debido a la correcta utilización principalmente del cemento asfáltico.

Considerando la mezcla de agregados sin asfalto, todo el espacio entre sus partículas está vacío, el volumen de estos vacíos de los agregados depende de la granulometría y puede variar; Cuando se añade el cemento asfáltico se llena una porción de estos vacíos llenos de aire, los que son muy importantes para las características de la mezcla. Se usa el término vacíos llenos de aire, ya que estos no pesan y se expresan como porcentaje total de la mezcla compactada.

El cemento asfáltico experimenta cambios de volumen, dependiendo de la temperatura y si la carpeta asfáltica no tiene vacíos llenos de aire cuando se coloca, o los pierde por efecto del tránsito, entonces al dilatarse el asfalto, brotará en la superficie, condición llamada afloramiento.

- **GRADACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)**

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los usos granulométricos, especificados en la siguiente tabla, alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la norma ASTM D 3515, también puede emplearse Instituto del Asfalto.

Tabla 3: Gradación de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

FUENTE: EG 2013- Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras.

- **COMPOSICIÓN DEL ASFALTO**

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, en el cual es difícil establecer una distinción clara entre la fase continua y la dispersa. Las primeras experiencias para describir su estructura, fueron desarrolladas por Nellensteyn en 1924, cuyo modelo fue mejorado más tarde por Pfeiffer y Saal en 1940, en base a limitados procedimientos analíticos disponibles en aquellos años. El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, el cual provee de una razonable explicación de dicha estructura, en el cual existen dos fases; una discontinua (aromática) formada por dos asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfáltenos, denominada máltenos. Las resinas contenidas en los máltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera asfáltenos insolubles. Los máltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

Tabla 4: Composición de Elementos del Asfalto

ELEMENTO	PORCENTAJE
Carbono	50 %
Oxígeno	20 %
Nitrógeno	14 %
Hidrogeno	8 %
Fósforo	3 %
Azufre	1 %
Potasio	1 %
Calcio	0.5 %
Magnesio	0.5 %
Hierro	0.2 %

Fuente: REPSOL – PETRO PERU.

Asfaltos derivados de petróleo

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad. Sin embargo, existen algunos petróleos crudos, que no contienen asfalto. Con base a la proporción de asfalto que poseen los petróleos se clasifican en:

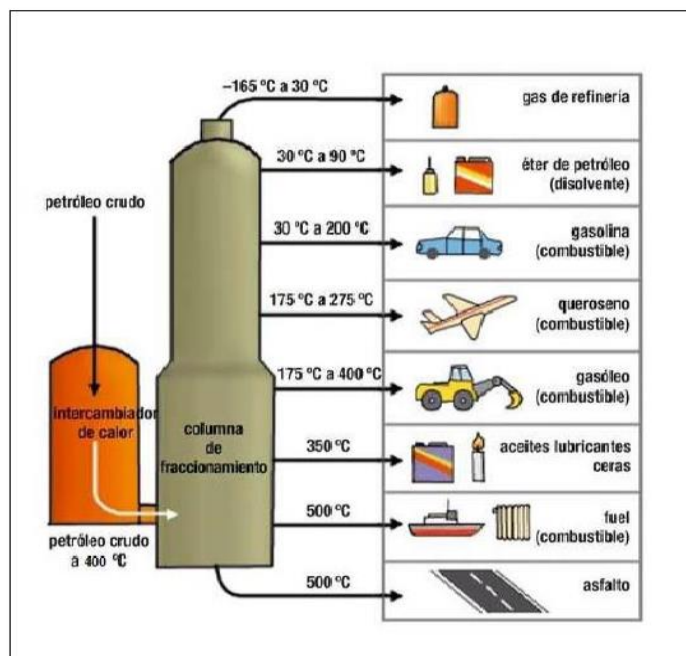
- Petróleos crudos de base asfáltica.
- Petróleos crudos de base parafínica.
- Petróleos crudos de base mixta (contienen parafina y asfalto).

El asfalto procedente de ciertos crudos ricos en parafina no es apto para fines viales, por cuanto precipita a temperaturas bajas, formando una segunda fase discontinua, lo que da como resultado

propiedades indeseables, tal como la pérdida de ductilidad. Con los crudos asfálticos esto no sucede, dada su composición.

El petróleo crudo extraído de los pozos, es sometido a un proceso de destilación en el cual se separan las fracciones livianas como la nafta y kerosén de la base asfáltica mediante la vaporización, fraccionamiento y condensación de las mismas. En consecuencia, el asfalto es obtenido como un producto residual del proceso anterior. El asfalto es además un material bituminoso pues contiene betún, el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS_2). El alquitrán obtenido de la destilación destructiva de un carbón graso, también contiene betún, por lo tanto, también es un material bituminoso, pero no debe confundirse con el asfalto, ya que sus propiedades difieren considerablemente. El alquitrán tiene bajo contenido de betún, mientras que el asfalto está compuesto casi enteramente por betún, entre otros compuestos.

Ilustración 2: Proceso de Destilación del Cemento Asfáltico



FUENTE: REPSOL

1.10.4 SERVICIO DE CONSERVACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN Y/O REPOSICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

De acuerdo con las convenciones establecidas a nivel país, la conservación de un activo vial, corresponde al conjunto de operaciones de mantenimiento o refuerzo que se ejecutan para reponer el estándar estructural, funcional y de servicio de carreteras, puentes y estructuras en general, incluyendo las obras que permitan mantener la serviciabilidad dentro de los márgenes previstos, considerando acciones de repavimentación cuando los indicadores respectivos así lo determinen.

1.11 ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica comprende la recolección y procesamiento de toda la información requerida para llevar a cabo el diseño ejecutivo como: Ingeniería de tránsito para cuantificar y tipificar los flujos, caracterizar la demanda, estimar incidencia de cargas de tráfico de cara al diseño de pavimentos.

Con propósitos similares, mecánica de suelos, inventario de daños para establecer la condición superficial de la estructura de pavimento actual, medición de la irregularidad para establecer la condición funcional, medición de deflexiones para evaluación indirecta de la rigidez y condición estructural actual del paquete de pavimento. Igualmente, inventario de obras de arte y drenaje para calificar su condición estructural.

A continuación, definiremos algunos estudios básicos, y la forma en que se registraran los datos para su posterior procesamiento de información, estas bases teóricas fueron tomadas del Diseño ejecutivo del Programa de Trabajo del servicio de reciclado de la carretera Tarapoto-Tingo María, Tramo: Picota-Caspizapa.

1.11.1 Conteo Vehicular:

El conteo vehicular, tiene como propósito principal la cuantificación del tráfico en términos de ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño considerado.

El conteo vehicular se realizará de acuerdo con los parámetros establecidos en el Manual para Estudios de Tráfico de la Oficina General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPP-MTC).

El método que se empleara será de aforo directo, donde cada clasificador anotara el paso de cada vehículo llenando un formato especializado.

En cada locación, para calcular el volumen de tráfico se empleará al menos un clasificador por cada sentido de tráfico y dos clasificadores en hora punta.

Para el volumen vehicular, se empleará el conteo manual para el aforo de los vehículos ligeros y se tabulo de forma manual el registro de los vehículos pesados de carga y pasajeros.

Para el conteo, los vehículos serán clasificados según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de acuerdo a la configuración vehicular aprobada en el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, así:

Vehículos Livianos : Automóvil, camioneta, camionetas rurales (combi), pick-up, SUV 4x4 y Microbuses.

Buses	Buses de 2, 3 y 4 ejes (B2, B3 y B4)
C2	Camión de 2 ejes (2 ejes simples)
C3	Camión de 3 ejes (1 eje simple y 1 eje doble)
C4	Camión de 4 ejes (1 eje simple y 1 eje triple)
T2S1 (2S1)	Semitrayler (3 ejes simples)
T2S2 (2S2)	Semitrayler (3 ejes, 2 simples y 1 eje doble)

T2S3 (2S3)	Semitrayler (3 ejes, 2 simples y 1 eje triple)
T3S2 (3S2)	Semitrayler (3 ejes, 1 simples y 2 ejes dobles)
T3S3 (3S3)	Semitrayler (3 ejes, 1 simple, 1 eje doble y 1 eje triple)
C3R2 (3T2)	Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes simples)
C3R3 (3T3)	Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes, uno simple y otro doble)
C4R2 (4T2)	Trayler (Camión C4+carreta de 2 eje simples)
E7	Vehículos especiales con 7 ejes (biarticulados o doble semirremolque).

1.11.2 Análisis Estructural por Componentes (Mecánica de Suelos).

Para el tramo Picota - Caspizapa, se realizará una prospección de suelos que incluyó la ejecución de 23 calicatas distribuidas en el tramo Picota – Caspizapa, estas prospecciones han sido realizadas por fuera de la temporada de lluvias o riego de sembradíos de arrozales evitando así ser contaminar las muestras extraídas.

La mencionada prospección de Suelos, tendrá como objetivo principal la caracterización del suelo de subrasante de la vía, entregando como parámetro principal la resistencia indirecta al corte en términos de CBR para el diseño de las obras de conservación.

1.11.3 Medición del IRI

Dicha medición se efectuará en el tramo, para cuantificar la condición funcional actual de la vía. Al respecto se realizarán 3 pasadas por cada carril con un perfilómetro láser Dynatest, tipo Mark IV, acoplado a un vehículo que se desplazara a velocidad del tránsito característico del tramo.

1.11.4 Evaluación No Destructiva (Deflectometría)

La Evaluación No Destructiva se realizará mediante Deflectometría de Impacto con FWD (Falling Weight Deflectometer), fabricado por DYNATEST en puntos ubicados cada 100 m/km al tres boliche o cada 200 m por cada carril.

El sistema mide la deflexión producida en la superficie del pavimento al aplicarle una carga perpendicular pre establecida a través de una placa circular que se apoya sobre el pavimento, la fuerza dinámica se aplica mediante una masa que se deja caer desde una altura determinada (Falling Weight) produciendo un impacto de muy breve duración cuyo valor de pico define la magnitud de la fuerza, el valor se establece con anterioridad y se mide durante la ejecución del ensayo.

Las deflexiones producidas son medidas por medio de un grupo de geófonos (sensores) y registradas automáticamente en un computador portátil ubicado en el vehículo que arrastra y controla el sistema de medición, de esta manera se asegura la determinación de la curva completa del cuenco de deflexiones.

1.11.5 Evaluación Superficial (inventario de Daños)

Para las rutas o tramos con pavimentos flexibles o soluciones básicas con superficie de rodadura asfáltica, se utilizará el Índice de Condición del Pavimento (PCI), especificado por la Norma ASTM D 6433 (03), Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

La evaluación superficial consiste en un inventario de daños de la superficie del pavimento, que puede ser cuantificado, generalmente mediante un índice de condición o estado.

1.12 Definición de términos básicos

➤ TRANSPORTE

El transporte es una actividad del sector terciario, entendida como el desplazamiento de objetos o personas de un lugar (punto de origen) a otro (punto de destino) en un vehículo (medio o sistema de transporte) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte).

➤ VÍAS DE COMUNICACIÓN:

Una vía es una infraestructura de transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. En el Perú para el desarrollo de una vía de comunicación, la primera condición que presenta es su difícil, variada y accidentada geografía.

➤ NIVELES DE SERVICIO:

Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y vahan de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

➤ CONSERVACIÓN VIAL:

La conservación vial es un proceso que involucra actividades de obras e instalaciones, que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial. Para la ejecución de la conservación vial, se requiere tener una asignación presupuestal anual de recursos económicos, personal capacitado y utilizar máquinas y herramientas; cuyo costo se asigna en el presupuesto anual de la entidad competente de la gestión vial.

➤ **IRI:**

El IRI, (Índice de Regularidad Internacional), es una medida del perfil de la vía, que da cuenta en términos generales de las variaciones del mismo en una longitud determinada, estando asociado al deterioro o sobresaltos constructivos, se expresa en m/km.

➤ **ASFALTO:**

Para (Reyes, 2003, p.45). “El asfalto es como betún, es un material muy útil que está compuesto por agregados del petróleo, constituido por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad”

“Está integrado por asfáltenos, resinas y aceites, de lo cual genera la consistencia, aglutinación y ductilidad, tiene que estar sometido a una temperatura normal, cuando se calienta su composición se vuelve líquido” (Reyes, 2003, párr. 3).

➤ **PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO:** Pavimento asfáltico reciclado (RAP, por sus siglas en inglés) es el término que se le da a los materiales del pavimento removidos y/o reprocesados que contienen asfalto y agregados. Estos materiales se generan cuando los pavimentos asfálticos son removidos para reconstrucción o rehabilitación. Cuando se tritura y tamiza apropiadamente, el RAP consiste en agregados de alta calidad, bien distribuidos recubiertos por asfalto

➤ **EMULSIONES ASFÁLTICAS:**

Una emulsión asfáltica es simplemente la suspensión de pequeños glóbulos de asfalto en agua, la cual es asistida por un agente emulsificante (como por ejemplo una solución jabonosa). El agente emulsificante actúa al impartir una carga eléctrica a la superficie de los glóbulos de asfalto, de manera que estos no se aglomeren.

➤ **ASFALTO DE CURADO RÁPIDO:**

Asfaltos rebajados de fraguado rápido, son cementos asfálticos diluidos con un destilado de petróleo tal como la gasolina, que se evapora

rápido. Los productos de curado rápido se emplean cuando se desea un cambio rápido del estado líquido de aplicación al cemento asfáltico original.

- **FISURA:** La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de cargas, en donde desarrollan un parecido con la piel de cocodrilo. Este tipo de daño no es común en carpetas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón. También llamada piel de cocodrilo.
- **AHUELLAMIENTO:** fenómeno de ahuellamiento es uno de los principales mecanismos de daño de capas asfálticas en estructuras de pavimentos flexibles y semirrígidos. Este fenómeno puede definirse como la deformación vertical permanente que se va acumulando en el pavimento debido al paso repetitivo de los vehículos, el cual genera la formación de delgadas depresiones longitudinales a lo largo de la trayectoria de las llantas.
- **LIGANTE ASFALTICO:** Los ligantes son materiales cuya función principal es la de pegar o unir, reciben este nombre porque experimentan una transformación en su morfología física o química o incluso en ambas, al dar cohesión entre dos o más elementos.

1.13 Hipótesis

1.13.1 HIPÓTESIS GENERAL

- Existe una relación significativa entre el reciclado del pavimento y la conservación de la infraestructura vial, caso: Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa (del km 681+200 al km 692+200) – 2020.

1.13.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La propuesta del servicio de reciclado del pavimento influye significativamente a mejorar las condiciones del pavimento en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa (del km 681+200 al km 692+200) - 2020.
- La conservación de la infraestructura vial, mejorará significativamente en las condiciones de transitabilidad en la Carretera Tarapoto – Tingo María: tramo Picota – Caspizapa – 2020.

1.14 Variables

1.14.1 Variable Independiente

Conservación de la infraestructura vial.

1.14.2 Variable Dependiente

Reciclado del Pavimento.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

- **Tipo de Investigación**

La investigación es de tipo descriptivo.

- **Diseño de Investigación (Picota - Caspizapa)**

El diseño de la investigación corresponde a un estudio descriptivo cuyo esquema está dedicado a la evaluación de variables.

2.2 Población y Muestra

- **Población:** Carretera Tarapoto – Tingo María.

- **Muestra:** Tramo: Picota (Km. 682+200) – Caspizapa (Km. 692+200).

2.3 Técnicas, Instrumentos, Procedimientos de Recolección de Datos

- **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Conocimiento del servicio de reciclado de pavimentos.

- **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Formatos, reglamentos y normas que se utilizan para el servicio de reciclado de pavimentos.

- **PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Nos basamos en las normas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.4 Procesamiento, Análisis e Interpretación de los Datos.

- ✓ El recojo de los datos de campo se hará en forma manual y con equipos, y luego se hará un procesamiento computarizado.
- ✓ El análisis e interpretación de datos se realizará de acuerdo a la Normas Técnicas del MTC.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

Luego de recolectar los datos para evaluar el servicio de reciclado de pavimento y la relación que guarda con la conservación vial, para dicho análisis, se consideraron diversos análisis, ensayos y pruebas realizados por la empresa, cuyos resultados se exponen a continuación.

3.1.1 Condición Actual y Descripción del Tramo.

El tramo en análisis, tiene una longitud total de 11.00 Km, comprendidos entre el Km 681+200 y 692+200 de la carretera Picota – Caspizapa. Presenta un alineamiento parcialmente recto y un perfil longitudinal predominantemente plano, con una pendiente ligera promedio de 3.5% lo cual es permitido por el relieve donde se encuentra emplazado. La plataforma tiene un ancho aproximado de 8.2 m, en el cual se configura una calzada bidireccional de 7.6 m de ancho y bermas de 0.3 m a cada lado, el bombeo es a 2 aguas, la rodadura corresponde a una carpeta asfáltica en mal estado.

La zona de emplazamiento es de vocación agrícola, principalmente, por lo cual se localiza de manera adyacente a la vía, haciendas de cultivos de permanente riego, aspecto relevante en el comportamiento de la subrasante.

3.1.2 Resultados Directos del Conteo Vehicular:

La estación de aforo vehicular representativa para este tramo se localizó en el Km 689+140, denominada Nueva Unión. Para el conteo, los vehículos fueron clasificados según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de acuerdo a la configuración vehicular aprobada en el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.

En el tramo Picota - Caspizapa, se observó principalmente el tránsito de vehículos livianos, tipo autos, camioneta rural y pickup. En total éstos representan el 79 % del IMDA total, que corresponde a 2066 vehículos. El restante 21 % corresponde a los pesados, donde la mayor representación la tienen los camiones de 2 y 3 ejes con un total del 12 % respecto al referido IMDA, les siguen los de 6 ejes con una representación del 7%.

Debe tenerse en cuenta que algunos de los camiones tipo semirremolque están dotados con ruedas tipo súper single, de probada agresividad para el pavimento, agravándose más si consideramos la temperatura del área y la velocidad de marcha, que cae considerablemente en periodos punta.

Los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a los diferentes períodos que se presentan en el año, por eso es necesario ajustar los valores mediante el Factor de Corrección Estacional y, para obtener dicho factor, se ha tomado la información obtenida del PVN- MTC, correspondiente a la estación de peaje vinculada al tramo de la carretera en estudio (la más cercana). Los Factores de Corrección Estacional que serán empleados son:

Tabla 5: Conteos Factores de corrección estacional.

Peaje Pongo				
Mes de Marzo	Años			
	2014	2015	2016	Promedio
V. Ligeros	1.046	1.0761	1.0665	1.0628667
V. Pesados	1.084	1.11103	0.9393	1.0445333

Fuente: Peaje Pongo.

Ilustración 3: Censo de Carga: Estación Nueva Unión



Fuente: Propia

Tabla 6: Factores de Carga Estación Nueva Unión (Entrada)

CENSO DE CARGA NUEVA UNION		
SENTIDO SALIDA		
Vehículos Controlados		
Tipo	Cantidad	%
B2	12	3.28%
B3	15	4.10%
B4	1	0.27%
C2	82	22.40%
C3	110	30.05%
C4	2	0.55%
2S2	1	0.27%
2S3	3	0.82%
3S2	24	6.56%
3S3	109	29.78%
3T2	2	0.55%
3T3	5	1.37%
Total	366	100.00%

Tabla 7: Factores de Carga Estación Nueva Unión (Salida)

CENSO DE CARGA NUEVA UNION		
SENTIDO ENTRADA		
Vehículos Controlados		
Tipo	Cantidad	%
B2	13	4.47%
B3	13	4.47%
B4	2	0.69%
C2	76	26.12%
C3	71	24.40%
C4	10	3.44%
2S3	1	0.34%
3S2	13	4.47%
3S3	81	27.84%
2T2	2	0.69%
3T2	2	0.69%
3T3	7	2.41%
Total	291	100.00%

De acuerdo a estos resultados del IMDa y basándonos del Manual de carreteras DG. 2014, según la clasificación por demanda, podemos

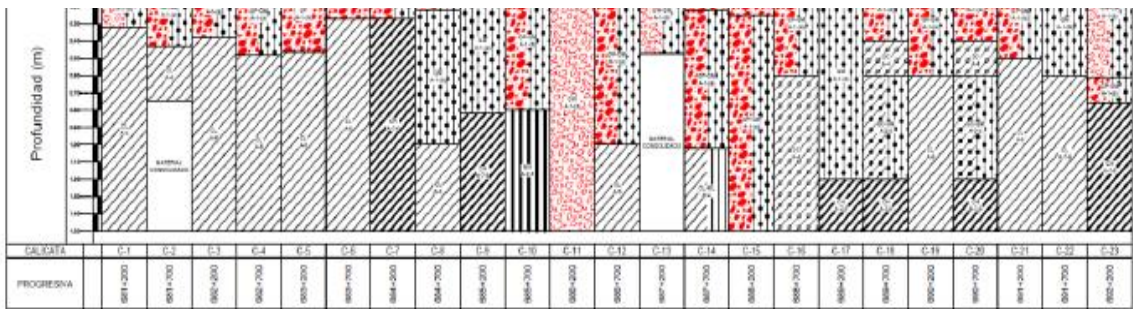
clasificar a esta vía como carretera de primera clase, y por consiguiente la superficie de rodadura debe ser pavimentada.

3.1.3 Análisis Estructural por Componentes (Mecánica de Suelos).

En el tramo Picota – Caspizapa, el suelo de predominancia es de tipo arena arcillosa (SC) de acuerdo a clasificación SUCS y arcillas de baja plasticidad (CL-ML), en general con resistencia indirecta al corte medio, esto se midió mediante CBR.

Teniendo en cuenta la homogeneidad de la subrasante descrita según los resultados de la clasificación de suelos SUCS, la cantidad extensa de ensayos deflectométricos realizados, los resultados que exhibe la de deflexiones centrales y módulo resiliente AASHTO y los espesores de materiales encontrados en las calicatas, se decide ejecutar un ensayo de CBR sobre capas granulares y subrasante cada 1 km de pavimento; siendo esta cantidad suficiente para terminar de caracterizar estos materiales teniendo en cuenta todos los otros ensayos ejecutados sobre los mismos. Los resultados de los CBR's antes mencionados son mostrados en la Ilustración 4.

Ilustración 4: Perfil Estratigráfico Tramo: Picota – Caspizapa, Km 681+200 a Km 692+200



El paquete granular del pavimento existente en el tramo Picota – Caspizapa, no es apto para pavimentos: por lo que necesita ser tratado mediante mejoramiento o reemplazado.

Tabla 8: Resultados de CBR Suelos de Subrasante Tramo: Picota – Caspizapa.

Progresiva	Calicata/Muestra	CBR al 95% de MDS 0.1"	CBR al 100% de MDS 0.1"
681+200	C-1/E-02	5.95	8.73
682+200	C-3/E-02	4.2	3.36
683+200	C-5/E-02	3.1	3.59
684+200	C-7/E-02	2.9	4.31
685+200	C-9/E-02	2.7	4.30
686+200	C-11/E-01	59.4	86.26
687+200	C-13/E-01	57.4	81.30
688+200	C-15/E-02	58.7	81.19
689+200	C-17/E-02	2.2	3.42
690+200	C-19/E-02	3.2	4.19
691+200	C-21/E-02	2.2	3.59
692+200	C-23/E-03	2.6	4.01

Fuente: DEPT

En la tabla, 9 de los 12 CBR's ejecutados en él poseen valores inferiores al 6%, los cuales son denominados como suelos pobres, por lo tanto, deben ser mejorados según la norma EG-2013. Teniendo en cuenta que los CBR's fueron ejecutados cada km, se esperaría que la misma cantidad de CBR's corresponda con la longitud de mejoramiento a recomendar para la estructura del pavimento, sin embargo, para lograr una localización precisa de dicha intervención, se realizará el acotamiento a partir del cálculo del módulo resiliente a partir del ensayo de FWD.

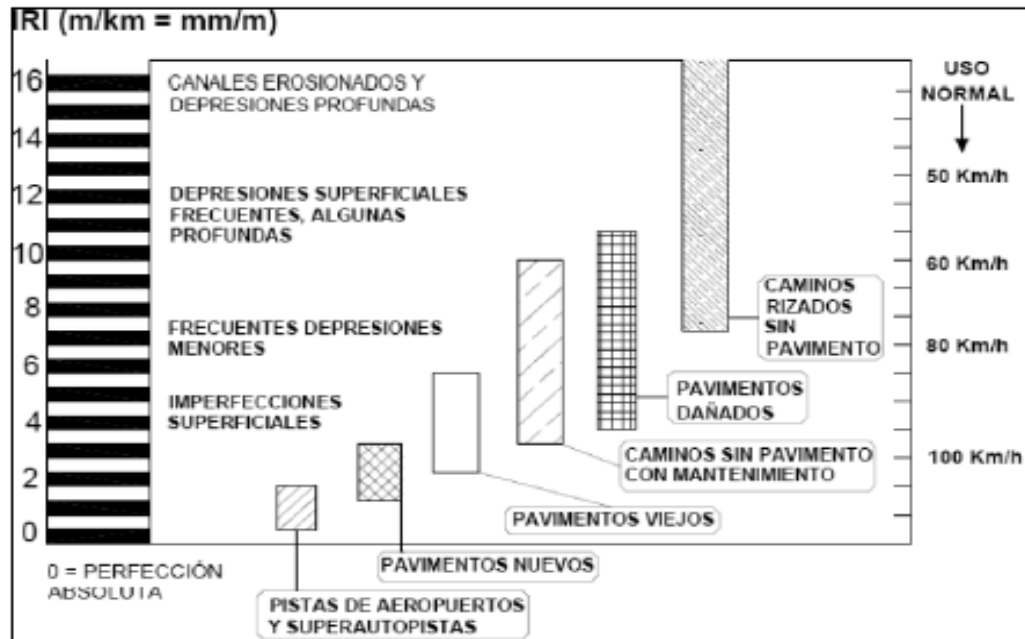
3.1.4 Medición del IRI

Ilustración 5: Equipo de Medición de IRI



Los valores típicos que se tienen como referencia se muestran en la siguiente ilustración. De acuerdo a éste se estiman consecuentes los valores medidos, oscilando para el tramo evaluado, entorno a los valores típicos para pavimentos viejos y deteriorados.

Ilustración 6: Valores Típicos IRI



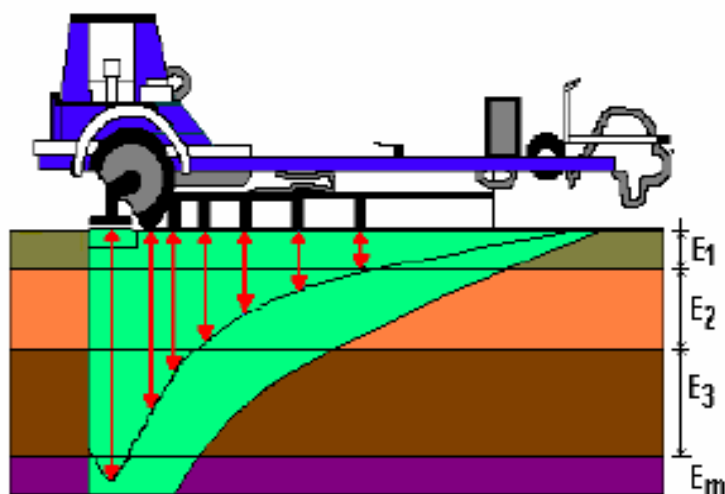
FUENTE: DEPT

En términos generales, en el sector: Picota - Caspizapa (Km. 681+200- Km. 692+200) se tiene un valor de IRI promedio de 5.98 m/km, resultado de tablas del procesamiento del IRI que se ilustra en el apartado de anexos, en el Anexo 02.

Evaluando este valor con los términos de referencia, para la conservación de dicho tramo, verificamos que La regularidad promedio cuantificada para el tramo Picota – Caspizapa, es de 3.5 m/km.

3.1.5 Evaluación No Destructiva (Deflectometría)

Ilustración 8: Diagrama de Medición con FWD



Al realizar la evaluación no destructiva con el método FWD, se registró deflexiones a 30-60-90-120-150-180cm de distancia off-set. En cada prueba el equipo aplicó una carga de 40KN sobre la superficie asfáltica, lo que representa la mitad de un eje equivalente estándar de 80KN.

De acuerdo con los procedimientos normados las deflexiones fueron corregidas tanto por carga como por temperatura.

Los valores medidos con el deflectómetro se emplearon para determinar la caracterización de las capas según su rigidez y se obtuvo el parámetro de deflexión máxima (D0), Módulo Resiliente (MR), Número Estructural Efectivo (SNEFF), en todo el tramo, mediante la aplicación de la metodología descrita en la Guía AASHTO 1993, estos datos definirán el diseño de pavimento para este tramo.

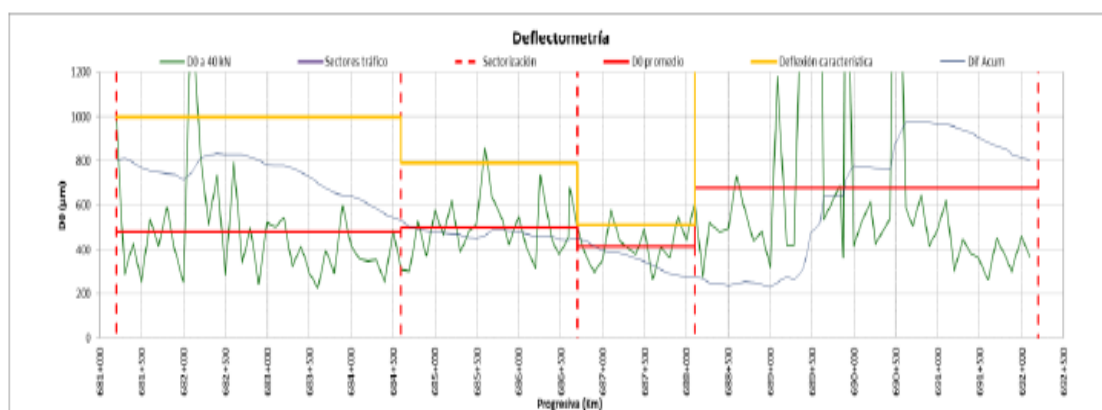
En el Anexo 04, se presenta una tabla del procesamiento de Deflectometría.

3.1.6 Condición Estructural

La condición estructural y la respuesta del pavimento a cargas se observa concordante con la configuración geométrica del pavimento y la calidad de los materiales encontrados tanto en la subrasante como en el paquete granular, además de su condición superficial. En efecto, para el tramo, se identifican 4 sectores en los cuales la deflexión central varía entre 417 y 618 micrómetros, con algunos picos puntuales.

A continuación, en la siguiente figura se presenta los resultados de la deflexión central para el tramo Picota - Caspizapa.

Ilustración 9: Resultados de Deflexión central Tramo Picota-Caspizapa.

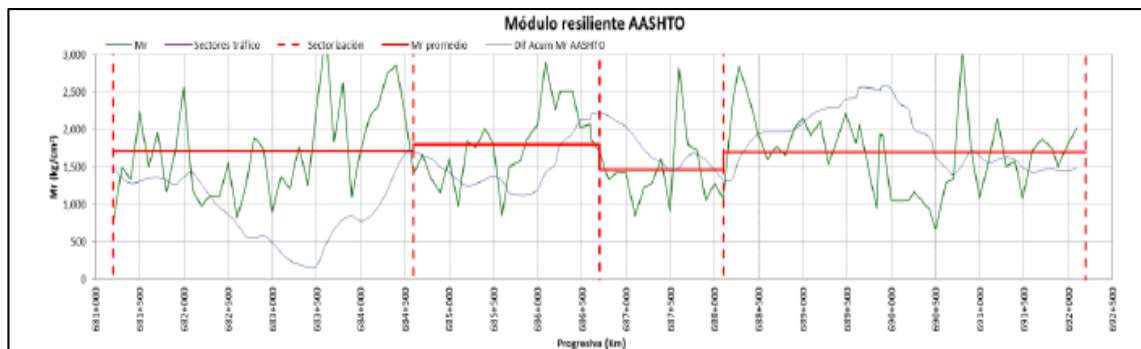


De acuerdo al análisis multiparámetro, la sectorización adoptada para la D0 se presenta a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 9: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro D0 Tramo: Picota – Caspizapa.

Sector	Progresiva inicial	Progresiva final	Promedio Deflexiones	Desviación estandar Deflexiones	Deflexión característica	Coefficiente de variación Deflexiones
1	681+200	684+600	478	261	999	55%
2	684+600	686+700	500	144	789	29%
3	686+700	688+100	417	92	512	22%
4	688+100	692+200	678	561	1259	83%

Ilustración 10: Resultados Módulo Resiliente retro calculado AASHTO Tramo: Picota - Caspizapa.

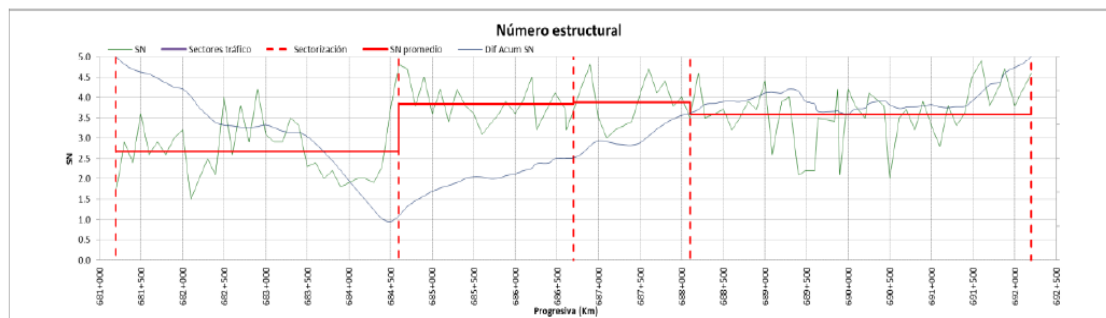


De acuerdo al análisis multiparámetro, la sectorización adoptada para el Mr se presenta a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 10: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro Mr AASHTO Tramo 1.

Sector	Progresiva inicial	Progresiva final	Promedio Mr	Desviación estandar Mr	Coefficiente de variación Mr
1	681+200	684+600	1707	642	38%
2	684+600	686+700	1802	501	28%
3	686+700	688+100	1461	490	34%
4	688+100	692+200	1695	516	30%

Ilustración 11: Resultados Número Estructural Efectivo AASHTO Tramo: Picota - Caspizapa.



De acuerdo al análisis multiparámetro, la sectorización adoptada para el SNe se presenta a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 11: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro SNeff AASHTO.

Sector	Progresiva inicial	Progresiva final	Promedio SN	Desviación estandar SN	Coficiente de variación SN
1	681+200	684+600	2.7	0.7	26%
2	684+600	686+700	3.8	0.5	13%
3	686+700	688+100	3.9	0.6	14%
4	688+100	692+200	3.6	0.7	20%

3.1.7 Evaluación Superficial (inventario de Daños)

Para las rutas o tramos con pavimentos flexibles o soluciones básicas con superficie de rodadura asfáltica, se utilizó el Índice de Condición del Pavimento (PCI), especificado por la Norma ASTM D 6433 (03), Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, dicha metodología se desarrolla en los siguientes ítems.

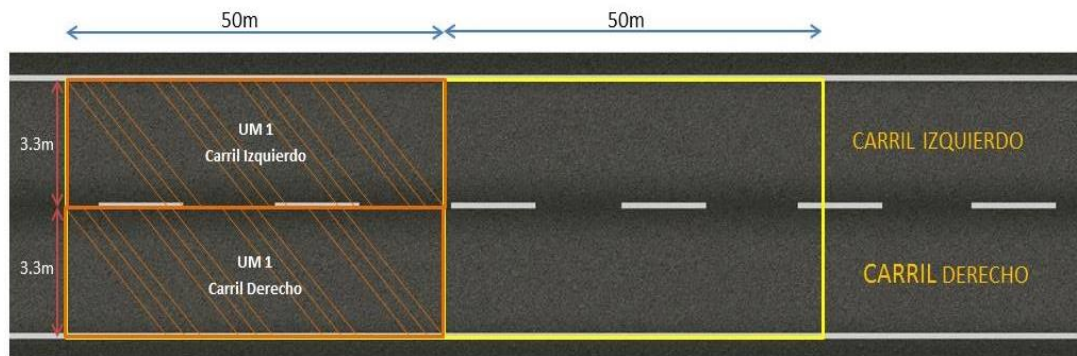
La evaluación superficial consiste en un inventario de daños de la superficie del pavimento, que puede ser cuantificado, generalmente mediante un índice de condición o estado.

3.1.8 Determinación de las unidades de muestra

Las muestras Según el tipo de superficie y ancho, menor a 7.0 m, la vía se divide en unidades de muestreo cuyas dimensiones varían de acuerdo al área de la unidad de muestra; que debe de estar comprendido entre 230 ± 93 m².

Para la presente evaluación se tomarán unidades de muestra de 50 m. de longitud en cada carril a lo largo de la vía. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra las unidades en los carriles.

Ilustración 6: Relevamiento de la información en campo.



3.1.9 Cálculo del PCI

El cálculo del PCI se fundamentó en los resultados del inventario visual de la condición del pavimento, en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presente. Con el PCI se obtiene un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie.

Como índice numérico el PCI varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Tabla 12: Rangos de Clasificación del PCI

Rango	Clasificación-PCI
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Pobre
25 – 10	Muy Pobre
10 - 0	Colapsado

El valor de PCI, se calculó con el software EvalPav proporcionado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, obteniendo la siguiente

clasificación, que determina el estado en el que se encuentra la superficie de la vía en análisis.

Tabla 13: Clasificación de las unidades de muestra.

CLASIFICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES DE MUESTRA			
	CARRIL DERECHO	%	CARRIL IZQUIERDO	%
EXCELENTE	9	4%	8	4%
MUY BUENO	7	3%	10	5%
BUENO	6	3%	13	6%
REGULAR	35	16%	37	17%
POBRE	22	10%	20	9%
MUY POBRE	32	15%	23	10%
COLAPSADO	109	50%	109	50%
TOTAL	220	100%	220	100%

Ilustración 7: Relevamiento de Daño en la vía.



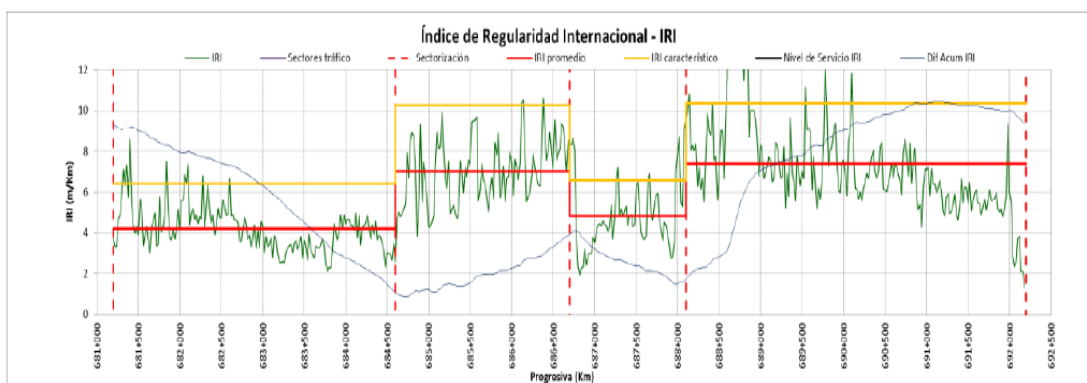
Dicha evaluación permitirá reducir a valor de PCI la condición superficial del pavimento, para fácil análisis del estado actual e incorporación en el diseño del pavimento.

En el Anexo 05 , se presenta cuadros de la Evaluación Superficial con el método PCI.

3.1.10 Condición Funcional

La condición funcional es concordante con la condición superficial y estructural, interpretándose que las particularidades ya referidas, han incidido en la regularidad de tramo. En el tramo se tiene un valor medio de 5.9 m/Km., estos resultados son coincidentes con los de un pavimento con mucho deterioro.

Ilustración 6: Resultados de IRI Tramo: Picota - Caspizapa.



De acuerdo al análisis multiparámetro, la sectorización adoptada para el IRI se presenta a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 14: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro IRI Tramo: Picota - Caspizapa

Sector	Progresiva inicial	Progresiva final	Promedio IRI	Desviación estandar IRI	IRI característico	Coefficiente de variación IRI
1	681+200	684+600	4.2	1.1	6.4	27%
2	684+600	686+700	7.0	1.6	10.3	23%
3	686+700	688+100	4.8	1.7	6.6	35%
4	688+100	692+200	7.4	2.8	10.3	38%

3.1.11 Condición Superficial

En concordancia con los análisis previos, se registra mayor recurrencia de daños y mayor severidad en el primer y tercer sector, siendo el daño más característico en éste la piel de cocodrilo, principalmente de mediana y baja severidad; en menor medida el pulimento y desprendimiento de agregados.

En todo el tramo el daño de mayor recurrencia es la piel de cocodrilo en severidad media y baja. En consecuencia, el valor de PCI promedio es de 80.

Ilustración 7: Resultados de PCI tramo: Picota - Caspizapa.

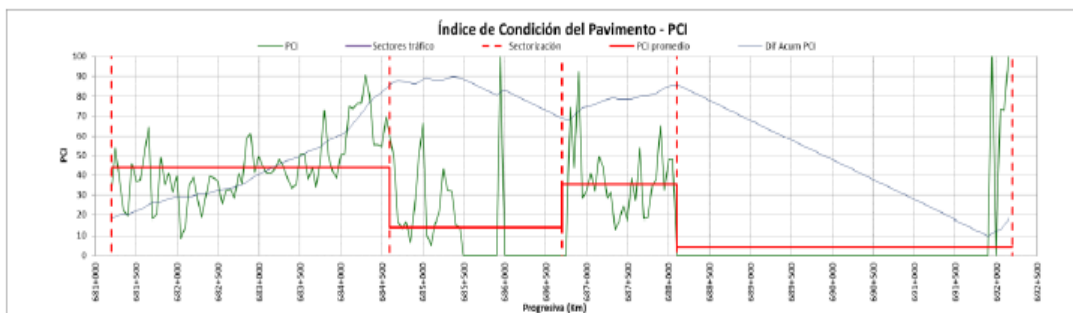


Tabla 15: Sectores Homogéneos Evaluación Multiparámetro PCI Tramo: Picota - Caspizapa

Sector	Progresiva inicial	Progresiva final	Promedio PCI	Desviación estandar PCI	Coefficiente de variación PCI
1	681+200	684+600	44	17	38%
2	684+600	686+700	14	23	161%
3	686+700	688+100	35	20	58%
4	688+100	692+200	4	19	450%

La localización de los puntos críticos se realizó con los hitos ubicados en el tramo y medición con odómetro, luego de esto, esta misma ajustó con la información procedente de topografía, la cual tiene mayor precisión.

De los sectores inclinados (a media ladera con alta pendiente transversal) se detecta pérdida de confinamiento en algunas zonas que requieren estructuras de contención, estas estructuras son necesarias para darle estabilidad a la vía.

A continuación, se presenta una ilustración del sitio con pérdida de confinamiento localizado en el tramo Picota - Caspizapa.

Ilustración 8: Pérdida de Confinamiento en la Vía Km 682+363 a Km 682+419



En los sectores planos se identificaron graves problemas de drenaje en toda la estructura del pavimento, puesto que la cota de terrenos agrícolas adyacentes al tramo, están al mismo nivel de la rasante, por lo que se debe indicar que el reciclado no es una actividad única para garantizar la estabilidad total de la estructura del pavimento, ni es la solución definitiva de ingeniería para el sector.



Ilustración 9: Cultivos a nivel de plataforma Km. 682+000

3.2 Diseño de Pavimento.

Para el diseño de pavimento se empleó la metodología de diseño AASTHO 93. De acuerdo a las necesidades verificadas y a las características del parque automotor habitual previsto para el tramo, y a las cargas propias para dicho tránsito, se requiere una estructura de rodadura que otorgue al usuario la seguridad y comodidad necesaria, que sea compatible con las características geométricas y que se conserve durante un lapso de tiempo aceptable, de manera que no se afecte la Transitabilidad.

Para ello describiremos las invariantes de diseño:

3.2.1 El Tránsito.

Es estimado como la repetición de ejes equivalentes de 8,2 Ton, que se registra en un periodo de tiempo determinado.

Para efectos de diseño, la estimación consiste en proyectar el volumen medio diario de vehículos pesados, considerando el factor de deterioro que produce su combinación de ejes en un periodo de análisis.

En el tramo Picota - Caspizapa, se observó principalmente el tránsito de vehículos livianos, tipo autos, camioneta rural y pickup. En total éstos representan el 79 % del IMDA total, que corresponde a 2066 vehículos. El restante 21 % corresponde a los pesados, donde la mayor representación la tienen los camiones de 2 y 3 ejes con un total del 12 % respecto al referido IMDA, les siguen los de 6 ejes con una representación del 7%.

El factor de equivalencia de carga es determinado mediante operativos de pesaje, para su cálculo existen diferentes metodologías, como la ley de la cuarta potencia y AASHTO entre otras.

$$ESEN = 365 * TPD * FD * FC * \%(B + C) * \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)}$$

Dónde:

ESEN = Ejes equivalente a ejes estándar de 8,2 ton (ESALs).

TPD = Tránsito promedio diario anual (IMDa).

FD = Factor direccional que depende del uso de los carriles de la calzada.

FC = Factor camión que depende de las cargas por eje para el parque automotor habitual.

%(B+C) = Porcentaje de buses más camiones que corresponden a los vehículos pesados.

El Término final de la invariante, corresponde a la proyección de ejes obtenidos para el año base, siendo r, la tasa de crecimiento y n el periodo de tiempo considerado en años.

A continuación, se presenta el nivel de tránsito para el periodo de diseño que corresponde a 5 años (2019 – 2023), considerando la ejecución de la misma.

Tabla 16:N° EE Periodo de diseño (2019 – 2023)

Cálculo de Ejes Equivalentes – Factores de Carga 2019 con factor de corrección de presión de llantas				
Tramo	Denominación	Progresiva Inicial	Progresiva Final	NEE 2019-2023
1	Picota – Caspizapa	681+200	692+200	1.29E06

3.2.2 Evaluación Estructural, Funcional y Superficial del Pavimento Existente.

- Subrasante

Predominan los suelos de tipo arena arcillosa (SC) de acuerdo a clasificación SUCS y arcillas de baja plasticidad (CL-ML), en general con resistencia indirecta al corte medio, medida mediante CBR.

Tabla 17: Resultados de CBR Suelos de Subrasante Tramo: Picota – Caspizapa

Progresiva	Calicata/Muestra	CBR al 95% de MDS 0.1"	CBR al 100% de MDS 0.1"
681+200	C-1/E-02	5.95	8.73
682+200	C-3/E-02	4.2	3.36
683+200	C-5/E-02	3.1	3.59
684+200	C-7/E-02	2.9	4.31
685+200	C-9/E-02	2.7	4.30
686+200	C-11/E-01	59.4	86.26
687+200	C-13/E-01	57.4	81.30
688+200	C-15/E-02	58.7	81.19
689+200	C-17/E-02	2.2	3.42
690+200	C-19/E-02	3.2	4.19
691+200	C-21/E-02	2.2	3.59
692+200	C-23/E-03	2.6	4.01

Para el caso del tramo Picota - Caspizapa, como se puede apreciar en la tabla, 9 de los 12 CBR's ejecutados en él poseen valores inferiores al 6%, los cuales son denominados como suelos pobres, por lo tanto, deben ser mejorados según la norma EG-2013.

En este sentido y teniendo en cuenta que el número de ejes equivalentes de diseño, se propone un mejoramiento de espesor 55cm de acuerdo al Manual de Carreteras en su versión el 2014,

Tabla 18: Espesores Recomendados para Estabilización por Sustitución de Suelos.

0.70 ≥ CBR ≥ 0.70

Tráfico		Espeor de Reemplazo con Material CBR ≥ 10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

Teniendo en cuenta los CBR's de la subrasante y aplicando el mejoramiento recomendado por el MC- 2014, se obtienen los CBR's equivalentes de diseño presentados en la siguiente tabla, por capas de 20cm.

Los CBR's de diseño se determinaron de acuerdo con los criterios establecidos en el numeral 4.3, literal g, del Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección de Suelos y Pavimentos, 3ra Edición, donde la elección del factor es función del número de ensayos y su dispersión para cada sector y es mostrado a continuación. Adicionalmente, en la otra tabla se presentan los

valores de MR calculados con base en el CBR de diseño, para lo cual se empleó la siguiente relación, recomendada en el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, del MTC vigente a la fecha.

Tabla 19:CBR de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.

Progresiva	Calicata/Muestra	CBR al 95% de MDS 0.1"	CBR al 100% de MDS 0.1"	CBR Compuesto	Mr subrasante (PSI)	CBR Diseño
681+200	C-1/E-02	6.0	8.73	16.4	15307.0	8
682+200	C-3/E-02	4.2	3.36	11.6	12264.3	
683+200	C-5/E-02	3.1	3.59	8.5	10051.2	
684+200	C-7/E-02	2.9	4.31	8.0	9668.7	
685+200	C-9/E-02	2.7	4.30	7.4	9198.1	
686+200	C-11/E-01	59.4	86.26	59.4	34875.5	57.4
687+200	C-13/E-01	57.4	81.30	57.4	34119.1	
688+200	C-15/E-02	58.7	81.19	58.7	34619.4	
689+200	C-17/E-02	2.2	3.42	6.1	8128.3	6.1
690+200	C-19/E-02	3.2	4.19	8.8	10276.8	
691+200	C-21/E-02	2.2	3.59	6.1	8128.3	

Tabla 20:Módulo Resiliente de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.

Progresiva	Calicata/Muestra	CBR al 95% de MDS 0.1"	CBR al 100% de MDS 0.1"	CBR Diseño	Módulo Resiliente de Diseño (psi)
681+200	C-1/E-02	6.0	8.73	8	9669
682+200	C-3/E-02	4.2	3.36		
683+200	C-5/E-02	3.1	3.59		
684+200	C-7/E-02	2.9	4.31		
685+200	C-9/E-02	2.7	4.30		
686+200	C-11/E-01	59.4	86.26	57.4	34127
687+200	C-13/E-01	57.4	81.30		
688+200	C-15/E-02	58.7	81.19		
689+200	C-17/E-02	2.2	3.42	6.1	8128
690+200	C-19/E-02	3.2	4.19		
691+200	C-21/E-02	2.2	3.59		

Como factor de diseño que caracteriza la resistencia de la subrasante, se adoptó el módulo resiliente obtenido a partir del CBR, mostrado en las tablas anteriores, con lo cual se establece para cada sector homogéneo los Módulos Resilientes de diseño.

Para las mediciones de deflexiones con FWD, los módulos AASHTO retrocalculados fueron ajustados para obtener el Módulo

Resiliente de diseño mediante coeficiente “C” a partir de la relación entre los módulos obtenidos del estudio de mecánica de suelos, mediante CBR al 95% de la DMS, y los primeros.

En tal sentido se verificó que los valores reportados se encuentran dentro de rangos lógicos de acuerdo con el tipo de suelo. Resumiendo, el ejercicio consistió en igualar el Mr AASHTO con el Mr resultante de la mecánica de suelos. El resultado corresponde al promedio obtenido de los cocientes de ambos resultados, el cual es mostrado a continuación.

Tabla 21:Factor de Corrección “C” para Módulo Resiliente de Diseño Tramo: Picota - Caspizapa.

Progresiva	Calicata/Muestra	CBR al 95% de MDS 0.1"	CBR al 100% de MDS 0.1"	Mr subrasante AASHTO (kg/cm ²)	Mr subrasante AASHTO (psi)	Factor C
681+200	C-1/E-02	6.0	8.73	732	10411	0.77
682+200	C-3/E-02	4.2	3.36	982	13967	0.46
683+200	C-5/E-02	3.1	3.59	1209	17196	0.31
684+200	C-7/E-02	2.9	4.31	2329	33126	0.15
685+200	C-9/E-02	2.7	4.30	1846	26256	0.18
686+200	C-11/E-01	59.4	86.26	2266	32230	1.08
687+200	C-13/E-01	57.4	81.30	1229	17480	1.95
688+200	C-15/E-02	58.7	81.19	2285	32500	1.07
689+200	C-17/E-02	2.2	3.42	2112	30040	0.14
690+200	C-19/E-02	3.2	4.19	1050	14934	0.36
691+200	C-21/E-02	2.2	3.59	2152	30609	0.14

- **Identificación de Sectores Homogéneos**

Con base en las evaluaciones estructural, funcional y superficial descritas previamente, además de las estimaciones de tráfico referidas al número de ejes equivalentes a ejes estándar de 8,2 Ton, resultantes del estudio de Tráfico, las cuales para el caso particular del presente estudio son detalladas en sus respectivos anexos, se realizó la sectorización homogénea presentada a continuación.

Tabla 22:Sectorización Multicriterio, Tramo de Conservación: Picota - Caspizapa

Tramo	Sub tramo	Progr. Inicial	Progr. Final	Long. (m)	Mr diseño (CBR) (psi)	NEE 8.2 Tn (2019 - 2023)
1	1-1	681+200	684+600	3,400	9,669	1.29E+06
1	1-2	684+600	685+700	1,100	9,669	1.29E+06
1	1-3	685+700	686+700	1,000	34,127	1.29E+06
1	1-4	686+700	688+100	1,400	34,127	1.29E+06
1	1-5	688+100	692+200	4,100	8,128	1.29E+06

Esta variable fue incluida en el método de diseño AASHTO, para valorar incertidumbres en el tránsito y calidad constructiva. Su tratamiento está referido a la distribución normal, considerado, de acuerdo a la importancia de la vía (referida principalmente a su categoría, al volumen vehicular o repetición de ejes equivalentes), valores de la variable normalizada “Z”, que permitan asegurar que el tránsito evaluado estará en un porcentaje de área determinado, dado por la confiabilidad, para una pérdida de PSI determinada.

- **Desviación estándar combinada (So)**

La desviación Estándar combinada es un valor que tiene en cuenta la variabilidad que se puede presentar en la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento, como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La guía AASHTO recomienda adoptar valores de So para pavimentos flexibles en el rango de 0.40 a 0.50, para la presente verificación se optó por utilizar el valor de 0.45, el cual se adopta de los diseños recomendados en el Manual del MTC.

- **Factor de Seguridad**

Está definido con base en la confiabilidad, indicando un nivel de seguridad respecto a las incertidumbres de diseño mencionadas precedentemente.

$$10^{-Zr*So}$$

En la siguiente tabla se presentan los valores de confiabilidad y serviciabilidad inicial y final, de acuerdo al número de ejes equivalentes evaluados para el periodo de diseño, sugeridos en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Tabla 23:Serviciabilidad y Confiabilidad Vs Tránsito

Nivel de Tránsito	Ejes Equivalentes 8,2 Ton		Confiabilidad (%)	S ₀	Z _r	P ₀	P _t	Factor de Seguridad
	de	a						
T _{p0}	0	150,000	65	0.45	-0.385	3.80	2.00	1.49
T _{p1}	150,000	300,000	70	0.45	-0.524	3.80	2.00	1.72
T _{p2}	300,000	500,000	75	0.45	-0.674	3.80	2.00	2.01
T _{p3}	500,000	750,000	80	0.45	-0.842	3.80	2.00	2.39
T _{p4}	750,000	1,000,000	80	0.45	-0.842	3.80	2.00	2.39
T _{p5}	1,000,000	1,500,000	85	0.45	-1.036	4.00	2.50	2.93
T _{p6}	1,500,000	3,000,000	85	0.45	-1.036	4.00	2.50	2.93
T _{p7}	3,000,000	5,000,000	85	0.45	-1.036	4.00	2.50	2.93
T _{p8}	5,000,000	7,500,000	90	0.45	-1.282	4.00	2.50	3.77
T _{p9}	7,500,000	10,000,000	90	0.45	-1.282	4.00	2.50	3.77
T _{p10}	10,000,000	12,500,000	90	0.45	-1.282	4.00	2.50	3.77
T _{p11}	12,500,000	15,000,000	90	0.45	-1.282	4.00	2.50	3.77
T _{p12}	15,000,000	20,000,000	95	0.45	-1.645	4.20	3.00	5.50
T _{p13}	20,000,000	25,000,000	95	0.45	-1.645	4.20	3.00	5.50
T _{p14}	25,000,000	30,000,000	95	0.45	-1.645	4.20	3.00	5.50
T _{p15}	>30000000		95	0.45	-1.645	4.20	3.00	5.50

- **Número estructural**

Representado por la siguiente formula.

$$SN_n = D_n * a_n * m_n$$

Dónde:

SN_n: Numero estructural de la capa n.

D_n: Espesor de la capa n.

a_n: Coeficiente estructural de la capa n.

mn: Coeficiente de drenaje de la capa n.

Para pavimentos en servicio también se han establecido valores típicos para los coeficientes estructurales de las capas que lo conforman, basados en el porcentaje de deterioro apreciable, los cuales son de utilidad para el dimensionamiento de capas de refuerzo.

En tal sentido, la Guía AASHTO 93, provee además de dicha metodología, una basada en evaluación no destructiva mediante FWD, a partir de la cual es posible obtener el módulo y número estructural efectivo del paquete, como representación de la respuesta estructural del mismo.

Para ello primero se calculó el módulo equivalente del pavimento (E_p), el cual es un valor que refleja la capacidad estructural de toda la estructura existente, es decir, la capa asfáltica que la conforma y los materiales que se encuentran debajo de éste. El cálculo del E_p se realizó con la aplicación de la siguiente invariante:

$$d_0 - 1.5 * P * A * \left\{ \left[\frac{1}{M_R * \sqrt{1 + \left(\frac{D}{A} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} \right] + \left[\frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{A} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\}$$

Donde:

d_0 : Deflexión central.

P : Presión del plato de carga, en psi. En este caso igual a 82.3 psi = v 5.76 kg/cm².

a : Radio del plato de carga, en pulgadas igual a 5.9 pulgadas=15 cm.

D : Espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante.

Mr : Módulo resiliente AASHTO de la subrasante, en psi.

EP : Módulo equivalente de todas las capas del pavimento, en psi.

A partir de la determinación del Ep, y con el objeto de obtener el número estructural efectivo (SNeff), se empleó la siguiente fórmula:

$$SN_{eff} = 0.0045 * D * \sqrt{EP}$$

Donde:

SNeff : Número estructural efectivo de la estructura existente, en pulgadas.

D : Espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

EP : Módulo equivalente de la estructura del pavimento, en psi.

En la Tabla 21, se presentaron los SNeff representativos de cada uno de los tramos homogéneos establecidos como parte de su respuesta estructural, dichos valores corresponden al promedio obtenido de las respectivas mediciones deflectométricas, filtrando los picos más altos y dejando sujeto a análisis particulares valores bajos.

- **Coeficientes de Drenaje**

En el tramo se registra poca precipitación a lo largo del año, la estructura de pavimento proyectada no posee aporte de material tipo base granular o subbase granular, por lo cual no se considera un coeficiente de drenaje en el diseño.

- **Clima**

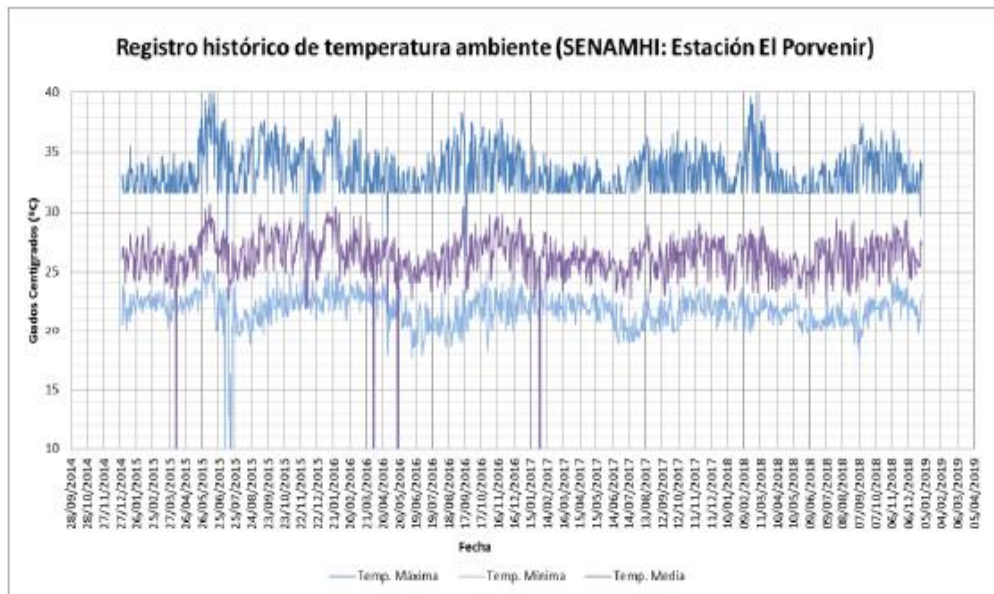
De acuerdo al registro de temperaturas diarias de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se construyó una serie histórica de temperaturas mínimas y máximas del área del proyecto. El tramo de la carretera tiene su inicio al sur de la población de Tarapoto, por lo que la estación meteorológica considerada fue la de las estaciones más cercanas, la cual cuenta con data diaria de más de 20 años en algunos casos.

Tabla 24: Estaciones Meteorológicas Utilizadas Para el Cálculo del PG.

Tramo	Estación Meteorológica	Longitud	Latitud	Altura (msnm)
Picota - Caspizapa	El Porvenir	76°19'1"	6°35'1"	230

En la Ilustración 19, se muestran las máximas y mínimas diarias de la estación (El Porvenir), en donde se observan elevadas temperaturas durante el día que llegan a un promedio de 32° C, lo cual es característico del clima que predomina en esta zona del Perú. En consecuencia, el ligante asfáltico seleccionado deberá tener un buen desempeño para estas condiciones, teniéndose presente esta temperatura para la selección, conjuntamente con la frecuencia de cargas y el volumen de tráfico con el fin de evitar problemas de deformación permanente.

Ilustración 10: Mediciones Históricas de Temperatura El Porvenir, Distrito de Juan Guerra – San Martín.

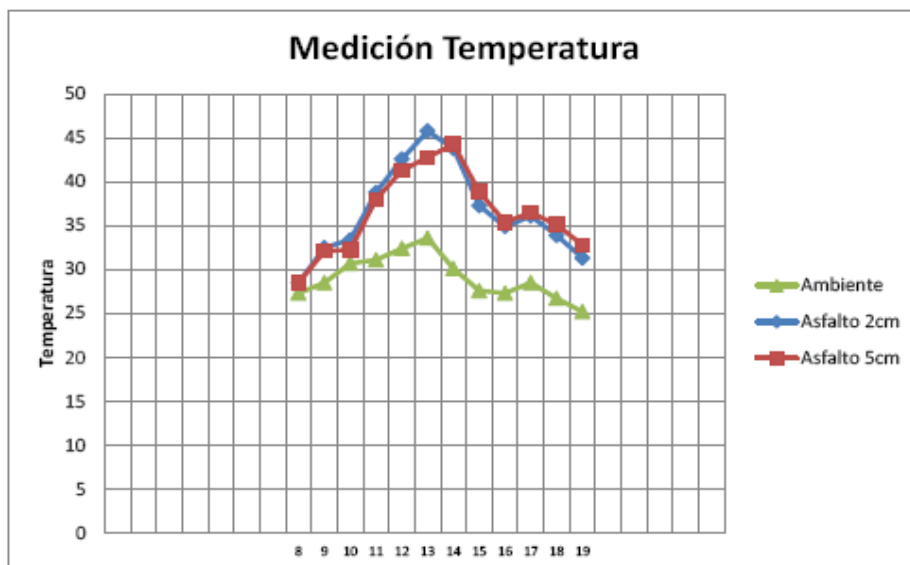


- **Temperatura máxima del pavimento**

Para conocer la temperatura del pavimento se tomaron como referencia mediciones de temperatura realizadas durante 24 horas en una zona cercana ubicada dentro de la misma región de similares características, con la finalidad de establecer las condiciones reales de servicio de la carpeta asfáltica; las mediciones son tanto de la temperatura del ambiente como la mezcla asfáltica a 2 cm y 5 cm de profundidad.

Con base en los resultados, se puede establecer que existe una tendencia cíclica entre la temperatura ambiente y la temperatura del pavimento. Las horas críticas en que se presentan mayores temperaturas se dan entre las 11 y las 15 horas.

Ilustración 11: Resultados de la Medición de Temperatura



A continuación, se presenta las ecuaciones de correlación obtenidas entre la temperatura ambiente y temperatura del pavimento para la zona de estudio.

Ilustración 12: Correlación Temperatura Ambiente Vs. Temperatura Carpeta Asfáltica.

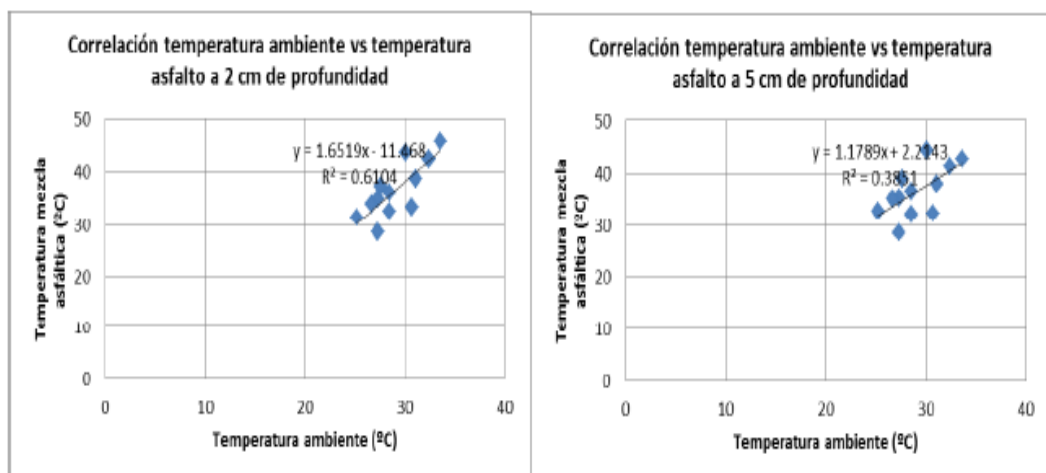
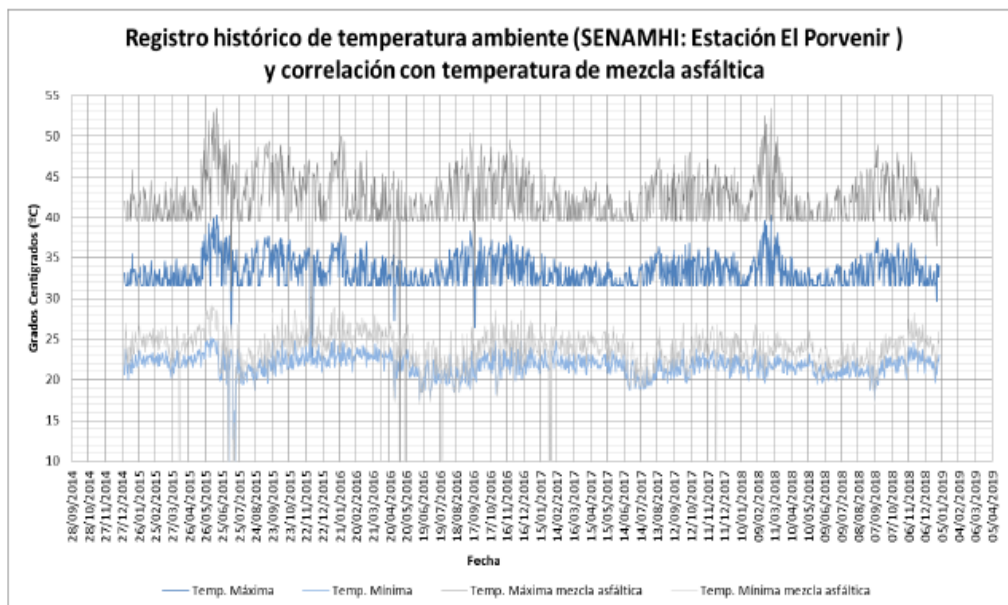


Ilustración 13: Temperaturas históricas ambiente y Carpeta Asfáltica Tramo 1



- Selección del Ligante Asfáltico

La selección del ligante asfáltico para la construcción de un pavimento es una tarea de suma importancia para garantizar la durabilidad y en general la “performance” de la estructura, más aun si se trata de una vía que estará ubicada en una zona donde las condiciones climáticas, topográficas y de tránsito, constituyen factores sumamente críticos, que de no ser evaluados adecuadamente pueden llegar a provocar fallas prematuras.

De acuerdo con las Especificaciones Generales EG-2000 y 2013 del MTC, la selección del ligante Asfáltico para un proyecto debe efectuarse con base en la temperatura ambiente media anual, en el caso especial de este proyecto, sin ninguna limitante asociada a la altura geográfica.

Tabla 25: Especificaciones EG-2013 para selección del tipo de cemento Asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

La mezcla diseñada para el tramo, consulta una granulometría tipo ASTM D 3515. Agregados procedentes de las canteras denominadas “Puerto Rico” (Caspizapa). La fórmula final de trabajo, por el método Marshall, determinó un contenido óptimo de asfalto como proporción en peso.

Tabla 26: Granulometría de los Agregados en la Mezcla Asfáltica

Tamaño del Tamiz	Porcentaje en Masa que Pasa el Tamiz designado (AASHTO T 27 y T 11)					
	Graduación Designada y Tamaño Máximo Nominal ⁽¹⁾					
	A (50.8 mm)	B (38.1 mm)	C (25.4 mm)	D (19 mm)	E (12.5 mm)	F (9.5 mm)
	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"
63.00 mm	100					
50.00 mm	90-100	100				
38.10 mm	-	90-100	100			
25.00 mm	60-80	-	90-100	100		
19.00 mm	-	56-80	-	90-100	100	
12.50 mm	35-65	-	56-80	-	90-100	100
9.50 mm	-	-	-	56-80	-	90-100
4.75 mm	17-47	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85
2.36 mm	10-36	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67
0.30 mm	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23
0.075 mm	0-5	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10

⁽¹⁾ El tamaño máximo nominal es el tamaño del tamiz mayor siguiente al tamaño del primer tamiz que retenga más del 10% del agregado combinado. El tamaño máximo es el del tamiz mayor al correspondiente al tamaño máximo nominal.

El cemento asfáltico corresponde a un bitumen modificado con polímeros SBS tipo ID. Dicho bitumen modificado, cumple con las características requeridas para un 60-70 MOD PG 76 -10 TIPO ID.

Los coeficientes estructurales, determinados de acuerdo con las características de los materiales estudiados y diseños efectuados.

Tabla 27: Características de los Materiales– Estructuras Nuevas y Estabilizadas

MATERIAL	Agente estabilizante	MR (ksi)	Estabilidad (lb)	CBR (%)	ai
Carpeta asfáltica	PEN modificado	435.0			0.43
Suelo Estabilizado Con Emulsión (Asfalto Residual 2,5%)	Emulsión	150.0	1399	---	0.25*
Material granular existente	Ninguno	18.0	---	≤ 40.00	0.00 - 0.11

*Se comprueba que el suelo estabilizado cumple con la estabilidad mínima requerida de 1300 lb en su condición seca, sin embargo, se adopta el coeficiente estructural limitado a este valor mínimo.

Igualmente, se han considerado los valores estipulados en la Guía AASHTO, con base en las citadas características de los materiales (bases, subbases granulares, carpetas asfálticas y bases estabilizadas con asfalto).

Tabla 28: Coeficientes estructurales recomendados para pavimentos en servicio

MATERIAL	CONDICIÓN SUPERFICIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CONCRETO ASFÁLTICO	Pocas grietas de piel de cocodrilo o ninguna y/o grietas transversales de baja severidad únicamente	0.35 – 0.40
	< 10% piel de cocodrilo baja severidad y/o < 5% transversales media y alta severidad	0.25 – 0.35
	> 10% piel de cocodrilo baja severidad y/o < 10% piel de cocodrilo media severidad y/o > 5-10% transversales media – alta severidad.	0.20 – 0.30
	> 10% piel de cocodrilo severidad media y/o < 10% piel de cocodrilo alta severidad y/o > 10% transversales media- alta severidad	0.14 – 0.20
	> 10% piel de cocodrilo alta severidad y/o > 10% transversales alta severidad.	0.08 – 0.14

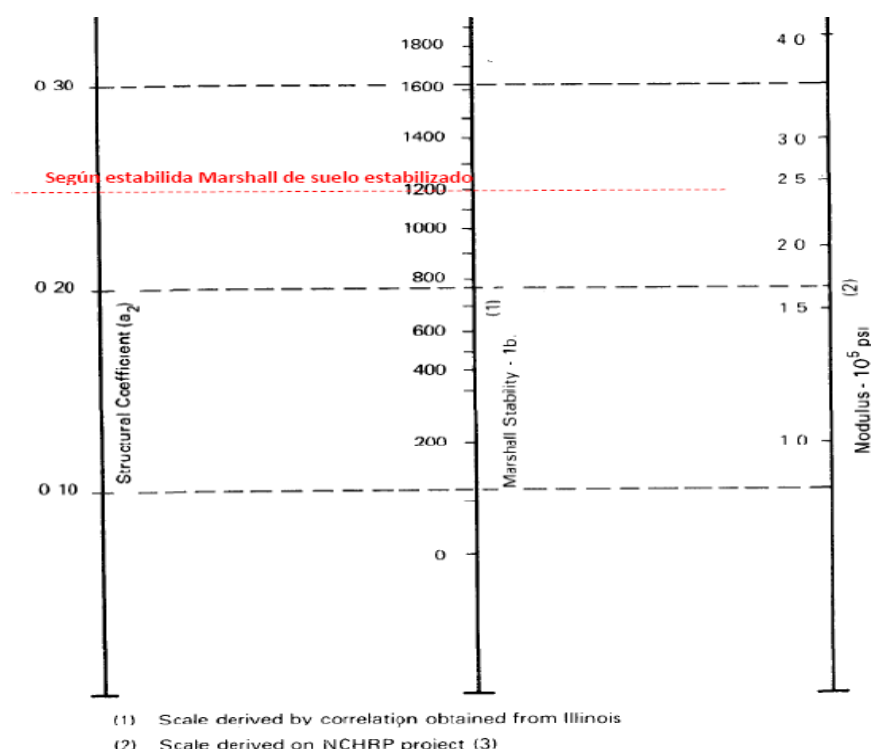
BASE ESTABILIZADA	Pocas grietas de piel de cocodrilo o ninguna y/o grietas transversales de baja severidad únicamente	0.20 – 0.35
	< 10% piel de cocodrilo baja severidad y/o < 5% transversales media y alta severidad	0.15 – 0.25
	>10% piel de cocodrilo baja severidad y/o <10% piel de cocodrilo media severidad y/o >5-10% transversales media – alta severidad.	0.15 – 0.20
	>10% piel de cocodrilo severidad media y/o <10% piel de cocodrilo alta severidad y/o > 10% transversales media- alta severidad	0.10 – 0.20
	>10% piel de cocodrilo alta severidad y/o >10% transversales alta severidad.	0.08 – 0.15

MATERIAL	CONDICIÓN SUPERFICIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
BASE O SUBBASE GRANULAR	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0.10 – 0.14
	Algún indicio de bombeo, degradación o contaminación por finos	0.00 – 0.10

Fuente: Guía AASHTO 93

A continuación, en el Ilustración 14, se presenta la lectura de coeficiente estructural para la base estabilizada mecánicamente.

Ilustración 14: Nomograma coeficiente estructural de bases estabilizadas con asfalto



3.2.3 Diseño estructural

Una vez definidas las soluciones, se procede a estimar el número estructural requerido de la estructura futura a través de la siguiente expresión:

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}(M_R) - 8.07$$

Dónde:

W18 = Ejes equivalente de 18 kpsi (8,2 Ton)

Zr = Variable Normalizada Z de la distribución normal asociada a la confiabilidad.

So = Desviación normal del error combinado

SN = Numero estructural requerido

ΔPSI = Diferencia entre el número estructural inicial y final esperado para la estructura

MR = Módulo resiliente de la subrasante

A partir del SN requerido para la estructura y según las características de los materiales que constituirán las capas del pavimento, se estiman los espesores de diseño.

$$D_{\text{capa nueva}} = \frac{SN}{(a_{\text{capa nueva}} * m_{\text{capa nueva}})}$$

Se debe verificar el cumplimiento del número estructural mínimo requerido sobre el material granular existente (SN capa sobreyacente), bien sea de acuerdo al método AASHTO, con base en el MR de la capa subyacente, o mediante modelación

mecanicista de acuerdo a las leyes de fatiga de los materiales empleados.

Para esto último, deben emplearse ecuaciones de transferencia que representen de la mejor manera la fatiga de los materiales para establecer parámetros de trabajo o admisibles, las cuales serán comparadas con valores obtenidos mediante teoría de la elasticidad, para lo cual existe una gama de programas computacionales que ayudan en este propósito (Kenlayer, Depav, Windepav, etc.).

Finalmente se verifica que el número estructural resultante, sea mayor que el requerido.

A continuación, en la Tabla 28, se presenta el resumen de diseño para el tramo. También se presentan alternativas de solución con materiales convencionales.

Tabla 29: Diseño de Pavimentos - Período de diseño de 5 años (2019 – 2023).

						Parámetros de diseño AASHTO 93								Evaluación Estructural AASHTO 93	Solución Propuesta						
Tramo	Sub tramo	Progr. Inicial	Progr. Final	Long. (m)	Mr diseño (CBR) (psi)	NEE 8.2 Tn (2019 - 2023)	Confiab. R (%)	Zr	So	PSI Inicial Po	PSI Final Pt	ΔPSI (Po - Pt)	Número Estructural requerido SNrequerido 2023	Aporte estructural	Número estructural					ΔSN (requerido - diseño)	SNdiseño > SNrequerido
														Número Estructural efectivo SNefectivo	Reciclado Material Granular a2 0.1	Reciclado TSB 1 pulg a1 Variable	Material granular estabilizado + Recarga 8 pulg (Reciclado) a2=0.24/pulg	Recapeo a1=0.43/pulg	SN Diseño		
1	1-1	681+200	684+600	3,400	9,669	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	3.22	2.70	-0.40	-0.37	1.92	0.43	4.28	-1.06	Cumple
1	1-2	684+600	685+700	1,100	9,669	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	3.22	3.80	-0.40	-0.37	1.92	0.43	5.38	-2.16	Cumple
1	1-3	685+700	686+700	1,000	34,127	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	1.94	3.80			1.92	0.43	6.15	-4.21	Cumple
1	1-4	686+700	688+100	1,400	34,127	1.29E+06	85%	-1.036	1.45	4.00	2.50	1.50	1.94	3.90	-0.40	-0.37	1.92	0.43	5.48	-3.54	Cumple
1	1-5	688+100	692+200	4,100	8,128	1.29E+06	85%	-1.036	2.45	4.00	2.50	1.50	3.45	3.60			1.92	0.43	5.95	-2.50	Cumple

Tabla 30: Diseño de Pavimentos - Período de diseño de 5 años (2019 – 2023) Alternativa.

						Parámetros de diseño AASHTO 93								Solución Propuesta																	
Tramo	Sub tramo	Progr. Inicial	Progr. Final	Long. (m)	Mr diseño (CBR) (psi)	NEE 8.2 Tn (2019 - 2023)	Confiab. R (%)	Zr	S _o	PSI Inicial P _o	PSI Final P _t	ΔPSI (P _o - P _t)	Número Estructural requerido SN _{requerido 2023}	Número estructural												ΔSN (requerido - diseño)	SN _{diseño} > SN _{requerido}				
														Subbase Granular (cm)				Base Granular (cm)				Material granular estabilizado (cm)						Carpeta Asfáltica (cm)			
														ai	mi	ai	mi	ai	mi	ai	mi	ai	mi	ai	mi						
1	1-1	681+200	684+600	3,400	9,669	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	3.22	30	0.11	1.0	20	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.2	-0.03	Cumple			
1	1-2	684+600	685+700	1,100	9,669	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	3.22	30	0.11	1.0	20	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.2	-0.03	Cumple			
1	1-3	685+700	686+700	1,000	34,127	1.29E+06	85%	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.50	1.94	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-1.03	Cumple			
1	1-4	686+700	688+100	1,400	34,127	1.29E+06	85%	-1.036	1.45	4.00	2.50	1.50	1.94	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-1.03	Cumple			
1	1-5	688+100	692+200	4,100	8,128	1.29E+06	85%	-1.036	2.45	4.00	2.50	1.50	3.45	30	0.11	1.0	25	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.5	-0.08	Cumple			
2	2-1	603+000	611+000	8,000	26,561	9.27E+05	80%	-0.842	3.45	3.80	2.00	1.80	1.95	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-1.03	Cumple			
2	2-2	611+000	615+500	4,500	11,152	9.27E+05	80%	-0.842	4.45	3.80	2.00	1.80	2.72	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.26	Cumple			
2	2-3	615+500	622+500	7,000	13,514	9.27E+05	80%	-0.842	5.45	3.80	2.00	1.80	2.53	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.45	Cumple			
2	2-4	622+500	626+000	3,500	21,408	9.27E+05	80%	-0.842	6.45	3.80	2.00	1.80	2.12	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.86	Cumple			
2	2-4	626+000	628+000	2,000	21,408	9.27E+05	80%	-0.842	6.45	3.80	2.00	1.80	2.12	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.86	Cumple			
2	2-4	624+000	628+000	4,000	21,408	9.27E+05	80%	-0.842	6.45	3.80	2.00	1.80	2.12	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.86	Cumple			
2	2-5	628+000	633+200	5,200	11,647	9.27E+05	80%	-0.842	7.45	3.80	2.00	1.80	2.67	30	0.11	1.0	15	0.14	1.0		0.24	1.0	5.0	0.43	1.0	3.0	-0.30	Cumple			

La solución para intervención del pavimento para el tramo: Picota - Caspizapa en los progresivos km 681+200 y 692+200 es el siguiente:

- Reciclado de la carpeta asfáltica y el material granular existente (espesor =10.0 cm, ancho = 7.2m, Km 681+200 a 685+700 y de Km 686+700 a 688+100)
- Estabilización del RAP más el material granular con emulsión asfáltica (dosificación mínima: 2.5% Asfalto Residual). Estabilidad mínima 1300 lb. (espesor = 20.0 cm, ancho = 7.2 m, todo el tamo)
- Recarga con Material granular. (espesor = 10cm, ancho = 7.2 m, Km 681+200 a 685+700 y de Km 686+700 a 688+100)
- Recarga con Material granular. (espesor = 20 cm, ancho = 7.2 m, Km 685+700 a 686+700 y de 688+100 a 692+200)
- Aplicación de imprimación asfáltica (CSS-1) (ancho = 7.2 m)
- Tratamiento Superficial Bicapa (Todo el tramo).

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

Luego de realizar la “evaluación del reciclado de pavimento y su relación con la conservación de la infraestructura vial, caso: carretera Tarapoto - Tingo María, Tramo: Picota – Caspizapa - 2020”, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Un 20% del IMDa corresponde al segmento de vehículos pesados, de los cuales el 7% representa a los camiones de seis ejes, lo que le convierte en una carretera de primera clase según la clasificación por IMD del Manual de Carreteras y DG 2014.
2. La rasante de la vía en gran parte de su longitud, se encuentra rodeada de sembríos bajo riego que tienen la misma cota de terreno, esto tiene incidencia significativa en el comportamiento de las estructuras superficiales.
3. Según reportes del SENAMHI, en la zona se reportan histogramas de temperaturas que registran grados máximos de 50°C a 2 Cm. De profundidad del pavimento, lo que superaría el punto de ablandamiento de cualquier asfalto convencional, con la consecuencia de deformaciones permanentes ante cargas importantes y de bajas velocidades.
4. El resultado de la prospección de suelos caracteriza al tramo como un suelo de arcillas de baja plasticidad, con CBR menor al 6% lo cual requiere la intervención para mejorar la sub rasante y garantizar la estabilidad de la capa de rodadura.

Por lo tanto, el reciclado de pavimento no influirá significativamente en el mejoramiento de las condiciones del pavimento de la Carretera y consecuentemente en la Conservación Vial.

4.2. RECOMENDACIONES:

Teniendo en cuenta los Términos de Referencia y el Diseño Ejecutivo del Programa de Trabajo (DEPT), recomendamos lo siguiente:

1. Una futura intervención en el tramo debe comprender un nuevo diseño estructural a nivel de la capa de rodadura, de manera que por lo menos guarde homogeneidad con el espesor de la carpeta estructural la carretera de la que forma parte.
2. Profundización de estudios hidrológicos en tramos críticos que contemplen la factibilidad del nuevo diseño geométrico de la vía.

CAPITULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO, Guide for Pavements Design of Pavement Structures. 1993.
- CHÁVEZ PASQUEL, CARLO E. Y VELA VILLACORTA, GUNTER A. "Evaluación del paquete estructural del pavimento en el tramo Picota – Caspizapa, provincia de Picota, región San Martín, 2014".
- Federal Highway Administration – Office of Pavement Technology, 2011. AASHTO: M323, M320, T315, TP 70-12, MP 19-10.
- HUANG, Yang H. "Pavement analysis and design", Prentice Hall. United States of America, 1993.
- MTC, Manual de Carreteras: Mantenimiento y Conservación Vial. 2014.
- MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección de Suelos y pavimentos. 2013.
- PACHECO FLORES CLAUDIA L, DELGADO ALAMILLA HORACIO, GARNICA ANGUAS PAUL. Análisis de propiedades de desempeño de un ligante asfáltico.
- MARTÍNEZ-ECHEVARRÍA ROMERO, JOSÉ. "Estudio del procedimiento de compactación en laboratorio para mezclas recicladas en frío con emulsión bituminosa". España – 2012.
- SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, MARÍA YAKELI. "Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado 9por el método del reciclaje en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000), Lima - 2017".
- VASQUES VARELA, LUIS RICARDO. "Método empírico - mecanicista de diseño de pavimentos flexibles". Manizales 2002.
- WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, "WSDOT pavement guide", July 1998.
- YODER, E. J. y WITCZAK, M. W. "PRINCIPLES OF PAVEMENT DESING". Second edition. Jhon Wiley & Sons, Inc. 1975.

CAPÍTULO VI: ANEXOS
ANEXO 01
ESTUDIO DEL TRÁFICO



Días	Sentido	Ligeros						Bus			Camiones			Semi Trailer				Trailer				Total
		Auto	Station Wagon	Pick Up	Panel	Rural	Micro	B2	B3	B4	C2	C3	C4	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
Lunes 05/08/2019	Entrada	360	153	215	4	15	1	8	9	1	59	92	13	0	0	4	99	0	0	0	4	1037
	Salida	341	157	206	7	26	1	5	10	1	52	76	13	1	2	3	58	0	0	2	1	962
	Ambos	701	310	421	11	41	2	13	19	2	111	168	26	1	2	7	157	0	0	2	5	1999
Martes 06/08/2019	Entrada	399	180	200	5	22	4	9	10	0	55	37	16	2	5	5	58	2	0	0	5	1014
	Salida	382	160	199	7	22	2	7	9	0	60	46	13	2	4	8	74	0	1	0	3	999
	Ambos	781	340	399	12	44	6	16	19	0	115	83	29	4	9	13	132	2	1	0	8	2013
Miércoles 07/08/19	Entrada	394	167	205	7	23	1	10	7	1	55	41	11	0	2	8	69	4	0	0	0	1005
	Salida	401	158	198	2	30	0	8	5	2	53	53	7	2	0	4	89	1	0	2	6	1021
	Ambos	795	325	403	9	53	1	18	12	3	108	94	18	2	2	12	158	5	0	2	6	2026
Jueves 08/08/2019	Entrada	383	145	164	1	37	1	7	9	2	38	25	12	1	0	5	50	0	0	0	2	882
	Salida	335	133	166	2	39	2	7	8	4	36	15	7	0	0	3	60	1	0	0	3	821
	Ambos	718	278	330	3	76	3	14	17	6	74	40	19	1	0	8	110	1	0	0	5	1703
Viernes 09/08/2019	Entrada	439	212	210	6	31	1	8	9	0	51	34	9	0	0	4	50	1	0	0	9	1074
	Salida	385	187	191	5	28	1	8	10	0	43	30	14	0	1	3	76	1	0	1	6	990
	Ambos	824	399	401	11	59	2	16	19	0	94	64	23	0	1	7	126	2	0	1	15	2064
Sabado 10/08/2019	Entrada	344	150	218	8	21	2	9	7	2	71	64	11	3	0	2	74	1	0	0	0	987
	Salida	339	142	202	6	21	3	10	8	1	62	56	11	1	0	0	57	1	1	4	1	926
	Ambos	683	292	420	14	42	5	19	15	3	133	120	22	4	0	2	131	2	1	4	1	1913
Domingo 11/08/2019	Entrada	347	132	228	6	15	0	6	7	1	56	70	4	2	1	2	85	3	0	0	3	968
	Salida	373	140	227	10	20	2	6	6	2	45	64	5	0	1	6	58	1	0	1	3	970
	Ambos	720	272	455	16	35	2	12	13	3	101	134	9	2	2	8	143	4	0	1	6	1938

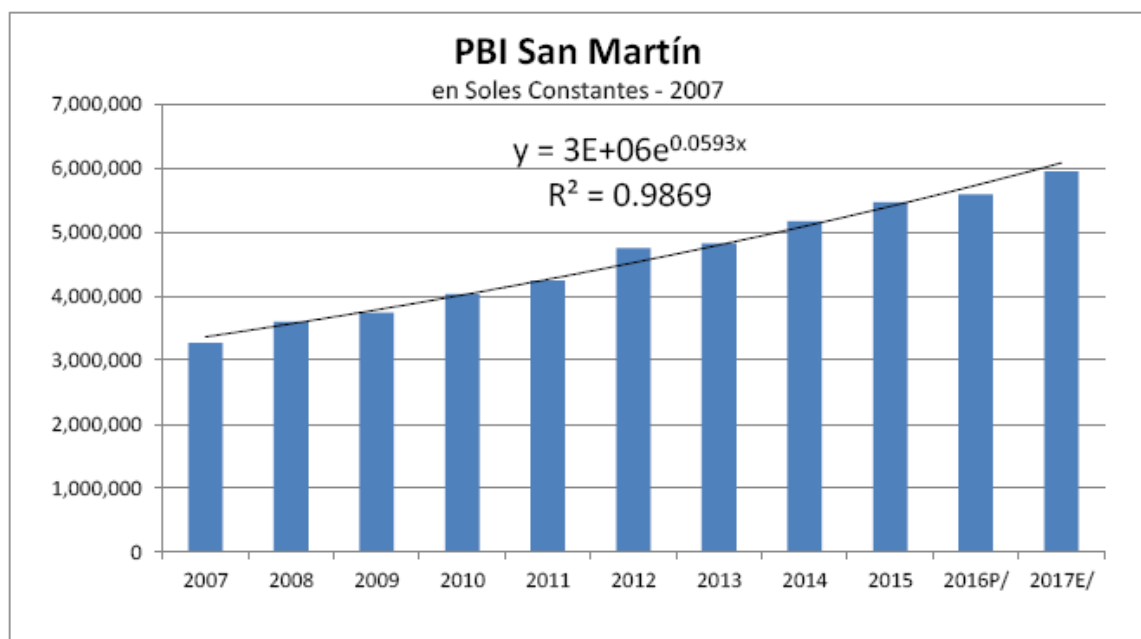
PROYECCIONES DE ESAL

Para determinar las proyecciones de ESAL se emplearon las tasas de crecimiento de la población para los vehículos de transporte de pasajeros (buses) y la tasa de crecimiento del PBI para los vehículos de carga.

Tabla 31: Tasas de Crecimiento de Vehículos

Periodo 2019 - 2037	
Tipo de Vehículo	Tasa Crecimiento
V. Ligeros	4.92%
Buses	4.92%
Camiones	6.18%
Articulados	6.18%

Ilustración 15: Estimaciones PBI Región San Martín



Fuente. INEI. Web 2018

Tabla 32: Tasa de Crecimiento Población: Perú
PERÚ: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN
DEPARTAMENTO, 1940 - 2017
(Porcentaje)

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2
Total	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	
Prov. Const. del Callao	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	
Cusco	1,1	1,4	1,7	1,8	0,9	
Huancavelica	1,0	0,8	0,5	0,9	1,2	
Huánuco	1,6	2,1	1,6	2,7	1,1	
Ica	2,9	3,1	2,2	2,2	1,6	
Junín	2,1	2,7	2,2	1,6	1,2	
La Libertad	2,0	2,8	2,5	2,2	1,7	
Lambayeque	2,8	3,8	3,0	2,6	1,3	
Lima	4,4	5,0	3,5	2,5	2,0	
Loreto	2,8	2,9	2,8	3,0	1,8	
Madre de Dios	5,4	3,3	4,9	6,1	3,5	
Moquegua	2,0	3,4	3,5	2,0	1,6	
Pasco	2,0	2,3	2,0	0,5	1,5	
Piura	2,4	2,3	3,1	1,8	1,3	
Puno	1,1	1,1	1,5	1,6	1,1	
San Martín	2,6	3,0	4,0	4,7	2,0	
Tacna	2,9	3,4	4,5	3,6	2,0	
Tumbes	3,7	2,9	3,4	3,4	1,8	
Ucayali	6,8	5,9	3,4	5,6	2,2	
Provincia de Lima 1/	5,2	5,7	3,7	2,7	2,0	
Región Lima 2/	2,0	1,9	1,9	1,3	1,5	

1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.

2/ Comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda.

E1 CP Nueva Unión Entrada

Carretera PE - 5N Fernando Belaunde Terry
 Tramo Picota - Caspizapa
 Estación E-1 Nueva Unión
 Censo de Carga CC Nueva Unión
 Factor direccional: 1
 Factor Carril: 1

Entrada

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Indice Medio Diario Anual*	2019	8	8	1	52	51	10	1	1	4	70	1	1	3	214		
Fc x Fp**		4.153	2.722	2.186	1.336	1.603	2.270	5.025	9.396	1.555	4.475	2.335	6.021	4.278			
Tasa crecimiento = R		4.920	4.920	4.920	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180			
R/100 = r		0.049	0.049	0.049	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062			
Factor de Crecimiento		1.049	1.049	1.049	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	11,537	8,303	1,190	25,535	29,676	8,653	1,642	4,095	2,286	115,049	890	3,279	5,359	217,495	217,495	2.17E+05
2020	1	12,105	8,711	1,249	27,113	31,510	9,187	1,744	4,348	2,427	122,159	945	3,482	5,691	230,671	448,166	4.48E+05
2021	1	12,700	9,140	1,310	28,788	33,457	9,755	1,852	4,617	2,577	129,708	1,004	3,697	6,042	244,648	692,814	6.93E+05
2022		13,325	9,590	1,375	30,568	35,525	10,358	1,966	4,902	2,737	137,724	1,066	3,926	6,416	259,476	952,290	9.52E+05
2023		13,981	10,062	1,443	32,457	37,720	10,998	2,087	5,205	2,906	146,236	1,131	4,168	6,812	275,206	1,227,496	1.23E+06
2024		14,669	10,557	1,513	34,463	40,051	11,678	2,216	5,527	3,085	155,273	1,201	4,426	7,233	291,892	1,519,388	1.52E+06
2025		15,390	11,076	1,588	36,592	42,526	12,400	2,353	5,868	3,276	164,869	1,276	4,700	7,680	309,594	1,828,982	1.83E+06
2026		16,147	11,621	1,666	38,854	45,155	13,166	2,499	6,231	3,478	175,058	1,354	4,990	8,155	328,374	2,157,356	2.16E+06
2027		16,942	12,193	1,748	41,255	47,945	13,980	2,653	6,616	3,693	185,876	1,438	5,298	8,659	348,296	2,505,652	2.51E+06
2028		17,775	12,793	1,834	43,804	50,908	14,843	2,817	7,025	3,922	197,363	1,527	5,626	9,194	369,432	2,875,084	2.88E+06
2029		18,650	13,422	1,924	46,512	54,054	15,761	2,991	7,459	4,164	209,560	1,621	5,974	9,762	391,854	3,266,939	3.27E+06
2030		19,568	14,082	2,019	49,386	57,395	16,735	3,176	7,920	4,421	222,511	1,722	6,343	10,365	415,643	3,682,581	3.68E+06
2031		20,530	14,775	2,118	52,438	60,942	17,769	3,373	8,410	4,694	236,262	1,828	6,735	11,006	440,880	4,123,461	4.12E+06
2032		21,540	15,502	2,223	55,679	64,708	18,867	3,581	8,929	4,985	250,863	1,941	7,151	11,686	467,655	4,591,116	4.59E+06
2033		22,600	16,265	2,332	59,120	68,707	20,033	3,802	9,481	5,293	266,367	2,061	7,593	12,408	496,061	5,087,177	5.09E+06
2034		23,712	17,065	2,447	62,773	72,953	21,271	4,037	10,067	5,620	282,828	2,188	8,062	13,175	526,199	5,613,376	5.61E+06
2035		24,879	17,905	2,567	66,653	77,462	22,586	4,287	10,689	5,967	300,307	2,324	8,560	13,989	558,173	6,171,549	6.17E+06
2036		26,103	18,786	2,693	70,772	82,249	23,982	4,552	11,350	6,336	318,866	2,467	9,089	14,854	592,097	6,763,646	6.76E+06
2037		27,387	19,710	2,826	75,145	87,332	25,464	4,833	12,051	6,727	338,572	2,620	9,651	15,772	628,089	7,391,735	7.39E+06
2038		28,734	20,679	2,965	79,789	92,729	27,037	5,132	12,796	7,143	359,496	2,782	10,247	16,746	666,276	8,058,011	8.06E+06
2039		30,148	21,697	3,111	84,720	98,459	28,708	5,449	13,587	7,584	381,713	2,953	10,881	17,781	706,792	8,764,803	8.76E+06

* = Vehículos Pesados

**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

E1 CP Nueva Unión Salida

Carretera PE - 5N Fernando Belaunde Terry
 Tramo Picota - Caspizapa
 Estación E-1 Nueva Unión
 Censo de Carga CC Nueva Unión
 Factor direccional: 1
 Factor Carril: 1

Salida

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

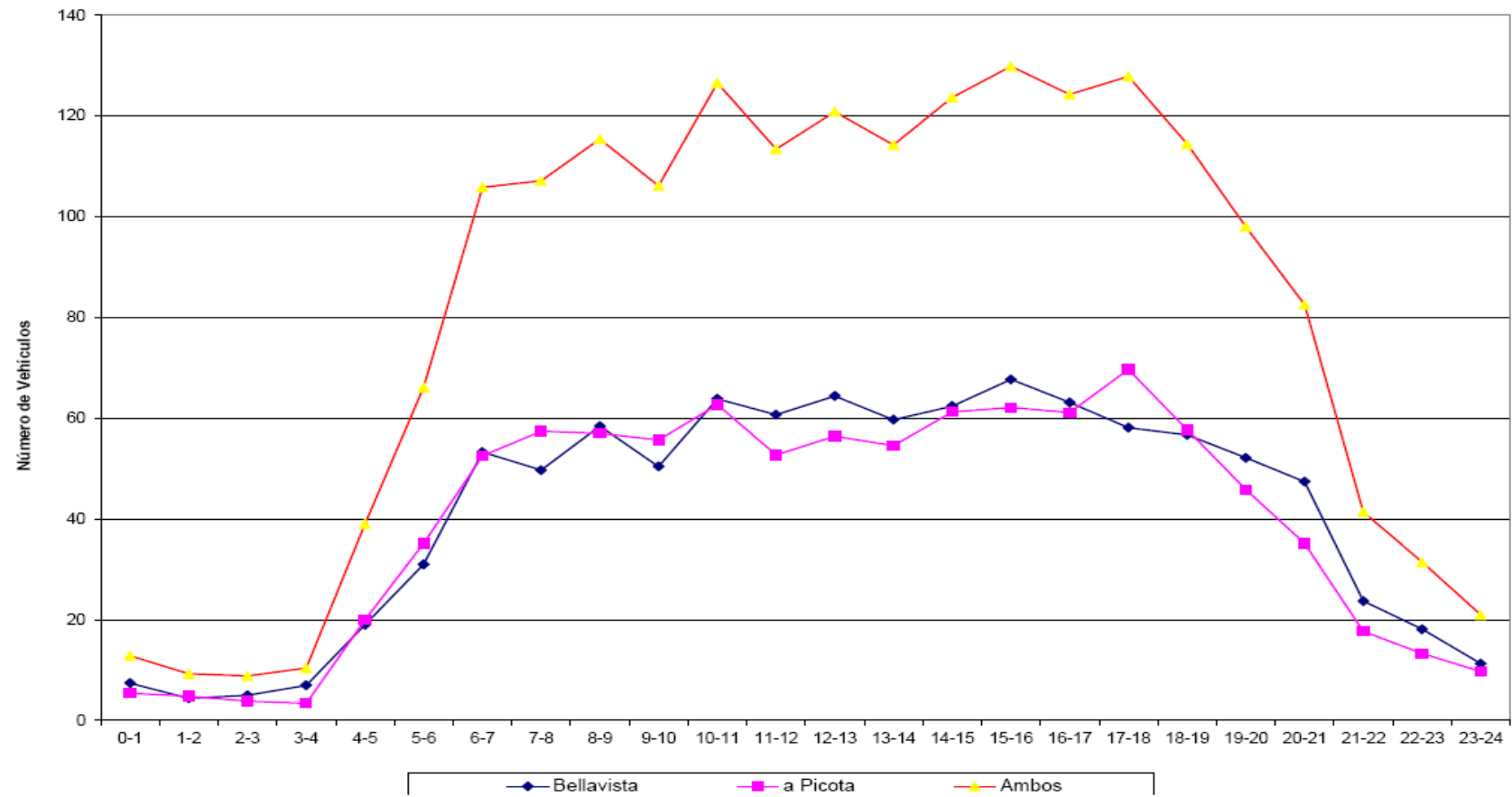
		Omnibus			Camiones			Semi Trayer				Trayer			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Indice Medio Diario Anual*	2019	9	9	1	57	54	11	1	1	4	72	2	0	3	225		
Fc x Fp**		3.602	3.051	3.292	1.632	1.823	1.845	5.025	2.392	1.840	4.455	2.335	4.537	2.950			
Tasa crecimiento = R		4.920	4.920	4.920	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180	6.180			
R/100 = r		0.049	0.049	0.049	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062			
Factor de Crecimiento		1.049	1.049	1.049	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062	1.062			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	11,181	9,639	1,255	34,229	36,035	7,637	2,190	1,042	3,007	117,670	1,399	0	3,695	228,978	228,978	2.29E+05
2020	1	11,731	10,113	1,317	36,345	38,262	8,109	2,325	1,107	3,193	124,942	1,485	0	3,923	242,851	471,829	4.72E+05
2021	1	12,308	10,611	1,382	38,591	40,626	8,610	2,469	1,175	3,390	132,663	1,577	0	4,166	257,567	729,396	7.29E+05
2022		12,914	11,133	1,450	40,976	43,137	9,142	2,621	1,248	3,600	140,861	1,675	0	4,423	273,179	1,002,575	1.00E+06
2023		13,549	11,680	1,521	43,508	45,803	9,707	2,783	1,325	3,822	149,567	1,778	0	4,697	289,740	1,292,315	1.29E+06
2024		14,216	12,255	1,596	46,197	48,633	10,307	2,955	1,406	4,058	158,810	1,888	0	4,987	307,309	1,599,623	1.60E+06
2025		14,916	12,858	1,674	49,052	51,639	10,944	3,138	1,493	4,309	168,624	2,005	0	5,295	325,947	1,925,570	1.93E+06
2026		15,649	13,491	1,757	52,083	54,830	11,620	3,332	1,586	4,575	179,045	2,128	0	5,622	345,719	2,271,289	2.27E+06
2027		16,419	14,154	1,843	55,302	58,219	12,338	3,538	1,684	4,858	190,110	2,260	0	5,970	366,695	2,637,985	2.64E+06
2028		17,227	14,851	1,934	58,720	61,817	13,101	3,756	1,788	5,158	201,859	2,400	0	6,339	388,949	3,026,933	3.03E+06
2029		18,075	15,581	2,029	62,349	65,637	13,910	3,989	1,898	5,477	214,334	2,548	0	6,730	412,557	3,439,491	3.44E+06
2030		18,964	16,348	2,129	66,202	69,693	14,770	4,235	2,016	5,816	227,580	2,705	0	7,146	437,604	3,877,094	3.88E+06
2031		19,897	17,152	2,233	70,293	74,000	15,683	4,497	2,140	6,175	241,644	2,873	0	7,588	464,176	4,341,270	4.34E+06
2032		20,876	17,996	2,343	74,637	78,573	16,652	4,775	2,272	6,557	256,578	3,050	0	8,057	492,367	4,833,637	4.83E+06
2033		21,903	18,882	2,459	79,250	83,429	17,681	5,070	2,413	6,962	272,435	3,239	0	8,555	522,276	5,355,912	5.36E+06
2034		22,981	19,810	2,580	84,147	88,585	18,774	5,383	2,562	7,392	289,271	3,439	0	9,083	554,008	5,909,920	5.91E+06
2035		24,111	20,785	2,707	89,348	94,060	19,934	5,716	2,720	7,849	307,148	3,651	0	9,645	587,674	6,497,594	6.50E+06
2036		25,298	21,808	2,840	94,869	99,873	21,166	6,069	2,888	8,334	326,130	3,877	0	10,241	623,392	7,120,986	7.12E+06
2037		26,542	22,881	2,979	100,732	106,045	22,474	6,444	3,067	8,849	346,285	4,117	0	10,874	661,288	7,782,274	7.78E+06
2038		27,848	24,006	3,126	106,958	112,598	23,863	6,842	3,256	9,396	367,685	4,371	0	11,546	701,496	8,483,769	8.48E+06
2039		29,218	25,188	3,280	113,568	119,557	25,338	7,265	3,458	9,976	390,408	4,641	0	12,259	744,155	9,227,925	9.23E+06

* = Vehículos Pesados

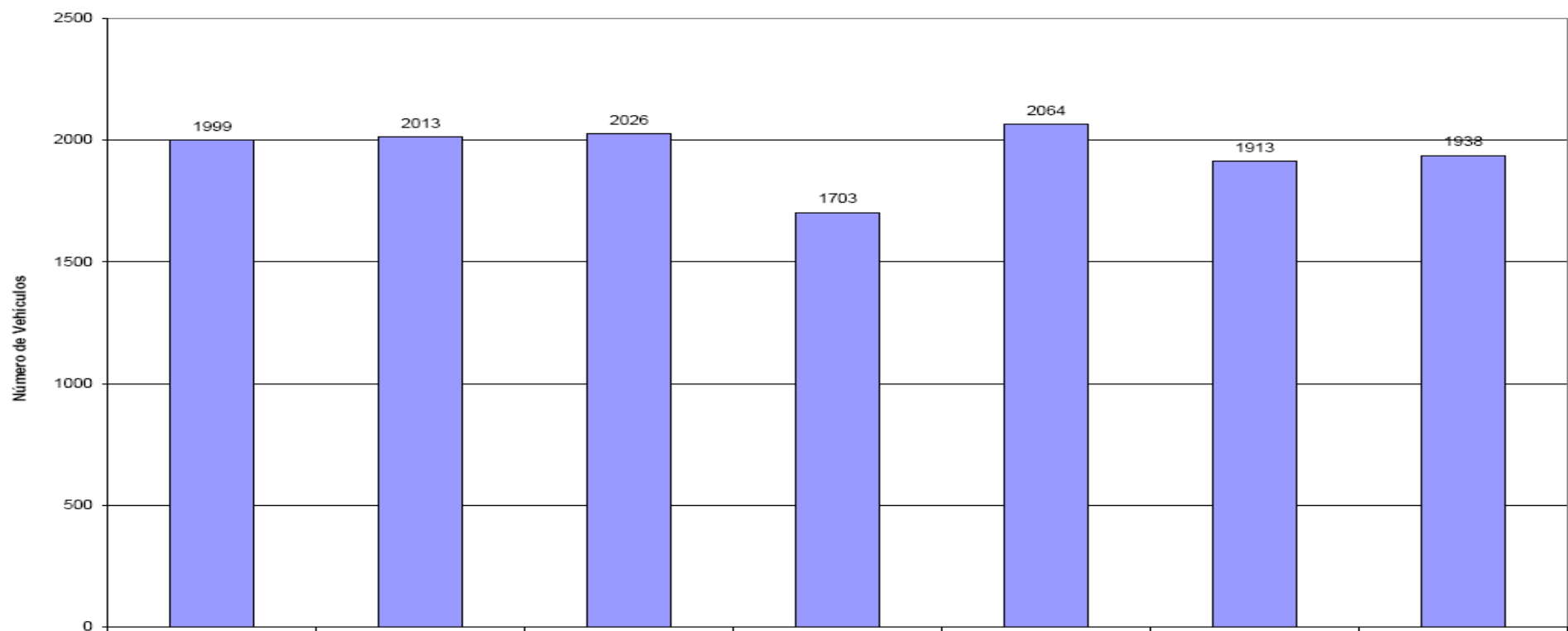
**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

Cálculo de Ejes Equivalentes - Factores de Carga 2019 con Factor de Corrección de Presión de Llantas e= 50mm	
Sentido: Carril de Diseño	
Año IMDa	Tramo 1
	Picota - Caspizapa
2019	2.29E+05
2020	4.72E+05
2021	7.29E+05
2022	1.00E+06
2023	1.29E+06
2024	1.60E+06
2025	1.93E+06
2026	2.27E+06
2027	2.64E+06
2028	3.03E+06
2029	3.44E+06
2030	3.88E+06
2031	4.34E+06
2032	4.83E+06
2033	5.36E+06
2034	5.91E+06
2035	6.50E+06
2036	7.12E+06
2037	7.78E+06
2038	8.48E+06

Estación E1 Nueva Unión
Variación Horaria del Promedio Vehicular
del 05/08/2019 al 11/08/2019



**Variación Diaria del Total de Vehículos
Estación E1 Nueva Unión
del 05/08/2019 al 11/08/2019**



Conteo Vehicular

Lunes 05

Martes 06

Miércoles 07

Jueves 08

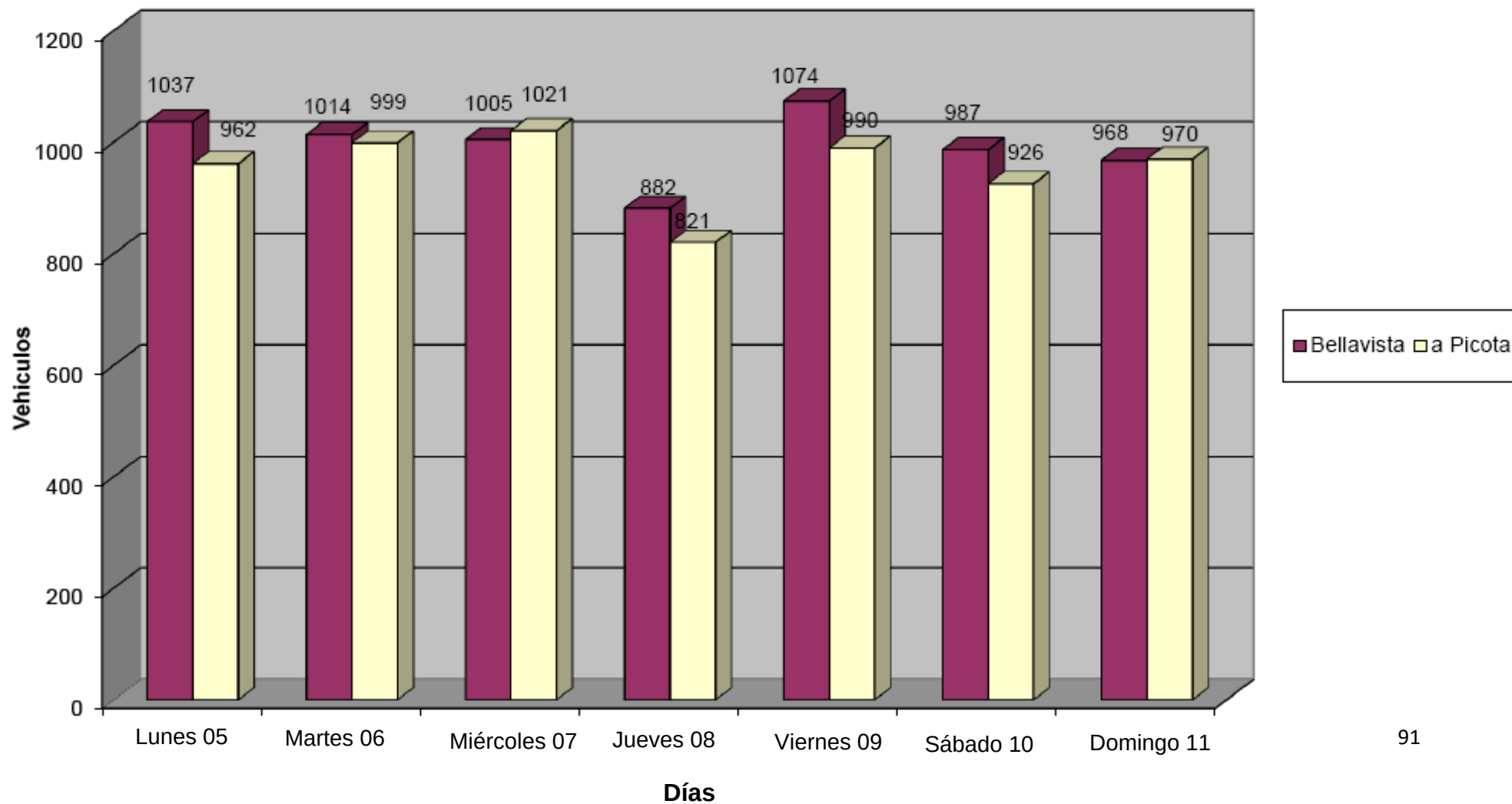
Viernes 09

Sábado 10

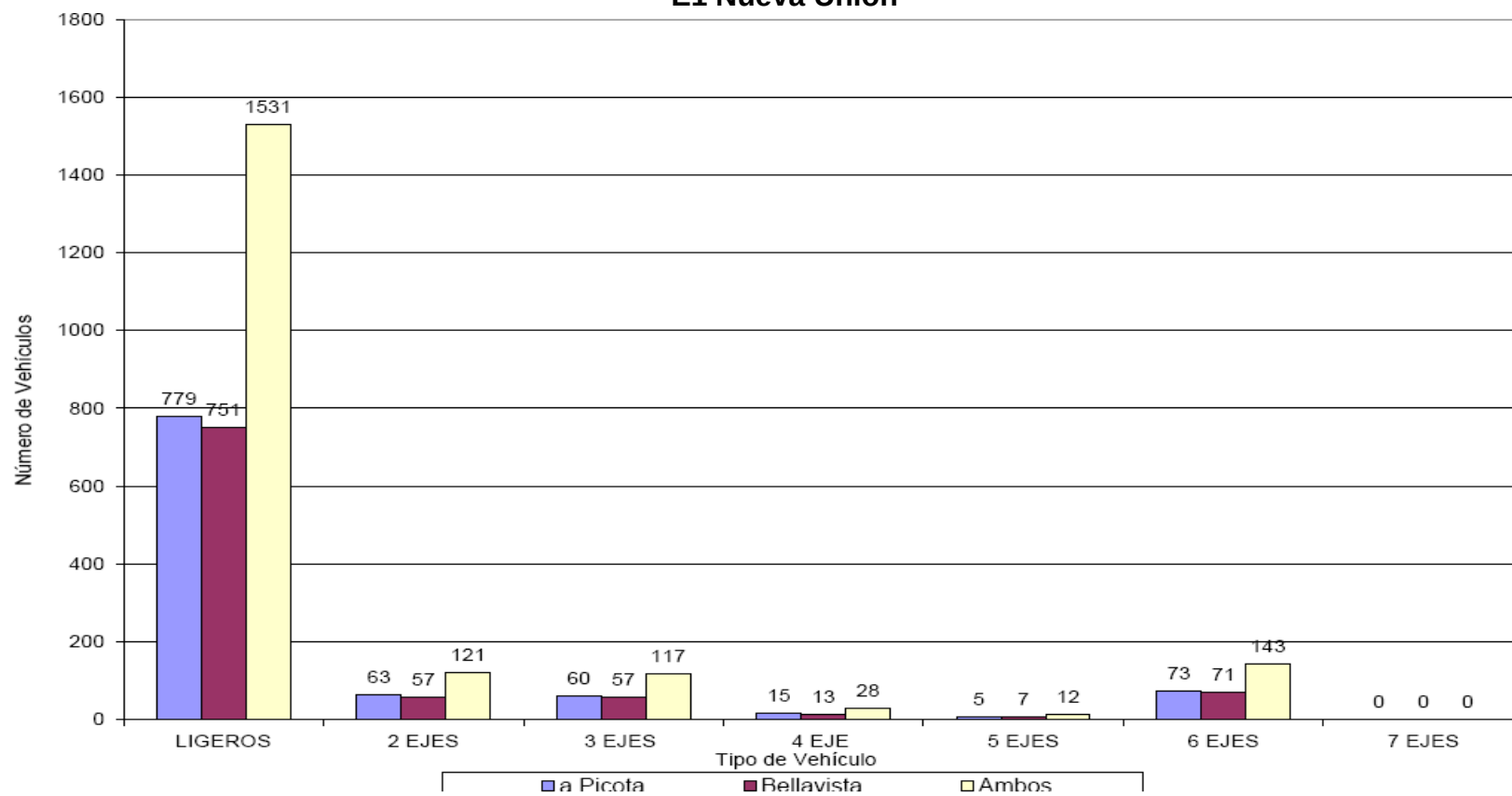
Domingo 11

90

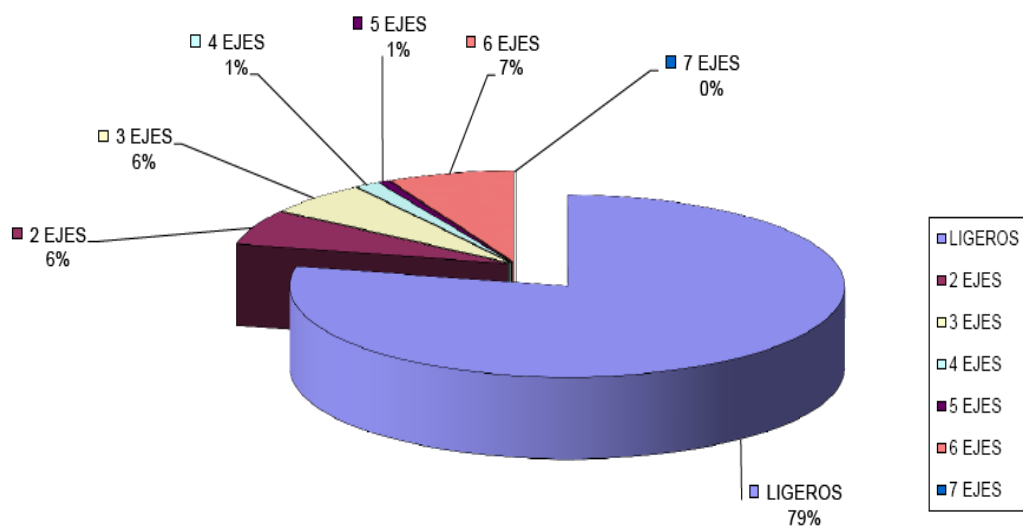
**Estación E1 Nueva Unión
del 05/08/2019 al 11/08/2019**



Clasificación Vehicular del Promedio E1 Nueva Unión



Distribución Porcentual por Tipo de Vehículos
Estudio de Tráfico
Estación E1 Nueva Unión
del 05/08/2019 al 11/08/2019



ANEXO 02

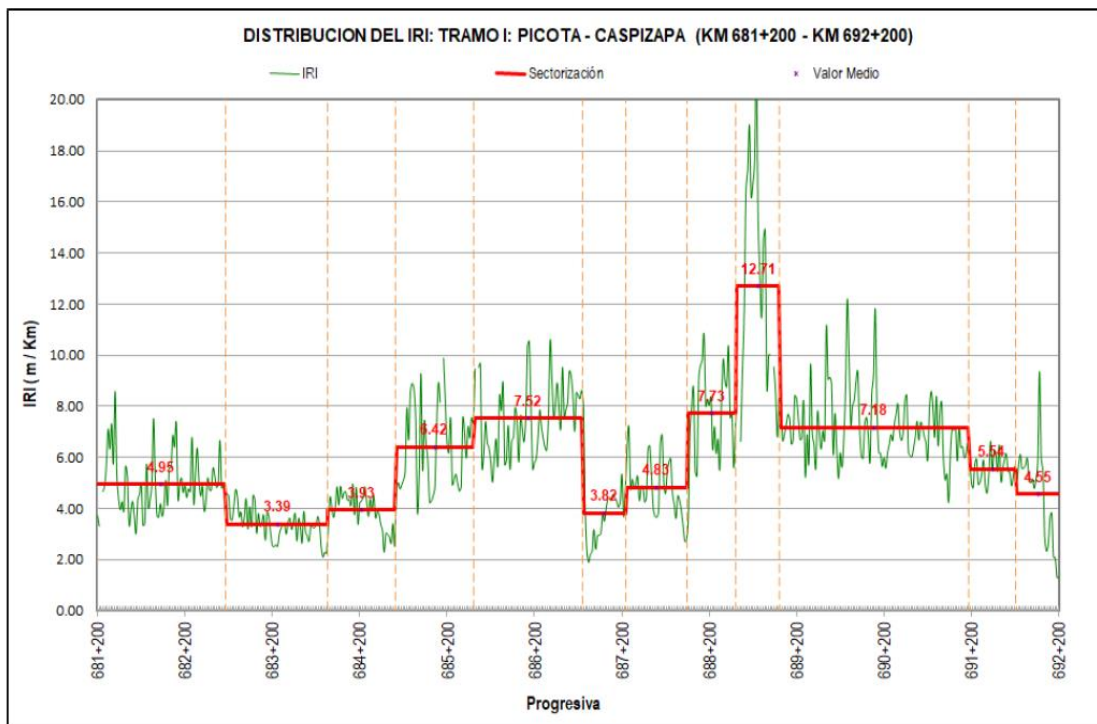
EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS MEDICIONES

En términos generales, en el TRAMO : PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200) se tiene un valor de IRI promedio de 5.98 m/km.

Posteriormente se presentarán los sectores homogéneos de la calzada con los valores promedio del IRI evaluado. La siguiente Ilustración presenta la distribución del IRI obtenida para el tramo evaluado.

Ilustración 16: Distribución del IRI, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)



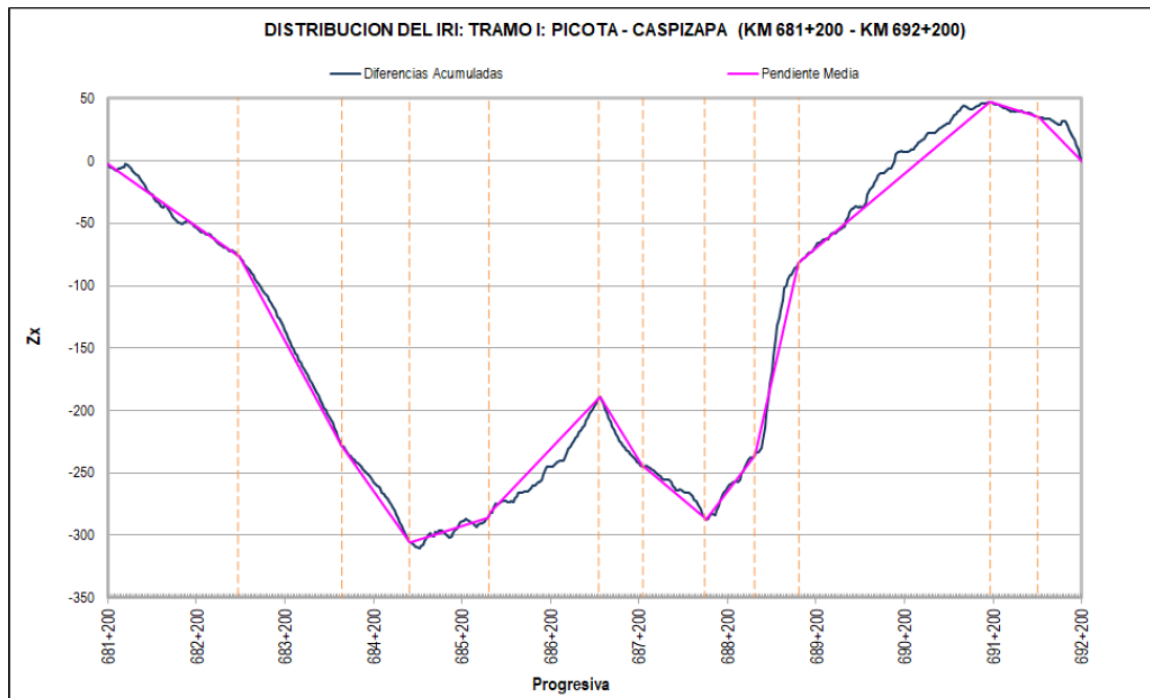
En la irregularidad superficial del presente tramo, cuya superficie es carpeta asfáltica, se presentan alcantarillas, badenes y otros elementos ajenos a la superficie de rodadura, que afectan

negativamente la condición funcional de la carretera, para efectos de cálculo estos puntos han sido obviados.

SECTORIZACIÓN

La Metodología para el cálculo de sectores homogéneos con los cuales se realizará la evaluación funcional. A continuación, la Ilustración 17 presenta la distribución de diferencias acumuladas para la rugosidad medida en esta calzada.

Ilustración 17: Distribución de diferencias acumuladas para el índice de rugosidad, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)



La Tabla 34, presenta los sectores homogéneos obtenidos para el presente tramo evaluado.

**Tabla 33: Sectores Homogéneos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**

Sector	Progresiva Inicial (Km)	Progresiva Final (Km)
1	681+200	682+680
2	682+680	683+840
3	683+840	684+620
4	684+620	685+520
5	685+520	686+760
6	686+760	687+260
7	687+260	687+960
8	687+960	688+520
9	688+520	689+020
10	689+020	691+180
11	691+180	691+720
12	691+720	692+200

De la sectorización realizada, por el método estadístico de las diferencias acumuladas (recomendado por AASHTO) se ha identificado doce (12) sectores homogéneos a lo largo del tramo, la Tabla 33 presenta el resumen de los parámetros estadísticos obtenidos para cada uno de los sectores determinados, de donde se distingue que los sectores 6 y 12 presentan una alta variabilidad en los valores de IRI, con coeficientes de variación de 33% y 41% respectivamente.

**Tabla 34: Parámetros Estadísticos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación estándar (m/km)	Coeficiente de variación (%)
	Inicio	Final			
1	681+200	682+680	4.95	1.12	23%
2	682+680	683+840	3.40	0.62	18%
3	683+840	684+620	3.93	0.70	18%
4	684+620	685+520	6.42	1.60	25%
5	685+520	686+760	7.52	1.38	18%
6	686+760	687+260	3.82	1.28	33%
7	687+260	687+960	4.83	1.12	23%
8	687+960	688+520	7.73	1.72	22%
9	688+520	689+020	12.71	4.19	33%
10	689+020	691+180	7.18	1.33	19%
11	691+180	691+720	5.54	0.54	10%
12	691+720	692+200	4.55	1.88	41%

El promedio general es de 5.98 m/km. Los sectores 2 y 6 presentan un IRI de 3.40 m/km y 3.82 m/km respectivamente, siendo estos los más bajos en todo el tramo.

Los sectores 5, 8, 9 y 10 presentan un IRI de 7.52 m/km, 7.73 m/km, 12.71 m/km y 7.18 m/km, siendo estos los promedios más altos en todo el tramo, en estos sectores existen tramos que están considerados como sectores críticos y existe una pérdida de carpeta.

A continuación, se detalla los tramos considerados como sectores críticos:

**Tabla 35: Sectores Críticos, TRAMO 1: PICOTA – CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**

Progresiva inicial	Progresiva inicial	Longitud	Descripción
685+543	685+950	407	Perdida de Carpeta
686+000	686+793	793	Perdida de Carpeta
688+100	688+979	879	Perdida de Carpeta
689+000	689+985	985	Perdida de Carpeta
690+000	690+980	980	Perdida de Carpeta
691+000	691+925	925	Perdida de Carpeta
692+000	692+028	28	Perdida de Carpeta

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

En la Tabla 35 se muestran los resultados de los cálculos del Índice de Serviabilidad Presente del pavimento; este cálculo se realiza a partir de los valores de IRI de los diferentes sectores. Los resultados reflejan una condición funcional clasificada como “Mala” para gran parte del tramo.

**Tabla 36: Índice de Serviabilidad, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**

Sector	Progresiva		IRI Promedio (m/km)	Promedio de PSI (Paterson)	Serviabilidad
	Inicio	Final			
1	681+200	682+680	4.95	2.03	Regular
2	682+680	683+840	3.4	2.7	Regular
3	683+840	684+620	3.93	2.45	Regular
4	684+620	685+520	6.42	1.56	Mala
5	685+520	686+760	7.52	1.27	Mala
6	686+760	687+260	3.82	2.5	Regular
7	687+260	687+960	4.83	2.08	Regular
8	687+960	688+520	7.73	1.23	Mala
9	688+520	689+020	12.71	0.5	Muy Mala
10	689+020	691+180	7.18	1.36	Mala
11	691+180	691+720	5.54	1.82	Mala
12	691+720	692+200	4.55	2.19	Regular

CÁLCULO DEL IRI CARACTERÍSTICO

La medición de IRI se realizó de acuerdo a las consideraciones del Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, obteniendo el IRI característico, de acuerdo al grado de confiabilidad determinado por el IMD del presente tramo evaluado.

Las mediciones se realizaron sin tener en consideración las alteraciones que producen las gibas, pontones, puentes, badenes y puntos críticos u otro elemento ajeno a la superficie de rodadura.

La Confiabilidad representa el concepto de la incertidumbre que se refleja en la predicción del tránsito y en los niveles de comportamiento, de acuerdo al grado de confiabilidad determinado por el IMD del presente tramo evaluado.

El IRI característico se definió basado en la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + 1.282 \sigma$$

Donde:

IRI_c : IRI característico

IRI_p : IRI promedio

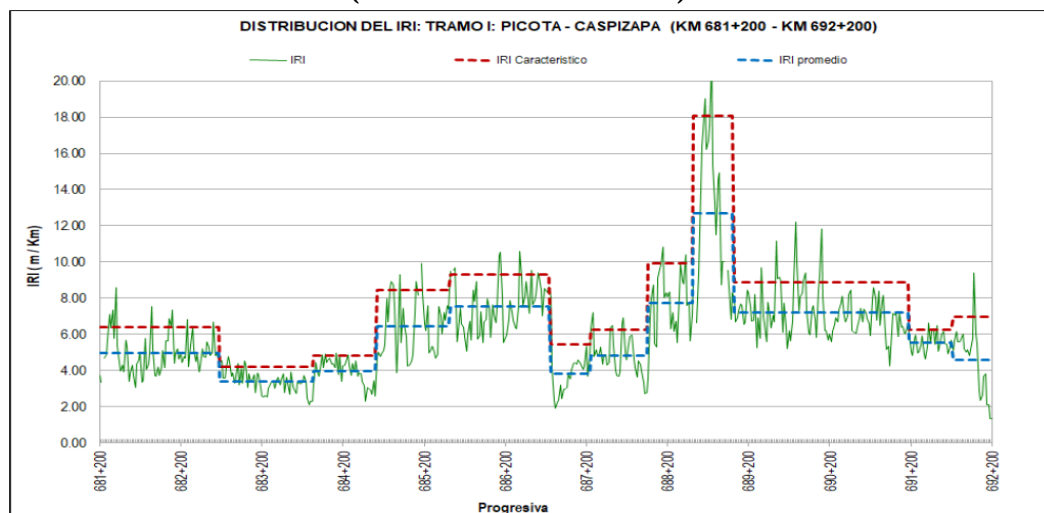
σ : Desviación Estándar

A continuación, la Ilustración 26 y Tabla 36 muestra los resultados del IRI Característico por cada sector homogéneo evaluado.

**Tabla 37: IRI Característico, TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**

Sector	Progresiva		IRI Promedio (m/km)	Desviación estandar (m/km)	IRI Característico (m/km)
	Inicio	Final			
1	681+200	682+680	4.95	1.12	6.38
2	682+680	683+840	3.4	0.62	4.2
3	683+840	684+620	3.93	0.7	4.84
4	684+620	685+520	6.42	1.6	8.46
5	685+520	686+760	7.52	1.38	9.29
6	686+760	687+260	3.82	1.28	5.45
7	687+260	687+960	4.83	1.12	6.26
8	687+960	688+520	7.73	1.72	9.93
9	688+520	689+020	12.71	4.19	18.07
10	689+020	691+180	7.18	1.33	8.88
11	691+180	691+720	5.54	0.54	6.24
12	691+720	692+200	4.55	1.88	6.96

**Ilustración 18: Distribución del IRI Característico, TRAMO: PICOTA – CASPIZAPA
(KM 681+200 - KM 692+200)**



ANEXO 03

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

En esta sección se presentará en gráficos y tablas los resultados de la evaluación superficial del pavimento llevadas a cabo en los tramos evaluados.

EVALUACIÓN EVALPAVCAR TRAMO 1: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)

A continuación, se presentan los resultados del PCI realizada por el software EVALPAVCAR, dicha evaluación se realizó tanto para el carril derecho como para el carril izquierdo.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de las unidades de muestra del carril derecho como del carril izquierdo a lo largo de la longitud del sector en estudio. Las unidades de muestra tienen un área de 170 m² definidos.

CANTIDAD DE UNIDADES DE MUESTRA

En la tabla 39, se muestra la cantidad de unidades de muestra obtenidas en el presente sector de estudio. Se puede apreciar que la cantidad de unidades de muestra obtenidas es de 220 ambos carriles.

Tabla 38: Total de Unidades de muestra por carril.

CARRIL	CANTIDAD (und)
DERECHO	220
IZQUIERDO	220

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la tabla 38, se muestran el resumen de unidades de muestra por tipo de clasificación.

Tabla 39: Clasificación de las Unidades de muestra

CLASIFICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES DE MUESTRA			
	CARRIL DERECHO	%	CARRIL IZQUIERDO	%
EXCELENTE	9	4%	8	4%
MUY BUENO	7	3%	10	5%
BUENO	6	3%	13	6%
REGULAR	35	16%	37	17%
POBRE	22	10%	20	9%
MUY POBRE	32	15%	23	10%
COLAPSADO	109	50%	109	50%
TOTAL	220	100%	220	100%

Según la Tabla anterior se puede concluir que, en el carril derecho existen 109 unidades de muestra con clasificación de Colapsado y representa el 50% del total de unidades muestra. En el carril izquierdo 109 unidades de muestra con clasificación de Colapsado y representa el 50% del total de unidades muestra.

A continuación, en la ilustración, se muestran las gráficas de PCI del carril derecho e izquierdo respectivamente:

Ilustración 19: Variación Porcentual del PCI – Carril Derecho

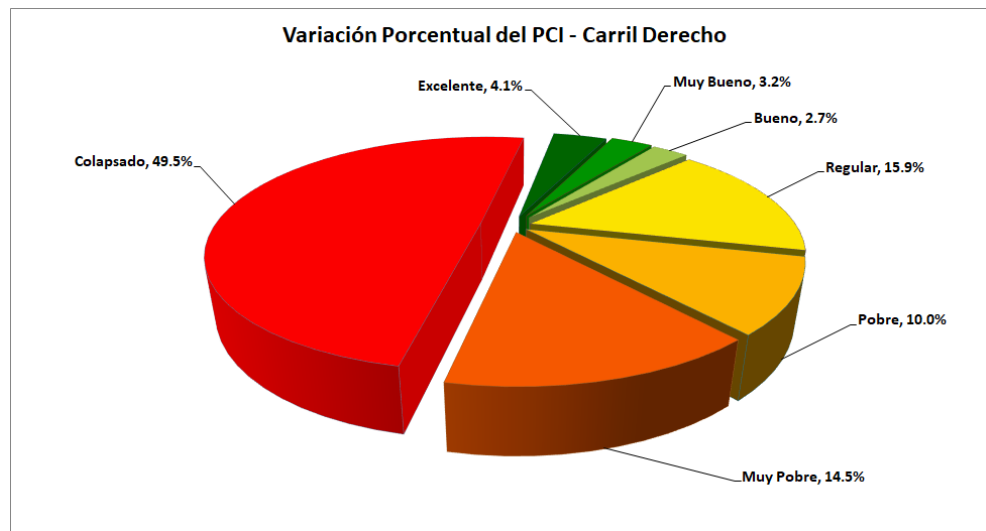


Ilustración 20: Variación Porcentual del PCI – Carril Izquierdo

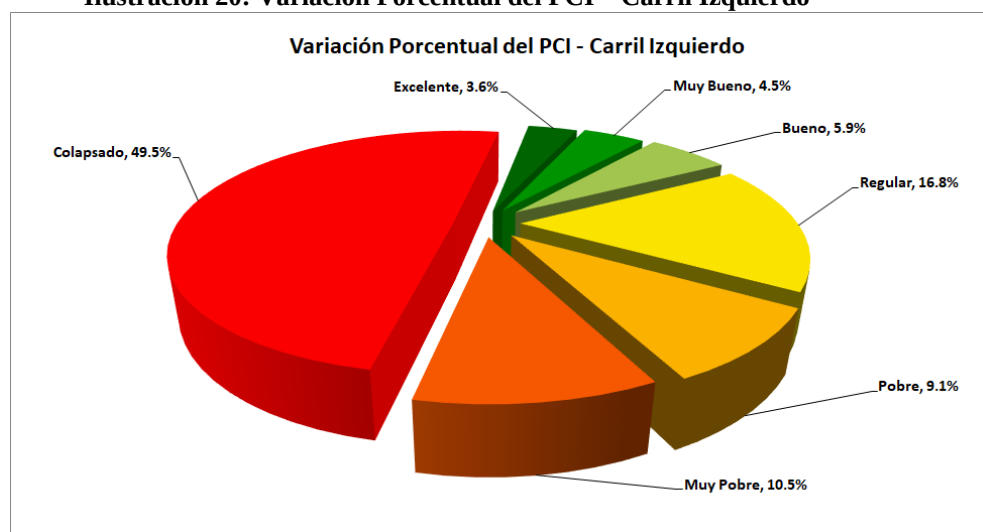
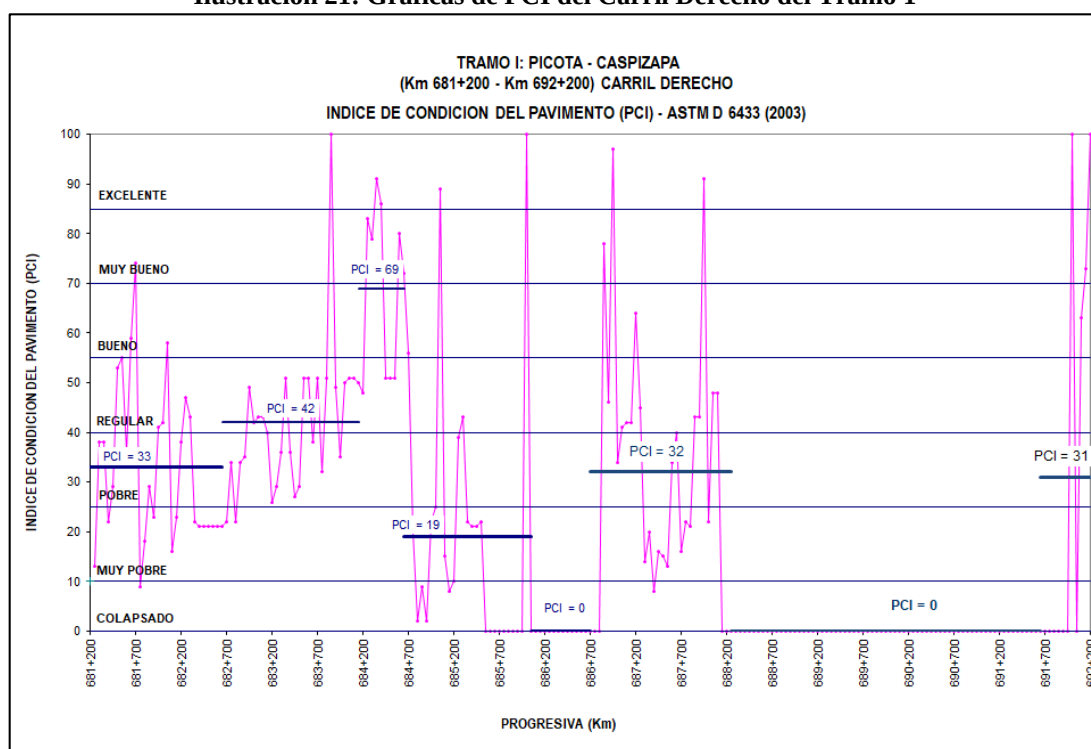


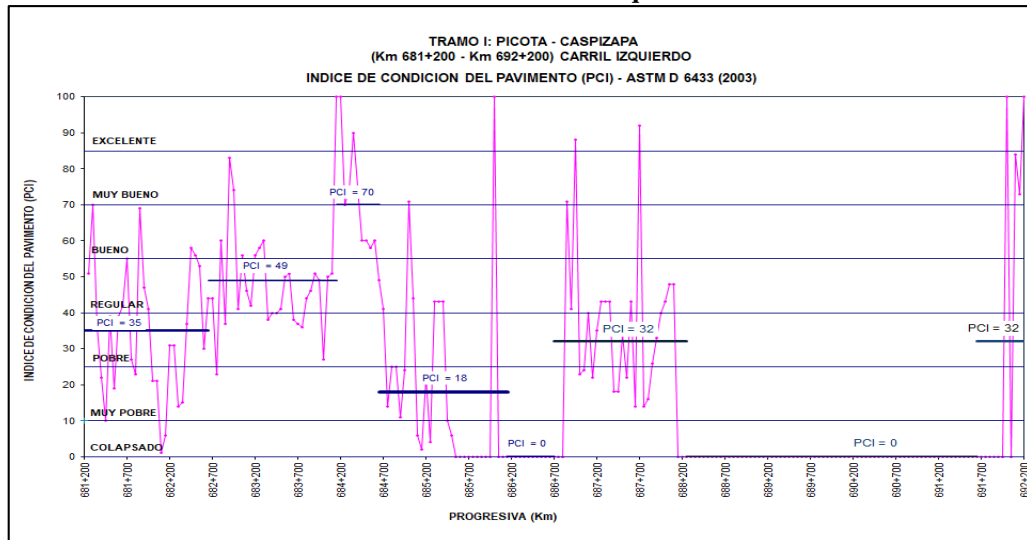
Ilustración 21: Gráficas de PCI del Carril Derecho del Tramo 1



En términos generales para el carril derecho, con base en las gráficas anteriores, los valores de PCI se representan con una condición entre REGULAR a COLAPSADO. Por otro lado, el valor promedio de PCI para el carril derecho es de 22 que representa una

condición de MUY POBRE. Asimismo, se puede apreciar que desde el Km 688+150 al Km 692+200 el valor del PCI es de 0.

Ilustración 22: Gráficas de PCI del Carril Izquierdo del Tramo 1



En términos generales para el carril izquierdo, con base en las gráficas anteriores, los valores de PCI se representan una condición entre REGULAR a COLAPSADO. Por otro lado, el valor promedio de PCI para el carril izquierdo es de 23 que representa una condición de MUY POBRE. Asimismo, se puede apreciar que desde el Km 688+150 al Km 692+200 el valor del PCI es de 0.

ANEXO 04
VARIOS

tria: Picota – Caspizapa

DEFLEXIONES CORREGIDAS A 50 KN (μm) para				
--	--	--	--	--

FE	Diciembre	Conti	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Ambiente (°C)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm) milímetros										Carga Corrección 0 a 50 KN	DEFLEXIONES CORREGIDAS A 40 KN (µm)										Carga Corrección 0 a 50 KN	DEFLEXIONES CORREGIDAS A 50 KN (µm) para										Tipo de Agente	Tipo de Agente	Carga Adm. (kg/cm)	Material (Gresita)	DM (µm) (Corregido a 30°C) 40 KN	DM (µm) (Corregido a 30°C) 50 KN	Deflexión (1/1000m) (Corregido a 30°C) 50KN	Deflexión Central Beneficiario (1/100 mm)	Radio de Curvatura (m)	ME ASISTO (kg/cm²)	Factor de Corrección (kg/cm²)	ME DESMO (kg/cm²)	IP (kg/cm²)	SN Rectivo	Latitud	Coordenadas - WGS 84	Altitud (m)																																													
						D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10		D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20		D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30																		D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40	D41	D42	D43	D44	D45	D46	D47	D48	D49	D50	D51	D52	D53	D54	D55	D56	D57	D58	D59	D60	D61	D62	D63	D64	D65	D66	D67	D68	D69	D70	D71	D72	D73	D74	D75
681	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
682	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
683	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
684	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
685	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
686	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
687	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
688	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
689	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
690	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
691	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
692	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
693	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
694	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
695	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
696	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
697	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
698	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
699	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
700	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
701	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
702	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
703	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
704	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
705	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
706	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
707	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
708	200	CARTEL DERECHO	39	39	34	37	1098	332	203	99	65	44	35				1189	381	222	109	71	45	39				1466	726	278	135	89	60	49	Fluorante	Granulador	7.0	25.0	1189	1456	149	140	0	732	0.77	542	1761	1.7	-0.19179	-76.33317	246	Altura																																																
709	200	CARTEL DERECHO	39	39																																																																																															

690	83	CARRIL IZQUIERDO	38	35	30	41	525	256	157	106	78	62	46	40	515	251	154	104	76	61	45	50	644	314	193	130	95	76	56	Flexible	Granular	0.0	60.0	515	644	64	56	91	1045	0.36	373	3208	3.8	-6.93446	-76.40759	236.77000
690	200	CARRIL DERECHO	40	36	32	38	589	238	148	103	86	66	54	40	615	249	155	107	89	69	56	50	769	311	194	134	111	86	70	Flexible	Granular	0.0	60.0	615	769	77	71	66	1050	0.36	375	2518	3.5	-6.93547	-76.40845	235.05000
690	252	CARRIL IZQUIERDO	40	34	30	38	403	198	126	86	68	55	51	40	426	208	132	92	72	58	54	50	333	260	165	115	90	73	68	Flexible	Granular	0.0	60.0	426	533	53	43	110	1174	0.36	419	4000	4.1	-6.93607	-76.40886	237.30000
690	430	CARRIL DERECHO	39	35	32	38	513	274	152	110	77	63	49	40	530	290	160	115	81	66	51	50	673	363	200	144	101	83	64	Flexible	Granular	0.0	60.0	538	673	67	59	97	940	0.36	336	3146	3.8	-6.93783	-76.40993	264.07907
690	520	CARRIL IZQUIERDO	39	34	30	37	2460	364	224	153	117	93	72	40	2654	395	241	165	127	101	78	50	3320	494	301	206	159	126	98	Flexible	Granular	0.0	40.0	2656	3320	332	537	11	674	0.36	241	460	2.0	-6.93776	-76.40990	234.80000
690	614	CARRIL DERECHO	39	35	32	41	601	223	128	97	80	64	62	40	587	218	126	94	79	63	61	50	734	273	158	118	99	79	76	Flexible	Granular	0.0	40.0	587	734	73	67	65	1295	0.36	463	2594	3.5	-6.93870	-76.41049	242.78999
690	700	CARRIL IZQUIERDO	39	34	30	39	499	225	120	80	64	52	44	40	506	228	121	81	65	53	45	50	633	285	151	101	81	66	56	Flexible	Granular	0.0	40.0	506	633	63	54	86	1341	0.14	185	3011	3.7	-6.93924	-76.41078	233.10001
690	800	CARRIL DERECHO	39	35	32	40	641	169	52	47	44	35	32	40	646	171	53	47	44	36	32	50	808	214	66	59	55	45	40	Flexible	Granular	0.0	40.0	646	808	81	76	51	3095	0.14	427	1857	3.2	-6.94009	-76.41128	242.24001
690	900	CARRIL IZQUIERDO	39	35	30	38	398	164	88	60	49	42	37	40	418	172	92	63	52	44	39	50	523	215	115	79	65	55	49	Flexible	Granular	0.0	40.0	418	523	52	42	98	1768	0.14	244	3555	3.9	-6.94080	-76.41164	232.10001
691	0	CARRIL DERECHO	39	35	32	36	443	211	135	100	78	66	52	40	490	233	150	110	86	73	57	50	613	291	188	138	108	91	71	Flexible	Granular	0.0	50.0	490	613	61	52	93	1087	0.14	150	3400	3.3	-6.94147	-76.41211	238.42999
691	100	CARRIL IZQUIERDO	39	34	30	39	603	178	101	76	74	55	48	40	621	183	104	79	76	57	50	50	776	229	130	99	95	71	63	Flexible	Granular	0.0	50.0	621	776	78	72	55	1565	0.14	216	2253	2.8	-6.94183	-76.41225	232.00000
691	200	CARRIL DERECHO	39	35	32	40	296	130	75	54	44	41	35	40	300	131	76	54	45	42	35	50	375	164	95	68	56	53	44	Flexible	Granular	0.0	50.0	300	375	38	26	142	2152	0.14	297	5404	3.8	-6.94304	-76.41302	235.39999
691	300	CARRIL IZQUIERDO	39	34	30	40	445	165	108	82	70	58	51	40	447	166	108	83	71	58	51	50	559	208	135	104	89	73	64	Flexible	Granular	0.0	50.0	447	559	56	46	85	1507	0.14	208	3576	3.3	-6.94332	-76.41315	233.39999
691	400	CARRIL DERECHO	39	35	32	36	339	133	92	71	60	48	41	40	380	149	103	80	67	54	46	50	475	186	129	100	84	68	58	Flexible	Granular	0.0	50.0	380	475	48	37	104	1575	0.14	217	4412	3.6	-6.94479	-76.41406	236.10001
691	486	CARRIL DERECHO	39	35	30	39	353	176	126	98	80	64	54	40	361	180	129	100	82	65	56	50	451	225	161	125	103	81	70	Flexible	Granular	0.0	60.0	361	451	45	34	132	1086	0.14	150	5242	4.5	-6.94490	-76.41408	234.53999
691	600	CARRIL DERECHO	39	35	32	40	263	109	79	62	52	45	35	40	262	109	79	62	52	45	35	50	328	136	99	78	65	56	44	Flexible	Granular	0.0	60.0	262	328	33	22	156	1739	0.14	240	6728	4.9	-6.94624	-76.41491	232.17999
691	700	CARRIL IZQUIERDO	39	34	31	42	475	130	91	72	59	45	43	40	453	124	87	69	56	43	41	50	566	155	109	86	70	54	51	Flexible	Granular	0.0	60.0	453	566	57	47	73	1873	0.14	258	3145	3.8	-6.94666	-76.41512	233.30000
691	823	CARRIL DERECHO	39	35	32	40	348	125	93	73	60	49	40	40	350	126	93	73	61	49	40	50	438	158	116	91	76	61	50	Flexible	Granular	0.0	60.0	350	438	44	33	107	1746	0.14	241	4508	4.3	-6.94806	-76.41597	236.08000
691	880	CARRIL IZQUIERDO	39	35	31	39	295	126	91	71	59	47	39	40	299	128	92	72	60	48	40	50	374	160	115	90	75	60	50	Flexible	Granular	0.0	60.0	299	374	37	26	140	1499	0.14	207	5967	4.7	-6.94799	-76.41591	233.39999
692	0	CARRIL DERECHO	39	35	33	40	459	147	89	68	57	48	40	40	463	148	90	69	57	49	41	50	579	185	113	86	71	61	51	Flexible	Granular	1.0	60.0	463	579	58	48	76	1812	0.14	250	3088	3.8	-6.94890	-76.41646	237.50000
692	100	CARRIL IZQUIERDO	39	37	31	41	371	128	82	67	58	50	44	40	363	126	80	66	57	49	43	50	454	158	100	83	71	61	54	Flexible	Granular	1.0	60.0	363	454	45	34	101	2028	0.14	280	4074	4.2	-6.94965	-76.41686	237.50000
692	200	CARRIL DERECHO	31	37	33	39	266	102	53	40	34	30	28	40	270	104	54	40	35	31	29	50	338	130	68	50	44	39	36	Flexible	Granular	1.0	60.0	270	338	34	23	144	3027	0.14	417	5328	4.6	-6.95048	-76.41740	241.23000

RESUMEN
TRAMO I: PICOTA - CASPIZABA (KM 681+200 - KM 692+200)

Tipo de pavimento:
 Tipo de superficie:

Flexible
 Concreto asfáltico

Fecha de ensayo:

Marzo del 2019

CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO			
PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SENTIDO CARRIL DERECHO (m/km)	IRI PROMEDIO CARRIL DERECHO (m/km)	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SENTIDO CARRIL IZQUIERDO (m/km)	IRI PROMEDIO CARRIL IZQUIERDO (m/km)
681+200	681+300	Picota - Caspizaba	4.37	681+200	681+300	Caspizaba - Picota	3.94
681+300	681+400	Picota - Caspizaba	7.20	681+300	681+400	Caspizaba - Picota	5.70
681+400	681+500	Picota - Caspizaba	4.54	681+400	681+500	Caspizaba - Picota	6.11
681+500	681+600	Picota - Caspizaba	4.25	681+500	681+600	Caspizaba - Picota	4.59
681+600	681+700	Picota - Caspizaba	3.52	681+600	681+700	Caspizaba - Picota	4.45
681+700	681+800	Picota - Caspizaba	3.47	681+700	681+800	Caspizaba - Picota	5.15
681+800	681+900	Picota - Caspizaba	5.46	681+800	681+900	Caspizaba - Picota	4.83
681+900	682+000	Picota - Caspizaba	4.07	681+900	682+000	Caspizaba - Picota	4.25
682+000	682+100	Picota - Caspizaba	6.23	682+000	682+100	Caspizaba - Picota	5.23
682+100	682+200	Picota - Caspizaba	4.76	682+100	682+200	Caspizaba - Picota	5.84
682+200	682+300	Picota - Caspizaba	5.13	682+200	682+300	Caspizaba - Picota	5.11
682+300	682+400	Picota - Caspizaba	5.52	682+300	682+400	Caspizaba - Picota	4.73
682+400	682+500	Picota - Caspizaba	4.71	682+400	682+500	Caspizaba - Picota	4.50
682+500	682+600	Picota - Caspizaba	5.14	682+500	682+600	Caspizaba - Picota	5.02
682+600	682+700	Picota - Caspizaba	5.38	682+600	682+700	Caspizaba - Picota	4.86
682+700	682+800	Picota - Caspizaba	3.97	682+700	682+800	Caspizaba - Picota	4.25
682+800	682+900	Picota - Caspizaba	3.86	682+800	682+900	Caspizaba - Picota	3.75
682+900	683+000	Picota - Caspizaba	3.99	682+900	683+000	Caspizaba - Picota	3.81
683+000	683+100	Picota - Caspizaba	3.36	683+000	683+100	Caspizaba - Picota	3.81
683+100	683+200	Picota - Caspizaba	4.04	683+100	683+200	Caspizaba - Picota	2.82
683+200	683+300	Picota - Caspizaba	3.22	683+200	683+300	Caspizaba - Picota	2.07
683+300	683+400	Picota - Caspizaba	3.50	683+300	683+400	Caspizaba - Picota	3.10
683+400	683+500	Picota - Caspizaba	3.92	683+400	683+500	Caspizaba - Picota	2.82
683+500	683+600	Picota - Caspizaba	3.66	683+500	683+600	Caspizaba - Picota	2.98
683+600	683+700	Picota - Caspizaba	2.95	683+600	683+700	Caspizaba - Picota	3.27
683+700	683+800	Picota - Caspizaba	3.01	683+700	683+800	Caspizaba - Picota	3.00
683+800	683+900	Picota - Caspizaba	3.41	683+800	683+900	Caspizaba - Picota	3.11
683+900	684+000	Picota - Caspizaba	4.20	683+900	684+000	Caspizaba - Picota	4.45
684+000	684+100	Picota - Caspizaba	4.63	684+000	684+100	Caspizaba - Picota	4.34
684+100	684+200	Picota - Caspizaba	3.24	684+100	684+200	Caspizaba - Picota	5.20
684+200	684+300	Picota - Caspizaba	3.47	684+200	684+300	Caspizaba - Picota	5.40
684+300	684+400	Picota - Caspizaba	3.87	684+300	684+400	Caspizaba - Picota	4.21
684+400	684+500	Picota - Caspizaba	2.80	684+400	684+500	Caspizaba - Picota	3.81
684+500	684+600	Picota - Caspizaba	2.53	684+500	684+600	Caspizaba - Picota	3.48
684+600	684+700	Picota - Caspizaba	4.64	684+600	684+700	Caspizaba - Picota	4.17
684+700	684+800	Picota - Caspizaba	7.85	684+700	684+800	Caspizaba - Picota	5.65
684+800	684+900	Picota - Caspizaba	7.34	684+800	684+900	Caspizaba - Picota	6.42
684+900	685+000	Picota - Caspizaba	6.57	684+900	685+000	Caspizaba - Picota	7.31
685+000	685+100	Picota - Caspizaba	5.41	685+000	685+100	Caspizaba - Picota	4.63
685+100	685+200	Picota - Caspizaba	9.06	685+100	685+200	Caspizaba - Picota	8.52
685+200	685+300	Picota - Caspizaba	5.12	685+200	685+300	Caspizaba - Picota	7.04
685+300	685+400	Picota - Caspizaba	5.68	685+300	685+400	Caspizaba - Picota	5.30
685+400	685+500	Picota - Caspizaba	8.45	685+400	685+500	Caspizaba - Picota	5.36
685+500	685+600	Picota - Caspizaba	9.36	685+500	685+600	Caspizaba - Picota	8.68
685+600	685+700	Picota - Caspizaba	6.25	685+600	685+700	Caspizaba - Picota	6.60
685+700	685+800	Picota - Caspizaba	6.16	685+700	685+800	Caspizaba - Picota	5.56
685+800	685+900	Picota - Caspizaba	7.26	685+800	685+900	Caspizaba - Picota	7.46
685+900	686+000	Picota - Caspizaba	6.99	685+900	686+000	Caspizaba - Picota	6.69
686+000	686+100	Picota - Caspizaba	7.58	686+000	686+100	Caspizaba - Picota	6.25
686+100	686+200	Picota - Caspizaba	8.78	686+100	686+200	Caspizaba - Picota	7.99
686+200	686+300	Picota - Caspizaba	7.63	686+200	686+300	Caspizaba - Picota	5.82
686+300	686+400	Picota - Caspizaba	7.97	686+300	686+400	Caspizaba - Picota	7.05
686+400	686+500	Picota - Caspizaba	8.44	686+400	686+500	Caspizaba - Picota	8.21
686+500	686+600	Picota - Caspizaba	8.93	686+500	686+600	Caspizaba - Picota	7.19
686+600	686+700	Picota - Caspizaba	8.05	686+600	686+700	Caspizaba - Picota	8.98
686+700	686+800	Picota - Caspizaba	7.07	686+700	686+800	Caspizaba - Picota	7.95
686+800	686+900	Picota - Caspizaba	2.24	686+800	686+900	Caspizaba - Picota	2.56
686+900	687+000	Picota - Caspizaba	3.21	686+900	687+000	Caspizaba - Picota	2.84
687+000	687+100	Picota - Caspizaba	4.13	687+000	687+100	Caspizaba - Picota	4.13
687+100	687+200	Picota - Caspizaba	3.41	687+100	687+200	Caspizaba - Picota	5.24
687+200	687+300	Picota - Caspizaba	6.21	687+200	687+300	Caspizaba - Picota	4.73
687+300	687+400	Picota - Caspizaba	4.94	687+300	687+400	Caspizaba - Picota	5.06
687+400	687+500	Picota - Caspizaba	4.97	687+400	687+500	Caspizaba - Picota	4.13
687+500	687+600	Picota - Caspizaba	5.71	687+500	687+600	Caspizaba - Picota	4.64
687+600	687+700	Picota - Caspizaba	4.63	687+600	687+700	Caspizaba - Picota	5.77
687+700	687+800	Picota - Caspizaba	5.59	687+700	687+800	Caspizaba - Picota	4.99
687+800	687+900	Picota - Caspizaba	5.15	687+800	687+900	Caspizaba - Picota	3.09
687+900	688+000	Picota - Caspizaba	4.04	687+900	688+000	Caspizaba - Picota	3.73
688+000	688+100	Picota - Caspizaba	7.45	688+000	688+100	Caspizaba - Picota	7.17
688+100	688+200	Picota - Caspizaba	8.79	688+100	688+200	Caspizaba - Picota	9.84

RESUMEN
TRAMO I: PICOTA - CASPIZABA (KM 681+200 - KM 692+200)

Tipo de pavimento:

Flexible

Fecha de ensayo:

Marzo del 2019

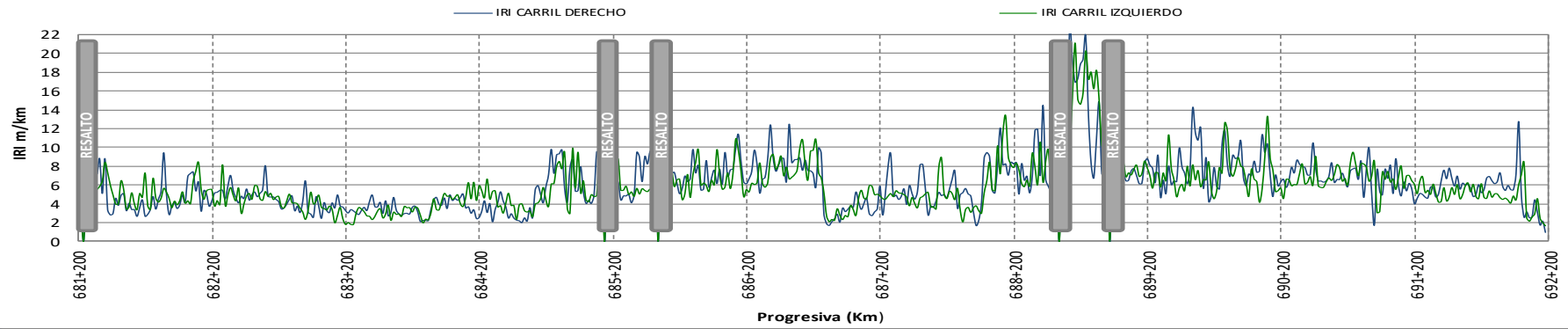
Tipo de superficie:

Concreto asfáltico

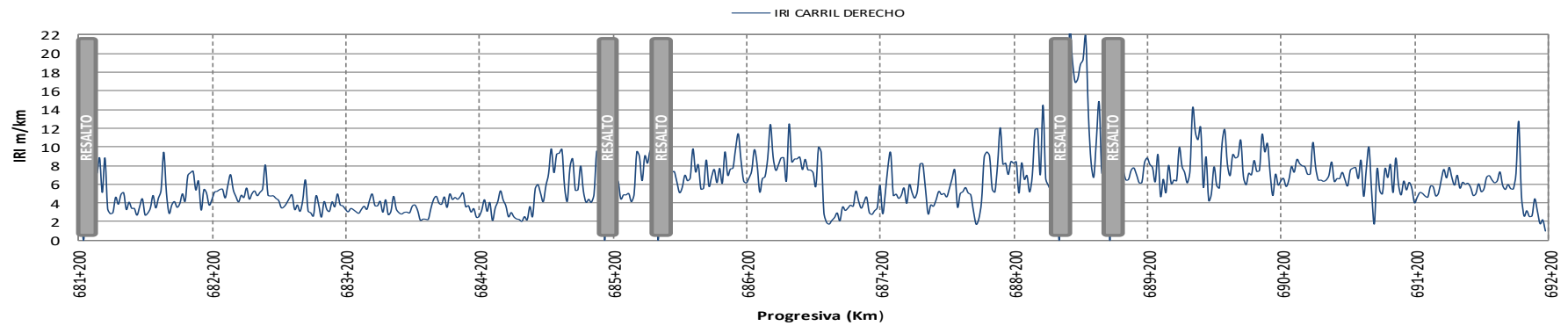
CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO			
PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SENTIDO CARRIL DERECHO (m/km)	IRI PROMEDIO CARRIL DERECHO (m/km)	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SENTIDO CARRIL IZQUIERDO (m/km)	IRI PROMEDIO CARRIL IZQUIERDO (m/km)
688+200	688+300	Picota - Caspizaba	7.31	688+200	688+300	Caspizaba - Picota	7.13
688+300	688+400	Picota - Caspizaba	8.56	688+300	688+400	Caspizaba - Picota	7.14
688+400	688+500	Picota - Caspizaba	7.89	688+400	688+500	Caspizaba - Picota	8.16
688+500	688+600	Picota - Caspizaba	8.91	688+500	688+600	Caspizaba - Picota	7.15
688+600	688+700	Picota - Caspizaba	17.78	688+600	688+700	Caspizaba - Picota	14.44
688+700	688+800	Picota - Caspizaba	16.35	688+700	688+800	Caspizaba - Picota	17.16
688+800	688+900	Picota - Caspizaba	9.98	688+800	688+900	Caspizaba - Picota	13.88
688+900	689+000	Picota - Caspizaba	8.51	688+900	689+000	Caspizaba - Picota	8.97
689+000	689+100	Picota - Caspizaba	7.67	689+000	689+100	Caspizaba - Picota	7.19
689+100	689+200	Picota - Caspizaba	7.09	689+100	689+200	Caspizaba - Picota	7.66
689+200	689+300	Picota - Caspizaba	8.04	689+200	689+300	Caspizaba - Picota	6.98
689+300	689+400	Picota - Caspizaba	6.09	689+300	689+400	Caspizaba - Picota	7.72
689+400	689+500	Picota - Caspizaba	7.60	689+400	689+500	Caspizaba - Picota	5.67
689+500	689+600	Picota - Caspizaba	10.03	689+500	689+600	Caspizaba - Picota	7.21
689+600	689+700	Picota - Caspizaba	7.19	689+600	689+700	Caspizaba - Picota	6.55
689+700	689+800	Picota - Caspizaba	8.31	689+700	689+800	Caspizaba - Picota	7.51
689+800	689+900	Picota - Caspizaba	8.42	689+800	689+900	Caspizaba - Picota	8.58
689+900	690+000	Picota - Caspizaba	7.54	689+900	690+000	Caspizaba - Picota	6.89
690+000	690+100	Picota - Caspizaba	8.85	690+000	690+100	Caspizaba - Picota	6.31
690+100	690+200	Picota - Caspizaba	7.06	690+100	690+200	Caspizaba - Picota	8.09
690+200	690+300	Picota - Caspizaba	6.63	690+200	690+300	Caspizaba - Picota	5.84
690+300	690+400	Picota - Caspizaba	8.01	690+300	690+400	Caspizaba - Picota	6.71
690+400	690+500	Picota - Caspizaba	7.80	690+400	690+500	Caspizaba - Picota	6.81
690+500	690+600	Picota - Caspizaba	6.92	690+500	690+600	Caspizaba - Picota	6.20
690+600	690+700	Picota - Caspizaba	6.66	690+600	690+700	Caspizaba - Picota	7.21
690+700	690+800	Picota - Caspizaba	7.09	690+700	690+800	Caspizaba - Picota	7.78
690+800	690+900	Picota - Caspizaba	7.20	690+800	690+900	Caspizaba - Picota	7.53
690+900	691+000	Picota - Caspizaba	5.49	690+900	691+000	Caspizaba - Picota	5.73
691+000	691+100	Picota - Caspizaba	6.96	691+000	691+100	Caspizaba - Picota	6.52
691+100	691+200	Picota - Caspizaba	5.68	691+100	691+200	Caspizaba - Picota	6.80
691+200	691+300	Picota - Caspizaba	4.70	691+200	691+300	Caspizaba - Picota	5.90
691+300	691+400	Picota - Caspizaba	5.20	691+300	691+400	Caspizaba - Picota	5.14
691+400	691+500	Picota - Caspizaba	7.06	691+400	691+500	Caspizaba - Picota	4.93
691+500	691+600	Picota - Caspizaba	6.14	691+500	691+600	Caspizaba - Picota	5.27
691+600	691+700	Picota - Caspizaba	5.53	691+600	691+700	Caspizaba - Picota	5.36
691+700	691+800	Picota - Caspizaba	6.17	691+700	691+800	Caspizaba - Picota	5.08
691+800	691+900	Picota - Caspizaba	6.24	691+800	691+900	Caspizaba - Picota	4.74
691+900	692+000	Picota - Caspizaba	7.38	691+900	692+000	Caspizaba - Picota	4.72
692+000	692+100	Picota - Caspizaba	3.18	692+000	692+100	Caspizaba - Picota	4.52
692+100	692+200	Picota - Caspizaba	2.51	692+100	692+200	Caspizaba - Picota	2.71
Máximo			17.78	Máximo			17.16
Mínimo			2.24	Mínimo			2.07
Promedio			6.13	Promedio			5.88

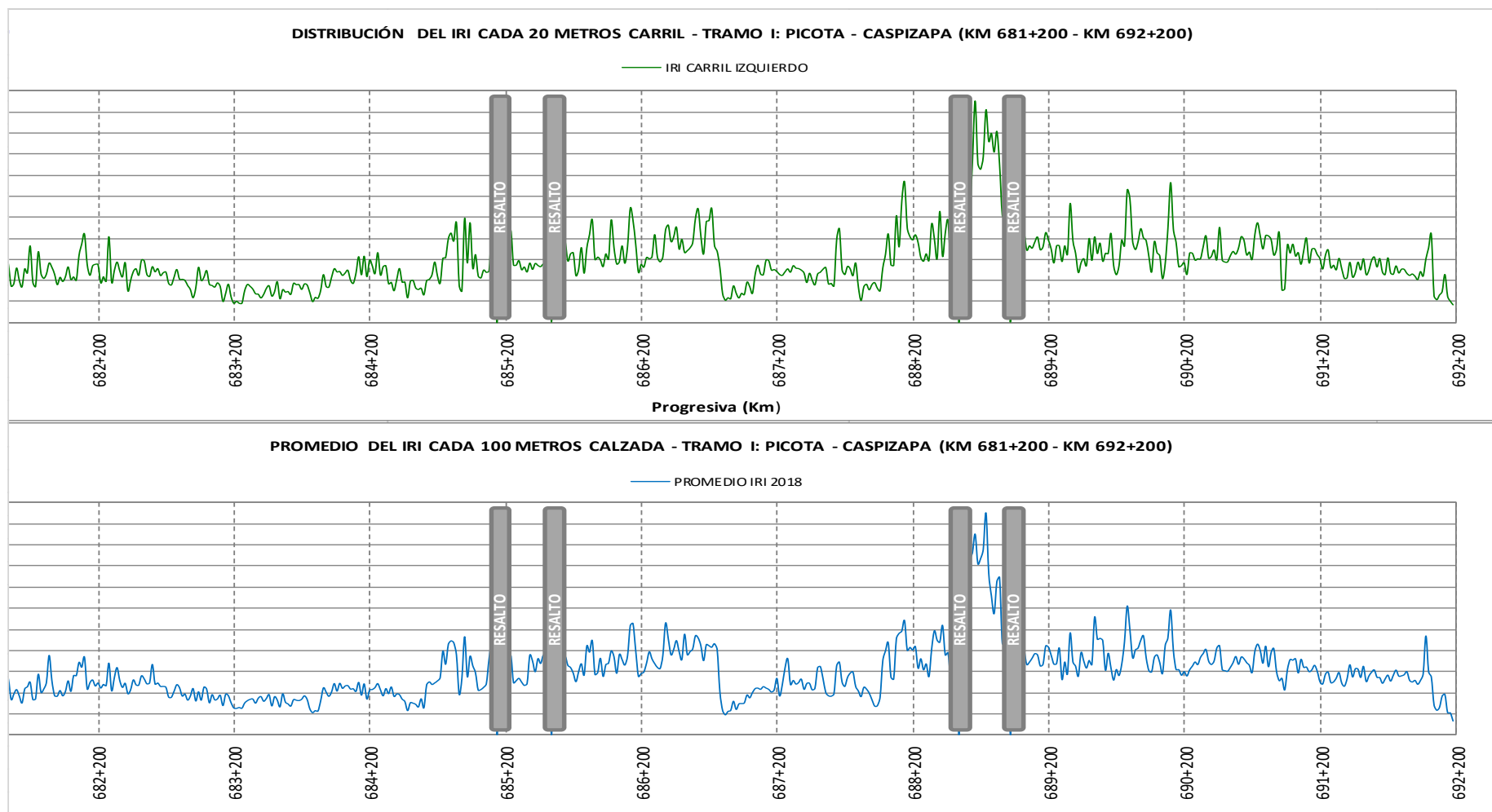
**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO
TRAMO I: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)**

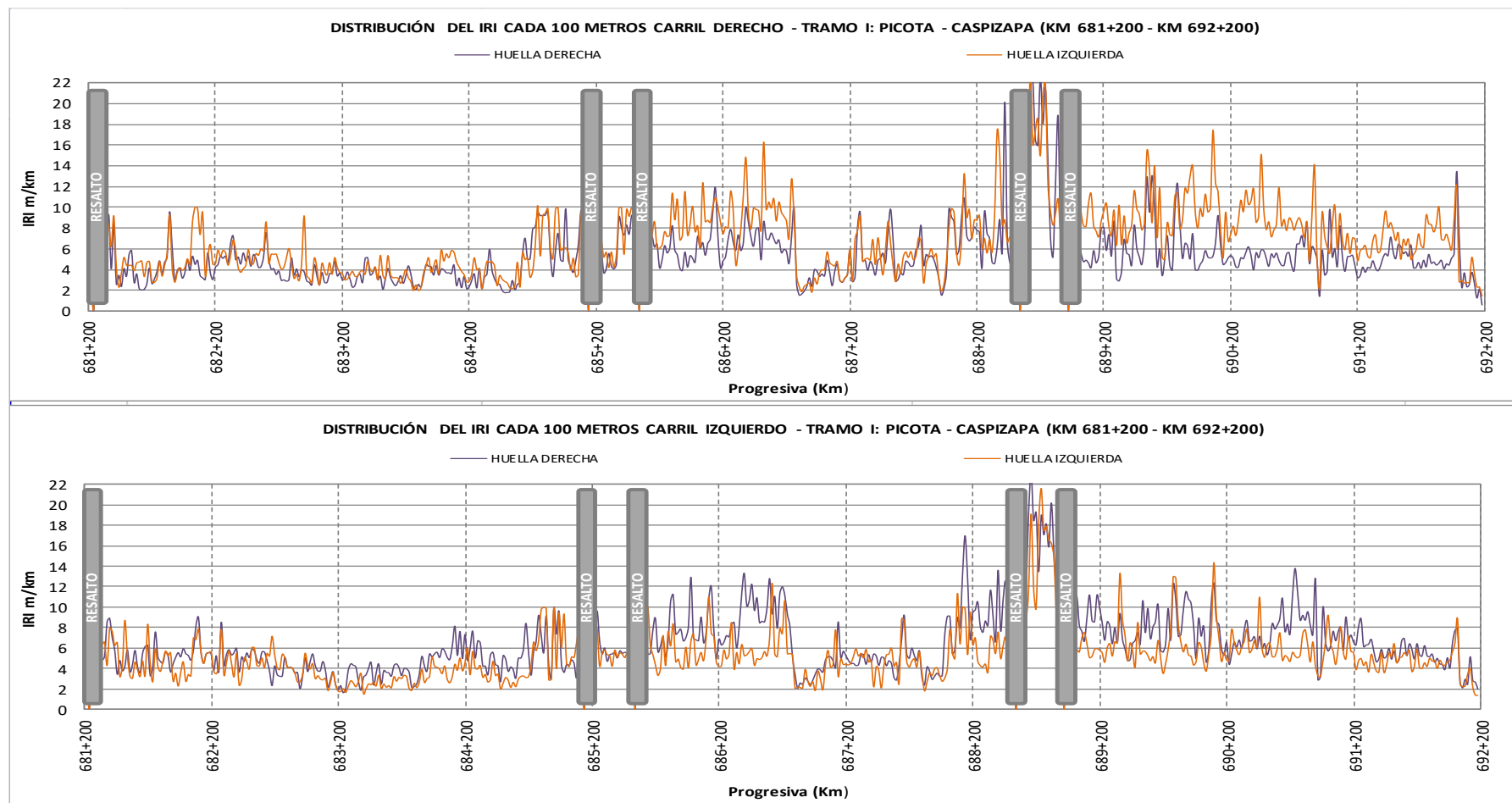
DISTRIBUCIÓN DEL IRI CADA 20 METROS CARRIL - TRAMO I: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)



DISTRIBUCIÓN DEL IRI CADA 20 METROS CARRIL - TRAMO I: PICOTA - CASPIZAPA (KM 681+200 - KM 692+200)







ANEXO 05

Ilustración 23: Variación Porcentual del PCI – Carril Derecho

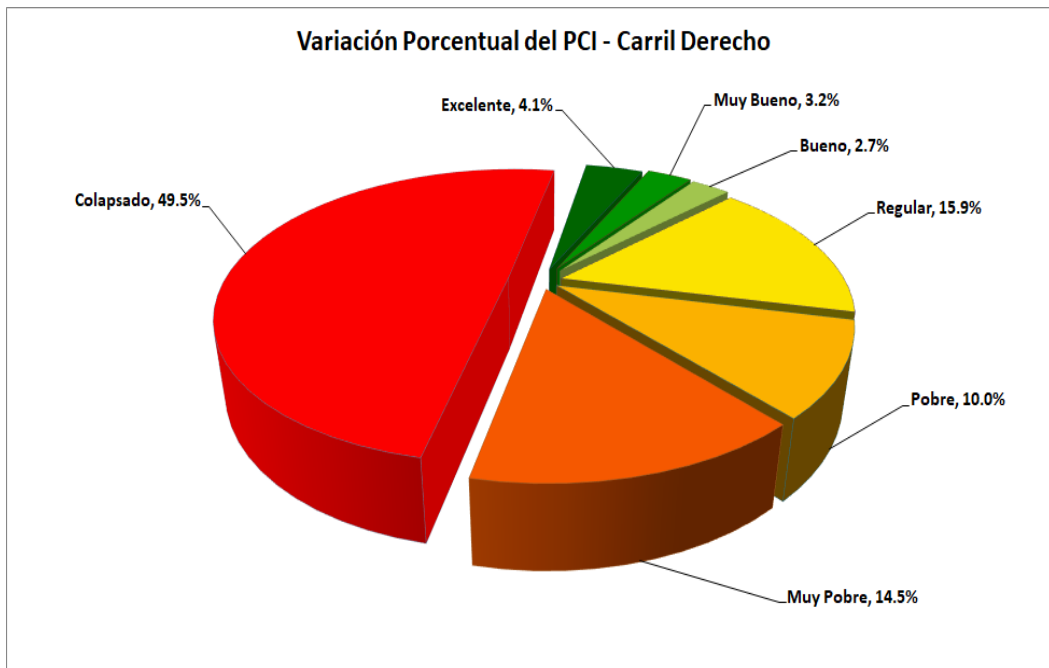


Ilustración 24: Variación Porcentual del PCI – Carril Izquierdo

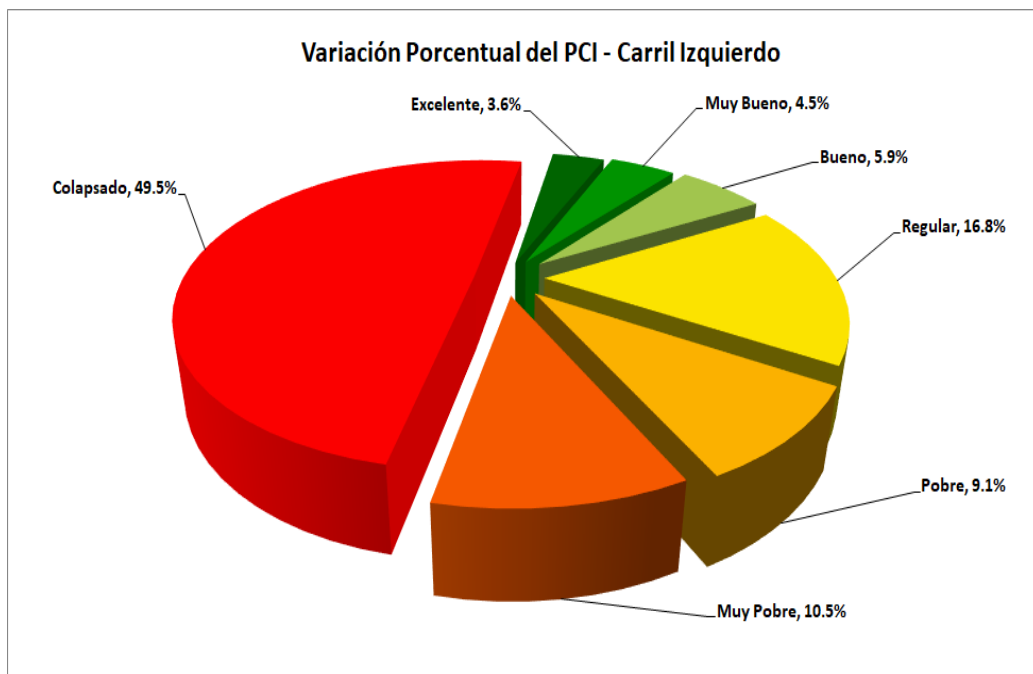


Ilustración 25: Gráficas de PCI del Carril Derecho

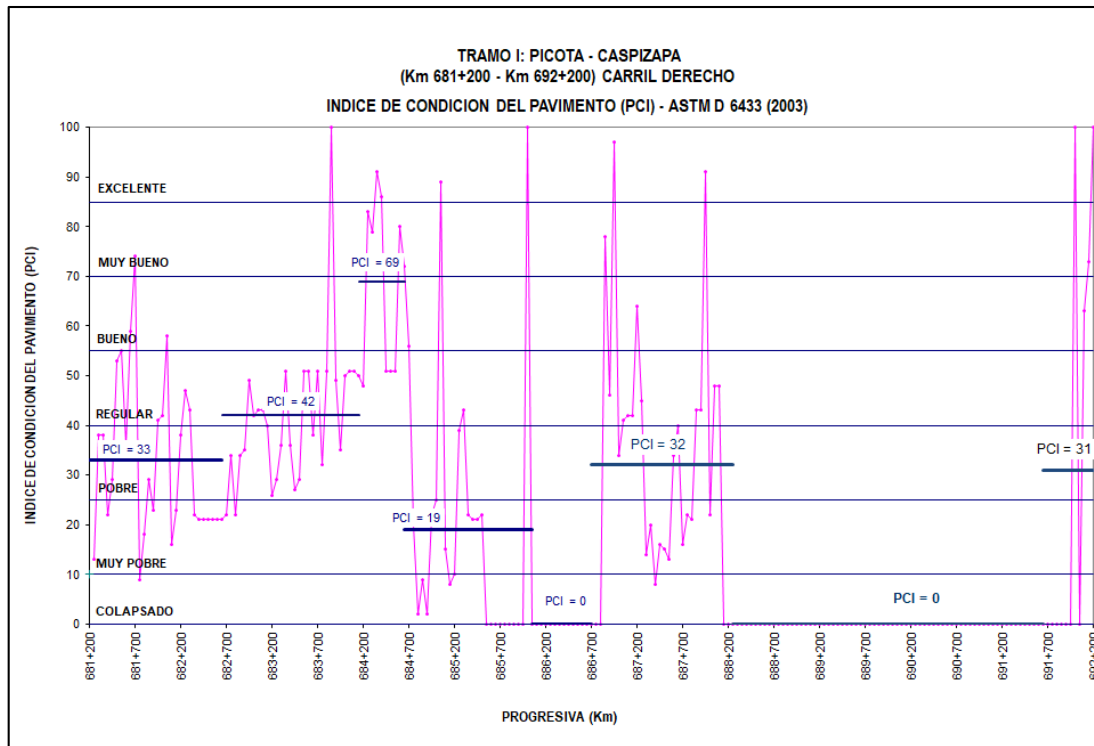
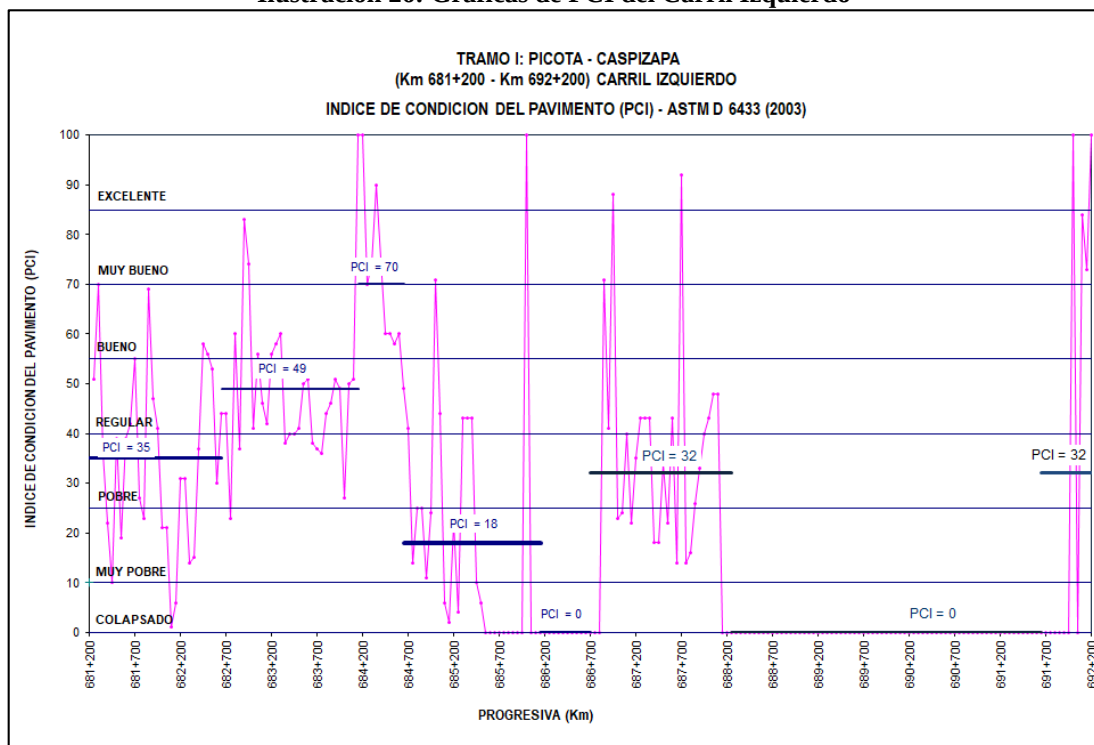


Ilustración 26: Gráficas de PCI del Carril Izquierdo



PANEL FOTOGRAFICO

Ilustración 27: Inicio del tramo en Conservación.



Ilustración 28: Fin del tramo en Conservación.



Ilustración 29: Se observa el deterioro del Pavimento.



Ilustración 30: Pérdida de confinamiento de la Vía.



Ilustración 31: Pérdida total de pavimento por tramos.



Ilustración 32: Pérdida del Pavimento parcial, resaltos y hundimientos.

