

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

FLEXIBLE DE LA CARRETERA AYAVIRI –

PURINA, 2015

Presentado por

Bach. ELOY EDWIN SUCASAIRE SUCASAIRE

JULIACA – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE
LA CARRETERA AYAVIRI – PURINA, 2015**

PRESENTADO POR EL BACHILLER: ELOY EDWIN SUCASAIRE SUCASAIRE
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

Presidente : _____

Ing.

Primer miembro : _____

Ing.

Segundo miembro : _____

Ing.

Director de tesis : _____

Ing.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis.

A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mis maestro quienes nunca desistieron al enseñarme aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clases a ellos que continuaron depositando sus esperanza en mí.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a la Universidad ALAS PERUANAS por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. Agradezco también a mi Asesor de plan Tesis el por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis. También agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo – explicativo, Porque se realizó la Evaluación de la Estructura del Pavimento Flexible de la Carretera Ayaviri – Purina, 2015.

La investigación descriptivo - explicativo "Es la descripción y análisis de lo que ocurrió en condiciones cuidadosamente controladas. Es el método clásico de laboratorio y probablemente el método más difícil y más exacto de investigación" (John W. Best 1972).

Sus objetivos fue determinar los principales tipos de falla en la carpeta de rodadura a nivel superficial que se presente en la carretera y catalogarlos de acuerdo con el sistema de clasificación PCI.

En este trabajo de investigación se consideró la problemática general del comportamiento del pavimento flexible, de la carretera Ayaviri – Purina para lo cual se empleó métodos destructivos como son las calicatas, trincheras o pozos para determinar la capacidad de soporte de los suelos para evaluar el comportamiento de la estructura del pavimento como un conjunto de capas, reflejando las propiedades de cada una de ellas y la interacción entre las mismas, además de evaluarlas con sus propiedades en terreno.

La evaluación por capas permitió corregir las diferencias en la construcción de una capa y mejorar la homogeneidad de la estructura del pavimento. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación en el que se busca implementar una metodología de control de calidad complementaria en las diferentes capas del pavimento durante la construcción.

ABSTRACT

This research work is descriptive - explanatory, because he was the evaluation of the structure of the pavement Flexible of the road Ayaviri – Purina, 2015. La research descriptive - explanatory "is the description and analysis of what happened in carefully controlled conditions. It is the classical method laboratory and probably more difficult and more accurate research method"(John w. Best 1972). Its objectives was to determine the main types of fault in the folder of Raceway surface level presenting himself on the road and categorize them according to the PCI classification system. In this research work was considered the general issue of the behavior of flexible, Ayaviri – Purina road pavement to which employed destructive methods such as the pits, trenches or pits to determine the soil bearing capacity to evaluate the behaviour of the pavement structure as a set of layers, reflecting the properties of each one of them and the interaction between them as well as evaluate them with their land properties. Evaluation by layers allowed to correct differences in the construction of a layer and improve the homogeneity of the pavement structure. This work is part of the research project which seeks to implement a methodology of quality control complementary in the different layers of the pavement during construction.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	14
1.2.1. Limitación espacial	14
1.2.2. Limitación temporal	14
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	14
1.3.1. Problema general	14
1.3.2. Problemas específicos	14
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	15
1.5. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5.1. Hipótesis general.....	15
1.5.2. Hipótesis específicos.....	15
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.6.1. Variable independiente	15
1.6.2. Variables dependientes	15
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.7.1. Tipo de investigación.....	15
1.7.2. Nivel de investigación.....	16
1.7.3. Métodos de investigación	16
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.8.1. Población	16

1.8.2. Muestra	16
1.9. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	16
1.9.1. Técnicas.....	16
1.9.2. Instrumentos.....	17
1.10. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	18
1.10.1. Justificación de la investigación	18
1.10.2. Importancia de la investigación.....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2 BASES TEÓRICAS	20
2.2.1 Incide de condición de pavimento (PCI).....	20
2.2.2 Tipo de fallas en los pavimentos.....	21
2.2.3 Ensayos Destructivos	22
2.3 PAVIMENTOS.....	23
2.3.1 Definición de pavimentos.....	23
2.3.2 Clasificación de pavimentos.....	23
2.3.3 Constituyentes de los pavimentos flexibles.....	24
2.3.4 Definiciones conceptuales	25
2.4 BASES NORMATIVAS.....	26
2.4.1 Manual de diseño geométrico de carreteras	26
2.4.2 Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000).....	27
2.4.3 Ámbito de aplicación, alcances y limitaciones.....	27
2.4.4 Clasificación de los suelos (AASHTO)	30
CAPÍTULO III PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.32	
3.1 INFORMACIÓN DE LA CARRETERA AYAVIRI – PURINA.....	32
3.1.1 Características técnicas de la carretera	33
3.1.2 Características de la vía	33
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PAVIMENTO.....	33
3.3 IMPORTANCIA	34
CAPÍTULO IV PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS.....35	
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	35
4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	36
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....38	
5.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	38
5.1.1 Generalidades	38
5.1.2 Clasificación de fallas en los pavimentos.....	38

5.2 DETERMINACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES EN UN PAVIMENTO	
FLEXIBLE	40
5.2.1 Objetivos y alcances.....	40
5.2.2 Metodología de trabajo	41
5.2.3 Elementos previos método PCI.....	41
5.2.4 Determinación del índice de condición del pavimento.....	42
5.2.5 Ecuación del PCI	43
5.2.6 Cálculo del PCI para resultados de inspección	44
5.2.7 Determinación de las fallas en el pavimento de la vía Ayaviri - Purina.....	45
5.2.8 Objetivo de la determinación del PCI	46
5.2.9 Características geométricas del tramo.....	46
5.2.10 Descripción de la metodología de cálculo del (PCI)	47
5.2.11 Procedimiento de Evaluación de PCI en la carretera Ayaviri - Purina	47
5.2.12 División del pavimento en unidades de muestra	48
5.2.13 Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación.....	49
5.2.14 Determinación de intervalos de muestreo	50
5.2.15 Determinación de las unidades de muestra	50
5.2.16 Levantamiento visual de daños en el pavimento.....	53
5.2.17 Procedimiento.....	55
5.2.18 Determinación del “valor de deducción” para cada falla medida	56
5.3 EVALUACION ESTRUCTURAL DESTRUCTIVA DEL PAVIMENTO.....	58
5.3.1 Generalidades	58
5.3.2 Evaluación por métodos destructivos.....	58
5.3.3 Ejecución de la evaluación de la estructura del pavimento por métodos destructivos	59
5.3.4 Resumen de datos de evaluación estructural obtenidos en campo y laboratorio..	63
5.4 ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA Y DRENAJE	72
5.4.1 Generalidades	72
5.4.2 Características climáticas	72
5.4.3 Descripción del funcionamiento del sistema de drenaje.....	72
5.4.4 Cunetas	73
5.4.5 Alcantarillas	74
5.4.6 Periodo de retorno	75
5.4.7 Riesgo de obstrucción	76
5.4.8 Elementos físicos del drenaje superficial	76
5.5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN	77
5.5.1 Generalidades	77

5.5.2 Criterio de mejoramiento.....	77
5.5.3 Mejoramiento del sistema de drenaje	78
5.6 PROPUESTA DE REHABILITACIÓN	78
5.6.1 Mantenimiento vial.....	79
5.6.2 Propuesta para fallas en pavimento.....	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

ÍNDICE CUADROS

CUADRO N° 1 Técnica de recolección de datos e instrumentos	17
CUADRO N° 2 Requerimientos granulométricos para la base granular	28
CUADRO N° 3 Relación entre el CBR y su uso en las capas de pavimento.	29
CUADRO N° 4 Clasificación de tipos de fallas según PCI	40
CUADRO N° 5 Rangos de tratamiento para pavimento según PCI.....	47
CUADRO N° 6 Relación ancho de calzada-long. de muestra	49
CUADRO N° 7 Valor de deducción corregido	56
CUADRO N° 8 Resumen de la determinación del PCI.....	57
CUADRO N° 9 Elección de calicatas	60
CUADRO N°10 Resumen de espesor de cada capa del pavimento.....	62
CUADRO N° 11 Resumen de ensayos en laboratorio humedad natural	63
CUADRO N° 12 Resumen de ensayos en laboratorio límites de consistencia	65
CUADRO N° 13 Resumen en laboratorio proctor modificado.....	67
CUADRO N° 14 Resumen de ensayo en laboratorio CBR	69
CUADRO N° 15 Resumen de ensayos en laboratorio granulometría.....	71
CUADRO N° 16 Periodo de retorno para diseño de obras de drenaje	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Esquema de la estructura del pavimento.....	23
FIGURA 2 Tipos de esquema de la estructura de pavimento.....	24
FIGURA 3 Ubicación del tramo Ayaviri – Purina, 2015	32
FIGURA 4 Tipos de fallas del pavimento	39
FIGURA 5 Determinación del número de muestra en función del PCI	43
FIGURA 6 Sección del pavimento Ayaviri-Purina con una log. 4500 mts.....	52
FIGURA 7 Formato de exploración de PCI para pavimentos muestra 1,2,3 y4.....	53

FIGURA 8 Formato de exploración de PCI para pavimentos muestra 5,6,7 y 8.....	54
FIGURA 9 Resultado final del PCI	57
FIGURA 10 Ensayo laboratorio límites de consistencia	64
Figura 11 Ensayo en laboratorio para determinar proctor modificado	66
Figura 12 Ensayo en laboratorio para determinar el CBR	68
Figura 13 Ensayo en laboratorio para determinar granulometría	70

ÍNDICE DE VISTAS FOTOGRÁFICAS

FOTO 1 Fallas en la carretera Ayaviri - Purina	34
FOTO 2 Fallas mas comunes del pavimento de la vía Ayaviri - Purina	45
FOTO 3 Dimensiones de la Vía Ayaviri - Purina	46
FOTO 4 Registro de fallas de la carretera Ayaviri - Purina.....	55
FOTO 5 Reconocimiento de fallas en la vía.....	60
FOTO 6 Eleccion y marcado de calicatas	61
FOTO 7 Excavación de calicatas.	61
FOTO 8 Toma de muestras de las calicatas.....	63
FOTO 9 Cuneta	74
FOTO 10 Alcantarillas tipo TMC	75

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

La carretera Ayaviri - Purina ha tenido un crecimiento acelerado respecto a su población urbana, debido a su ubicación en el eje económico geográfico, turístico con la migración de las localidades cercanas en busca de mejorar ingresos económicos, esto ha generado un desarrollo urbano acelerado

Es importante ofrecer en la actualidad una vía en excelentes condiciones a causa del impulso económico que estas ofrecen y la disminución en tiempo de viaje y costos de operación de vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario y al transportista.

En la evaluación estructural del pavimento se han desarrollado evaluaciones con técnicas de métodos destructivos con el fin de identificar la falla estructural en su integridad del pavimento, los cuales dan referencia del nivel de fallas superficiales que presenta éste, el nivel de serviciabilidad y por supuesto daños estructurales; siendo necesario en ocasiones realizar sondeos, desarrollando una evaluación destructiva en el pavimento.

El deterioro de un pavimento es un proceso que comienza inmediatamente después de su construcción, las causas del deterioro son las sollicitaciones externas por una serie de factores como mantenimiento oportuno, calidad del diseño original, calidad de los materiales, calidad en especificaciones técnicas, calidad de control del proceso constructivo. La presente tesis tiene por objeto “Evaluar la estructura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri – Purina”, para determinar el comportamiento mecánica del pavimento.

Para los resultados se aplicaron modelos matemáticos para su cálculo y se analizaron con las normas vigentes de construcción de carreteras, finalmente se obtuvo resultados en las cuales se pudo determinar el por qué ha fallado la estructura del pavimento de la carretera Ayaviri – Purina.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La circulación vehicular en la vía Ayaviri – Purina ha tenido un crecimiento acelerado, debido a su ubicación en el eje turístico, con la migración de las localidades cercanas en busca de mejoras económicas por ser la localidad de Purina un lugar de paso hacia el distrito de Ayaviri esto ha generado un desarrollo urbano acelerado. Para responder a estas necesidades se tuvieron que realizar trabajos con una escasa dirección técnica e improvisar obras.

La vía Ayaviri – Purina, fue rehabilitado en el año 2014 con componentes de pavimentación y tratamiento superficial bicapa ejecutada y financiada por el GOBIERNO REGIONAL de Puno. En la actualidad el problema general son los defectos que presenta el pavimento flexible de la carretera Ayaviri – Purina, que disminuyen la comodidad del usuario y la vida de servicio de la estructura, cuyo factor corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

La vía presenta deficiencias en su carpeta de rodadura, antes del periodo de diseño, lo cual es posible observar en todo el tramo de la carretera Ayaviri – Purina, ha pasado muy corto tiempo desde su construcción, esta vía ya tiene daños severos, lo que merece un diagnóstico y una evaluación sobre el estado alarmante de deterioro. Las causas que motivan estos desgastes prematuros son múltiples como:

- Deficiencias en diseño.
- Deficiencias en procesos constructivos.
- Deficiencias en drenaje de aguas pluviales

Al no cumplir con su periodo de vida útil, hace que el costo de inversión sea mal utilizado, y el mantenimiento de los pavimentos existentes sea antieconómico, es necesario que la pavimentación de la vía Ayaviri – Purina se realice con todas las consideraciones técnicas para que estas sean duraderas, y permitan tránsito fluido.

1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Limitación espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en la carretera Ayaviri - Purina, entre los tramos km 10+000 al 14+500 y está orientado a evaluar la estructura del pavimento flexible, para determinar las características estructurales, valoradas mediante procesos de evaluación basado en métodos destructivos se trabajó de acuerdo a los datos y muestras obtenidos en campo realizando un total de 03 calicatas, en donde se tiene los diferentes espesores que conforma la estructura del pavimento, estos fueron llevados al laboratorio y procesados en gabinete, se utilizaron normas vigentes de carreteras, del mismo modo también se realizó estudios específicos como; ensayos de laboratorio de mecánica de suelos para obtener valores, empleados en la estructura del pavimento, se hizo una evaluación superficial de la carpeta de la superficie de rodadura de la estructura del pavimento para determinar el índice de condición, basado en el método PCI.

1.2.2 Limitación temporal

La presente investigación está orientada a evaluar la estructura del pavimento de la carretera Ayaviri - Purina, comprende el tiempo de la duración de la tesis a investigar desde mayo a setiembre del 2015.

1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema general:

¿Cuáles son las características de la estructura del pavimento flexible y las razones de falla de la carretera Ayaviri – Purina distrito de Ayaviri, valorada mediante procesos de evaluación basada en el método destructivo?

1.3.2 Problemas específicos

- 1) ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los componentes de la estructura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri – Purina?
- 2) ¿Cuáles son las causas de falla en la superficie de rodadura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina y su clasificación de acuerdo con el sistema de Índice de Condición del pavimento (PCI)
- 3) ¿Cuáles son las alternativas de mantenimiento y mejoramiento de nivel de serviciabilidad de la carretera Ayaviri – Purina?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general:

Determinar las características de la estructura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina, valorado mediante procesos de evaluación basada en el método destructivo.

1.4.2 Objetivos específicos:

- 1) Analizar las características físicas y mecánicas de la estructura del pavimento por el método destructivo para determinar su nivel de relación con los factores que afectan la durabilidad del pavimento.
- 2) Evaluar las fallas en la superficie de rodadura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina y su clasificación de acuerdo con el sistema de Índice de Condición del pavimento (PCI).
- 3) Determinar la alternativa de mejoramiento y mantenimiento necesario del pavimento flexible de la carretera Ayaviri – Purina.

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS:

1.5.1 Hipótesis general:

Las fallas estructurales en el sistema de pavimentación de la carretera Ayaviri – Purina determinadas por el método Destructivo se deben a un inadecuado diseño, deficiencias durante el proceso constructivo y mantenimiento de la vía.

1.5.2 Hipótesis específicas:

- 1) Las características físicas y mecánicas de los materiales que componen las capas de la estructura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina, no cumple con las especificaciones técnicas según la norma EG-2013 vigente en la actualidad.
- 2) Las fallas en la superficie de rodadura del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina según el PCI se debe a un inadecuado control en el proceso de ejecución de los diferentes elementos que conforman la estructura.
- 3) El tipo de mantenimiento más adecuado para mejorar el nivel de servicio de la vía en estudio es un mantenimiento rutinario por su bajo costo y factibilidad técnica.

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Variable independiente:

Analizar la estructura del pavimento flexible

1.6.2 Variable dependiente:

Problemas constructivos y estructurales de la vía

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo de investigación:

Esta investigación es de tipo Descriptivo, cuyo objetivo es evaluar las posibles relaciones entre causa – efecto. Considerando que la hipótesis es una posible respuesta en mi investigación respecto de una base teórica ya considerada anteriormente para lograr un fundamento en el supuesto de la conjetura respecto de una realidad objetiva.

1.7.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, porque se realizó evaluaciones y cálculos teóricos en la Carretera. La investigación descriptivo - experimental es la descripción y análisis de lo que ocurrirá en condiciones cuidadosamente controladas.

1.7.3 Métodos de investigación.

El presente estudio es una investigación que tiene un enfoque cuantitativo, porque se estudia a un conjunto de procesos, que es secuencial y no podemos eludir ningún paso porque su orden es riguroso.

Además, el diseño adecuado para este tipo de investigación es de tipo descriptivo y finaliza como explicativa, ya que analizamos el uso del método destructivo para evaluar la carretera Ayaviri - Purina.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Población

La población de la presente tesis de investigación estarán compuestos por el proyecto de la Carretera Ayaviri – Purina, es ubicado en los distritos de Ayaviri y Azángaro, departamento de Puno - 2015.

1.8.2 Muestra

La muestra se realizó por el tramo de la Carretera Ayaviri – Purina, ubicado en los distritos de Ayaviri y Azángaro, departamento Puno-2015. Que está compuesta de 19.375 kilómetros.

La muestra se realizó por tramos de la Carretera haciendo calicatas para los distintos estudios de la estructura del pavimento de la sub rasante, sub base, base, el número de calicatas en estudio fue de 03 calicatas en todo el tramo; para dichos estudios se realizaron las siguientes pruebas: (Densidad campo, CBR, proctor modificado, análisis granulométrico, límites de consistencia y contenido de humedad.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1 Técnicas:

- Recopilación de información precedente de la estructura del pavimento.
- Visita de campo y excavación de 03 calicatas en partes más críticos.
- Extracción de muestras de la estructura del pavimento.
- Las muestras tomadas se trasladaron al Laboratorio de Mecánica de Suelos Concreto y Asfalto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca, para su análisis y resultados. Los ensayos se efectuaron según normas de la AASHTO, ASTM y MTC vigentes.
- Ejecución de los ensayos de laboratorio los instrumentos a utilizarse son: sub rasante: (Densidad campo, CBR, proctor modificado, análisis

granulométrico, límites de consistencia y contenido de humedad), sub base: (Densidad de campo, CBR, proctor modificado, análisis granulométrico, límites de consistencia y contenido de humedad), base: (Densidad de campo, CBR proctor modificado, análisis granulométrico, límites de consistencia y contenido de humedad).

- Ensayos de abrasión (los ángeles).
- Ensayos de chatas alargadas y caras fracturadas.
- Estudios de suelos. (Documento de los cuales se extraerá la información y datos relevantes a la investigación).
- Plano clave de la carretera.
- Registro de campo (se utilizara para anotar los datos de campo).
- Equipos de laboratorio de campo. (para ejecutar ensayos de mecánica de suelos en el mismo campo y obtener características geo mecánicas).
- Equipos de laboratorio. (se utilizara para ejecutar ensayos de laboratorio y obtener las características geo mecánicas)

1.9.2 Instrumentos

- Análisis visual en campo
- Análisis del laboratorio

CUADRO N° 1

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS

Técnicas	Instrumentos
Evaluación	Análisis visual en campo, utilizando formato de evaluación para recolección de datos y libreta de registro.
Muestreo de suelos	Análisis en laboratorio

Fuente: Elaboración Propia

1.10 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.10.1 Justificación de la investigación

El trabajo de investigación se justifica en la medida que en esta se beneficiara

directamente a la población del Distrito de Ayaviri, turistas locales, nacionales e internacionales que visitan el centro arqueológico de Purina y transporte de carácter local.

La carretera es de gran importancia social porque de ella dependen todos los movimientos y transportación de bienes de la zona.

El hecho de solucionar estos problemas posibilita que durante un tiempo prolongado la población disponga de una vía adecuada para garantizar el transporte de personas hasta el centro arqueológico de Purina, potenciando el desarrollo de la zona.

La vía Ayaviri – Purina está construido con carpeta conformado por tratamiento superficial bicapa, la finalidad del presente trabajo de investigación es dar a conocer un diagnostico cuantitativo y cualitativo sobre el estado del pavimento, y encontrar una explicación lógica de las causas y efectos más comunes del porqué ha fallado la estructura del pavimento y del porque no cumple con su periodo de diseño.

De manera general una carretera, con una excelente estructura de pavimento, se puede concebir como un sistema que logra integrar beneficios, conveniencia, satisfacción y seguridad a sus usuarios; que colabora en el logro de los objetivos del desarrollo regional, agrícola, industrial, comercial, residencial, recreacional y de salud pública.

1.10.2 Importancia de la Investigación

Es importante porque nos permitió detectar las posibles fallas que se produjeron en la estructura del pavimento flexible, y de fundamental importancia en la evaluación estructural que nos permitió determinar el grado de falla y tipos de falla haciendo uso del método visual PCI y los parámetros de error de los pavimentos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación estructural del pavimento flexible de la carretera Atuntolla – Purina consistió en la definición del estado superficial de la carretera y su entorno, comprendiendo este último todo tipo de obras o elementos auxiliares relacionados con el pavimento que de manera directa o indirecta puedan afectar a la comodidad y seguridad del usuario. Como resultado del examen superficial del pavimento puede obtenerse una importante serie de conclusiones para el desarrollo de trabajos futuros de conservación, rehabilitación o mejoramiento, a saber:

- Detectar los inicios de posibles fallas y determinar sus causas.
- Determinar zonas prioritarias para conservación.
- Determinar la necesidad de una evaluación de tipo estructural para el diseño de refuerzos.

A nivel mundial, los recursos que se asignan a la conservación de carreteras siempre son escasos e insuficientes; esto es válido tanto para países desarrollados con grandes longitudes de carreteras construidas, como para los calificados como en desarrollo, (Instituto mexicano del transporte, 2007).

Para los usuarios de las vías urbanas Peruanas es normal encontrarse con muchos problemas producto de las fallas superficiales que presentan las mismas, ya sean parches, baches u otros. Estas fallas producen incomodidades, aumentan la inseguridad, deterioran los vehículos, etc. y se traducen finalmente, en mayores costos para las personas.

La existencia de pavimentos deteriorados no es un tema nuevo debido a que la mayoría de los países aplican con mayor intensidad políticas de construcción de vías nuevas y dan menos atención a políticas de mantenimiento de los pavimentos ya existentes.

Para realizar la evaluación del estado superficial del pavimento se deben determinar la cantidad y la severidad de las fallas. Pero, producto de lo engorroso del manejo de todos los datos, se han desarrollado metodologías que se enfocan en la combinación de cada falla en un índice global.

Los primeros procedimientos en la determinación de un índice combinado en pavimentos se realizaron en Washington, (E.E.U.U.). Posteriormente, la Armada de

E.E.U.U., realizó una adaptación en un sistema de calificación denominado Método PCI (“Índice de Condición del Pavimento”).

El Método PCI fue desarrollado por el Cuerpo de los Ingenieros del Ejército Americano y tiene como objetivo atribuir notas a los pavimentos, a través de la identificación y cuantificación de las fallas de los mismos en el campo.

En nuestro país éste método se ha empleado principalmente en pistas de aterrizaje en aeropuertos, sin tenerse mayores antecedentes de su uso en otro tipo de pavimentos. Este estudio pretende implementar el Índice de Condición de Pavimento (PCI) como método de evaluación del estado de vías en Pavimentos.

Algunas causas de los defectos son de distinto origen y naturaleza; entre las que cabe destacar las siguientes.

- Elevado incremento de las cargas circulantes
- Deficiencias en el proceso constructivo en la calidad real de los materiales.
- Diseños deficientes.
- Factores climáticos regionales
- Falta un plan de rehabilitación y mantenimiento de la carretera.
- Deficiente mantenimiento por escasez de recursos económicos disponibles, equipo, maquinaria especializada y personal capacitado.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Índice De Condición Del Pavimento (PCI)¹

El método Índice de Condición del Pavimento (PCI), consistió en la obtención de un índice global de la condición que presenta un pavimento. Para lograr este objetivo, la metodología recurre a una serie de gráficos experimentales que ponderan, según su repercusión sobre el usuario, los distintos deterioros que pueden presentarse en una vía.

El PCI es un índice global que entrega información de la condición del pavimento, tomando como base la información de los diversos deterioros que se tienen presentes y los niveles de severidad que estos deterioros poseen, a través de la identificación y cuantificación de las fallas de los mismos en el campo.

El método PCI (Pavement Condition Index) fue desarrollado por el cuerpo de los ingenieros del ejército americano y publicado en el Army Technical Manual 5-623. [ARMY82].

El método PCI asigna un índice 100 a un pavimento que está en “perfectas” condiciones y cero cuando esté completamente destruido.

El método PCI se resume principalmente en 5 etapas. La primera consiste en la inspección de la vía para cuantificar los deterioros y los niveles de severidad que presenta ésta. La segunda etapa indica la relación con la obtención de las

¹ Army Technical Manual 5-623. [ARMY82] “Pavement Maintenance Management”, Washington D.C., 1982

densidades de deterioro para determinar posteriormente los Valores Deducidos individuales. Como tercer paso se debe cuantificar el valor deducido total para dar paso a la cuarta etapa consistente en el ajuste de este valor. Finalmente, la última etapa, es la obtención del PCI.

Las investigaciones realizadas en el ámbito de la gestión de la infraestructura vial han concluido que la optimización de los recursos pasa por llevar a cabo un mantenimiento adecuado y oportuno; adecuado en el sentido de proveer de actividades técnicamente correctas (sellado de grietas y juntas, parches, reencarpetados, etc.) y oportuno en el sentido de realizarse en el momento óptimo. Es en este último punto donde el método PCI, presentado en esta investigación, provee la información necesaria.

2.2.2 Tipo de fallas en los pavimentos²

Cuando una obra vial se pone en servicio, debe presentar las condiciones óptimas para su operación; al transcurrir el tiempo, se deteriora por el uso, dificultándose así cada vez más el tránsito, por lo que es preciso hacer una conservación normal adecuada y rehabilitaciones oportunas, para que la obra no llegue a tener una falla prematura.

Las fallas de pavimentos pueden ser funcionales o estructurales, según los parámetros existentes para definirlos:

La falla funcional: es aquella que tienen las carreteras cuando las deformaciones superficiales son mayores que las tolerables y provoca ciertas incomodidades al tránsito, de acuerdo con el tipo de camino del cual se trate, pues se puede tener una superficie de rodamiento con deformaciones que son aceptables para caminos secundarios; pero inconvenientes para autopistas.

La falla estructural: implica una destrucción de la estructura del pavimento y, en general, se debe a que el tránsito que ha soportado la construcción es mayor al que se calculó para su vida útil; si éste es el caso, la estructura cumplió su cometido aunque en otras ocasiones, **la falla estructural se presenta en forma prematura;** es decir mucho antes de terminar el periodo útil y, entonces, se debe a espesores reducidos de pavimento a que los materiales usados eran de mala calidad o a uno de estos factores, combinado con un mal drenaje y una baja compactación.

2.2.3 Ensayos destructivos:

La ejecución de estos ensayos, requirió alterar el pavimento existente en algún punto. Entre los ensayos destructivos más utilizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la estructura existente, se encuentran:

a) Excavación de calicatas para determinar propiedades de los materiales de capas: Este procedimiento corresponde al procedimiento tradicional de recolectar

² ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES, Fernando Olivera Bustamante – Pág. 262, 2ª Ed.

información de diseño y tiene como objetivo la determinación de distintas propiedades de los materiales de las capas que conforman el pavimento, para el diseño y/o evaluación estructural. Entre los parámetros a considerar, se encuentran: espesores de capas, CBR de las capas granulares, clasificación, densidades y humedades. Como complemento de este procedimiento, se debe realizar una inspección visual de la superficie, de modo de detectar posibles fallas (en especial grietas) que puedan determinar un menor aporte estructural de las capas de rodado.

b) Extracción de testigos: Mediante una extractora de testigos, se obtuvo una probeta cilíndrica de las capas superficiales del pavimento. En general solo es aplicable a la extracción de materiales de capas de asfalto y hormigón. Permite medir los espesores y propiedades mecánicas de resistencia de capas cementadas.

c) Placa de carga: El ensayo de placa de carga sirvió para la evaluación de la capacidad portante del material de subrasante, bases, y en algunos casos, del pavimento completo utilizando placas de diámetros relativamente grandes. De este ensayo se determina un módulo de reacción (k). Para aplicar este método en pavimentos existentes, se requirió efectuar calicatas de gran superficie, lo cual resultó poco práctico y costoso. Este ensayo ha quedado paulatinamente en desuso.

d) Penetrómetro dinámico de cono: El penetrómetro dinámico de cono (DCP) es un dispositivo que nos permitió realizar de un modo expedito, una auscultación in-situ de las capas de suelo de la subrasante y bases granulares. El principio se basa en la acción de una masa dinámica que cae desde una altura preestablecida, lo que produce la penetración de una sonda en forma de cono. Como resultado del ensayo, se encuentra la penetración de la sonda para un determinado número de golpes (PR), el cual está relacionado con las propiedades de CBR.

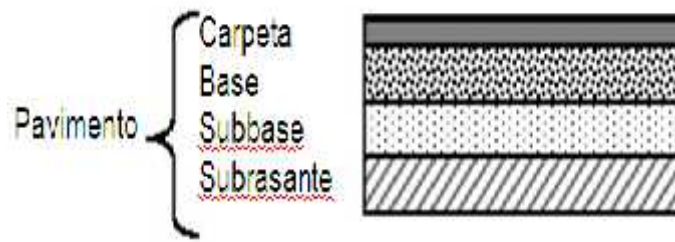
2.3 PAVIMENTOS

2.3.1 Definición de pavimentos³

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario. De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado sub rasante.

³NORMA AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS)

FIGURA N° 01
ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO



Fuente: Coronado Jorge (2002: página 104)

2.3.2 Clasificación de pavimentos

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 1. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la sub rasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible
- b) Pavimento rígido
- c) Pavimento compuestos o híbrido

- **Pavimento flexible⁴**

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la sub rasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. Ver figura 2.

- **Pavimento rígido⁵**

El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o sub base) y ésta sobre la sub rasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores.

- **Pavimento compuestos o híbrido**

Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan adoquines de

⁴ DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS Mg. Silene Minaya González; M.I. Abel Ordóñez Huamán- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

⁵ INGENIERIA DE PAVIMENTOS, Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño TOMO I: ING. Alfonso Montejó Fonseca-UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.

concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver figura 2.

FIGURA N° 02
TIPOS DE ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO



Fuente: Elaboración Propia

2.3.3 Constituyentes de los pavimentos flexibles:

Los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, sub base y sub rasante. A continuación se explica a detalle cada uno de estos elementos.

- **Carpeta asfáltica,** La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía.
Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).
- **Base,** Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la sub base, que se encuentra en la parte inferior.
- **Sub base,** La sub base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la sub rasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas
- **Subrasante,** es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

2.3.4 Definiciones Conceptuales:

Los términos básicos de la estructura de un pavimento flexible

- ANCHO DE VIA: Zona de terreno ocupada por la carretera. También se le llama zona de ocupación. Sus límites son las aristas exteriores de la explanación, que corresponden a la intersección del talud del desmonte o terraplén con el terreno natural.
- BASE: Es el principal elemento estructural de un pavimento flexible y puede ser: tratada (con cemento, cal o asfalto), o sin tratar (como las gravas de río, los materiales de afirmado o la piedra chancada).
- BERMA: Franja longitudinal adyacente a la calzada. Solo se utiliza en vías importantes y de alta velocidad.
- CALZADA: Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se componen de un cierto número de carriles.
- CAPAS: Son los materiales que componen la sección tipo, de los cuales se delimitan sus anchos y espesores. El número y los materiales de las diversas capas es variable de una carretera a otra.
- CARRETERA: Son caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos.
- CARRIL: Es una banda de anchura suficiente para el paso de vehículos en fila.
- DERECHO DE VIA O FAJA DE DOMINIO: Es la franja de terreno dentro de la cual se encuentra la carretera y sus obras complementarias, y cuya propiedad corresponde al estado.
- EMPEDRADO: Cantos rodados con cementante.
- ESPESORES: Definen la altura mínima de cada capa que forman el pavimento.
- PAVIMENTO ARTICULADO: Elementos pequeños de concretos pre fabricados, entrelazados por articulaciones y sellados con arena.
- PAVIMENTO RIGIDO CONTINUAMENTE REFORZADO: Rígido con malla de acero estructural y anclajes en el terreno.
- PAVIMENTO RIGIDO PRESFORZADO: Rígido con acero estructural de alta resistencia.
- PAVIMENTOS FLEXIBLES: Es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la subrasante; su estabilidad depende el entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión.

2.4 BASES NORMATIVAS:

2.4.1 Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y

fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección general de caminos y ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El manual de carreteras “Diseño Geométrico”, forma parte de los manuales de carreteras establecidos por el reglamento nacional de gestión de infraestructura vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, regional y local.

El manual de carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con la demás normativa vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

La presente versión manual de carreteras “Diseño Geométrico (DG-2013)”, es la actualización del manual de diseño geométrico de carreteras (DG-2001), y está organizado en capítulos, secciones, tópicos, artículos y acápites, que abarcan las diferentes etapas y actividades.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial se encuentra en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, cuyas nuevas versiones serán denominadas de la siguiente manera: Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG – 2013)”.

2.4.2 Manual de ensayo de materiales para carreteras (EM-2000)

El manual de ensayo de materiales para obras Viales EM-2000, son concordantes con la normatividad y exigencias establecidas por las Instituciones Técnicas reconocidas Internacionalmente como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto, entre otros, ACI, etc., así también con las condiciones propias y particulares de nuestro país, El MTCVC buscó uniformizar los criterios generales para efectuar los ensayos de agregados y materiales empleados en Ingeniería.

Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras (EG - 2013), en el presente manual se están extrayendo la información que debe tomarse en cuenta para los ensayos de laboratorio. Los estudios de campo de toma de muestras y

ensayo de laboratorios para el presente trabajo de investigación son las reglamentadas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, vivienda y construcción en el manual “Manual de ensayo de materiales para carreteras (EM-2000)”

- Muestreo de Suelos ASTM D420-70; AASHTO T86-70
- Límites de consistencia ASTM 423-66; AASHTO T89-68 y T90-70
- Determinación del Contenido de Humedad ASTM D2216-71
- Análisis Granulométrico por tamizado, ASTM D-422; AASHTO T27-88
- Ensayo Proctor Modificado, ASTM D 1557-91 AASHTO T180-90
- Ensayo de CBR AASHTO T 193-63 ASTM D 1883-73

2.4.3 **Ámbito de aplicación, alcances y limitaciones**

La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú.

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario

- **Contenido de humedad (Norma ASTM 2974, MTC E108)**

El contenido de humedad o humedad de una muestra del suelo, es la relación del peso de agua contenida en la muestra, al peso de la muestra después de ser secada al horno.

- **Análisis granulométrico (Norma ASTM D-422, MTC E107)**

Se refiere a la distribución de los suelos según su tamaño. Su determinación con tamices es el de más frecuente uso, con el que se caracteriza la diversidad de tamaños de las partículas que conforman estos materiales.

Los resultados de un análisis granulométrico comúnmente se representan mediante la curva granulométrica. Al utilizar este tipo de gráficas es posible establecer simultáneamente una relación comparativa visual con las normas de exigencias reglamentarias. Además a través de estas gráficas se pueden determinar algunas constantes físicas y mecánicas, los mismos que evalúan su gradación, uniformidad, proporción de tamaños y otras características.

Características de los materiales granulares para Base y Sub Base según MTC.

CUADRO Nº 2

REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA LA BASE GRANULAR

PORCENTAJE EN PESO QUE PASAN LAS MALLAS					
Tamiz	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tolerancia
2"	100	100	--	--	- 2
1"	--	75 – 95	100	100	± 5

3/8"	30 – 65	40 – 75	50 - 85	60 – 100	± 8
Nº 4	25 – 55	30 – 60	35 - 65	50 – 85	± 8
Nº 10	15 – 40	20 – 45	25 - 50	40 – 70	± 8
Nº 40"	8 – 20	15 – 30	15 - 30	25 – 45	± 5
Nº 200	2 – 8	5 – 15	5 - 15	8 – 15	± 3

Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2013)"

- **Límite líquido (Norma ASTM D-423, MTC E110)**

Se puede definir el límite líquido como el contenido mínimo de agua con el cual el suelo fluirá con la aplicación de una fuerza cortante muy pequeña. Se supone que con este contenido de agua, el suelo se comporta prácticamente como un líquido. Por lo regular, el límite líquido se determina en el laboratorio mediante el empleo de un dispositivo mecánico que es la Cuchara de Casagrande.

- **Límite plástico (Norma ASTM D-424, MTC E111)**

En términos generales, se puede definir el límite plástico como el contenido mínimo de agua con el cual el suelo se mantiene en una condición plástica.

- **Índice de plasticidad (Norma ASTM D-424, MTC E111)**

El índice de plasticidad de un suelo (I.P.) se define como la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico. De esta forma se indica el intervalo de contenido de agua dentro del cual el suelo tiene una condición plástica. Los suelos arenosos y los limos, en particular los de del tipo polvo de roca tienen característicamente un bajo I.P., en tanto que los suelos arcillosos presentan valores elevados del índice de plasticidad. En general se puede decir que un suelo sumamente plástico, indicado por un valor elevado del I.P., es también extremadamente compresible. También es evidente que el índice de plasticidad es una medida de la cohesividad con un valor alto de I.P. que indica un alto grado de cohesión. Los suelos que no tienen un límite plástico, como las arenas sin cohesión, se clasifican como suelos no plásticos (N.P.).

- **Relación de soporte de california (C. B. R.) (Norma ASTM D-1883, MTC E132)**

El método establece la relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas.

Este ensayo es de punzonamiento, aunque es de carácter empírico, es utilizado universalmente para conocer la estabilidad de los suelos, cuando se trata de medir su resistencia mecánica.

El número C.B.R. se obtiene como la relación de carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad, con respecto a

una carga unitaria patrón, expresada en porcentaje.

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{CARGA UNITARIA ENSAYO}}{\text{CARGA UNITARIA PATRON}}$$

La siguiente tabla nos da una clasificación típica de la relación entre el C.B.R. y su uso como subrasante, sub - base o base en una pavimentación:

CUADRO Nº 03

Relación entre el CBR y su uso como sub rasante, sub base y base

Relación entre el CBR y su uso como subrasante, sub base y base		
C. B. R.	USOS	CLASIFICACIÓN GENERAL
0 – 5	Subrasante	Muy mala
6 – 10	Subrasante	Mala
11 – 20	Subrasante	Regular o buena
21 – 30	Subrasante	Muy buena
31 – 50	Sub base	Buena
51 – 80	Base	Buena
81 - 100	Base	Muy buena

Fuente: Vías de Comunicación. Ing. Carlos Crespo Villalaz. (Pag. 219)

2.4.4 Clasificación de los suelos (AASHTO) (Norma ASTM D-2487, MTC Anexo 1)

Este método describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos con base en la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en el laboratorio. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio de un "índice de grupo" el cual es un valor calculado a partir de una fórmula empírica. La clasificación de grupo, incluyendo el índice de grupo, será útil para determinar la calidad relativa del material del suelo que se use en estructuras de tierra, en particular en sub bases y bases. Lo común es que para el diseño detallado de estructuras importantes se requieran otros datos correspondientes a la resistencia o características de comportamiento del suelo bajo condiciones de campo. Esta clasificación divide los suelos en dos grupos:

a. Suelos granulares:

Contienen 35% o menos del material que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm.). Estos suelos forman los grupos A - 1, A - 2, A-3.

b. Suelos de granulometría fina limo - arcilloso

Son suelos que contienen más el 35% de material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman los grupos A-4, A-5, A-6, A-7.

a. Suelos granulares:

En este grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos o arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden en líneas generales a los clasificados como:

A - 1, A - 2 y A - 3, por la AASSHO y son designados de la siguiente forma:

- Gravos o suelos gravosos: GW, GC, GP y GM.
- Arenas o suelos arenosos: SW, SC, SP y SM.

Dónde:

G = Grava o suelo gravoso.

S = Arena o suelo arenoso.

W = Bien graduado.

C = Arcilla inorgánica.

P = Mal graduado.

M = Limo inorgánico, o arena muy fina.

b. Suelos finos:

En este grupo se hallan materiales finos, limosos o arcillosos de baja o alta compresibilidad; son designados de la siguiente forma:

Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL, y OL.

Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

Dónde:

M = Mo, limo inorgánico o arena muy fina.

C = Arcilla.

O = Limos, arcillas y mezclas limo arcillosas con alto contenido de material orgánico.

L = Baja a mediana compresibilidad.

H = Alta compresibilidad.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 INFORMACIÓN DE LA CARRETERA AYAVIRI - PURINA

La carretera Ayaviri – Purina, se encuentra ubicado al Noroeste de la capital de la provincia de Melgar.

Límites:

Por el Norte: Distrito de Orurillo (provincia de Melgar).

Por el Este: Distritos de Tirapata,

Por el Sur: Distritos de Pucara.

Por el Oeste: Distritos de Llalli.

FIGURA Nº 03

UBICACIÓN DEL TRAMO A EVALUAR VIA AYAVIRI – PURINA, 2015



3.1.1 Características técnicas de la carretera

Longitud:	4.5 km
Velocidad Directriz:	30 Km/hr
Pendiente Máxima:	4%
Radio mínimo Normal:	30 m
Radio mínimo excepcional:	15 m
Ancho Sup. Rodadura:	6.00 y 6.30 m
Bombeo:	3.0%

Cunetas: Triangular	1.00mx0.50m
Talud de relleno:	1:1.5
Carpeta de Rodadura:	Pavimento flexible
Bicapa emulsión asfáltica	
Espesor del Pavimento:	10 cm.

3.1.2 Características de la vía

El acceso desde la capital del departamento de Puno, es mediante una carretera asfaltada Purina es de 14.5 km en tiempo total de 10 min. Desde el desvío.

El inicio del tramo se constituye en las inmediaciones del punto de inicio en el distrito de Ayaviri, esta vía comprende una longitud de 4.5 Km. desde el Ayaviri - Purina, comprendido entre las progresivas Km. 10+000 hasta Km. 14.5+000, esta vía sirve también para llegar a los lugares turísticos de la zona,

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PAVIMENTO

Para desarrollar este ítem se visitó a la municipalidad distrital de Ayaviri buscando algún tipo de información relacionada a esta vía, la respuesta recibida fue que no existe ningún tipo de información, ya que dicha carretera fue rehabilitada con el financiamiento con el PLAN COPESCO NACIONAL DE MINCETUR en convenio con el GOBIERNO REGIONAL DE PUNO, en el año 2014, a través de una empresa Constructora, al solicitar información de la obra ejecutada. No quiso proporcionar información del Expediente Técnico, Cuaderno de Obra o algún tipo de informe de la ejecución de la obra. Es por lo cual, la descripción que se presenta a continuación está desarrollado de comentarios recabados de algunas personas que en cierto modo estuvieron involucrados en la construcción de la vía, y de una inspección visual del estado de esta vía en la actualidad. Así, el pavimento de la vía Ayaviri - Purina, está formada por un tratamiento superficial bicapa.

La vía en estudio presenta en su superficie fallas así como piel de cocodrilo, hundimientos, segregación, desintegración, exudación, huecos siendo la más dañada entre las progresivas comprendidas entre Km. 10+000 a 14+000, como muestran en las vistas fotográficas:

VISTAS FOTOGRAFICAS Nº 01
FALLAS EN LA CARRETERA AYAVIRI – PURINA, 2015

Falla hueco



Falla piel de cocodrilo



Falla por exudación



3.3 IMPORTANCIA

La vía Ayaviri – Purina es un tramo importante ya que es la única vía de llegada hacia la zona arqueología de Purina, y también por ser una fuente económica de gran importancia para el distrito de Ayaviri y también de nuestro departamento de Puno por ser una de las principales zonas turísticas de la región motivo por el cual ha aumentado considerablemente el parque automotor, ocasionando el incremento de tránsito.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS

4.1 PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL

Según normatividad vigente aplicada de acuerdo a las especificaciones generales EG-2013, se toma un estricto control de calidad tanto de los materiales como de los equipos, procedimientos de ensayos destructivos y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la sub rasante, sub base, base granular y carpeta asfáltica para la cual analizaremos las variables de estudio.

Del análisis efectuado al mantenimiento vial, se ha determinado que no existe ningún trabajo de mantenimiento; el mantenimiento vial por considerarse un factor preponderante en el normal funcionamiento de los componentes de una vía, es el factor primordial que generó la falla estructural en el pavimento.

Si bien las curvas de deducción se basan en la experiencia adquirida a través de los años en el estudio de los deterioros y sus consecuencias para los usuarios en países desarrollados, pueden ser un buen parámetro a ser utilizado, debido a que las experiencias prácticas ejecutadas en este trabajo demuestran que, efectivamente, se tiene en resumen las condiciones reales que presenta la rama en evaluación, es decir, se obtienen valores consecuentes a la realidad de los casos. Tal vez, sea necesario en investigaciones posteriores realizar ajustes a estas curvas que se adapten a la realidad Local, pero para esto se requiere invertir recursos que no siempre se tienen disponibles, de todos modos, asociar las problemáticas a las realidades de países más avanzados en la materia, puede elevar la calidad y el estándar de nuestros pavimentos.

Deficiencias durante el proceso constructivo: Los resultados bajos obtenidos de estudios geotécnicos respecto a la conformación de la estructural del pavimento, tal como se muestra en los cuadros de resumen en laboratorio, nos muestra que existe deficiencias durante el proceso constructivo; porque en el proceso constructivo se debieron tener en cuenta los siguientes parámetros mínimos a cumplir:

- Calidad de los sistemas constructivos.
- Calidad de los materiales por no cumplir c/las Esp. Tec.
- Calidad de equipos por no contar con equipo adecuado.

- Por control de calidad en el proceso de ejecución.
- Por control de calidad de materiales.
- Por desconocimiento en el área.
- Por tiempo y programación de áreas de trabajo.

Cabe indicar que en cualquiera de estos casos que conforma la estructura del pavimento, se encontraron bajos resultados en donde no se consideraron parámetros mínimos al efectuar el diseño estructural como:

Por todo lo mencionado y de los resultados obtenidos, se confirma que es una causal principal de que exista la falla estructural en el pavimento flexible.

La evaluación ha determinado que el funcionamiento del sistema de drenaje superficial es inadecuado a falta de trabajos de mantenimiento y construcción de algunas estructuras, provocando que el pavimento presenta un notable deterioro. La superficie de rodadura ha perdido el bombeo, las juntas se encuentran en mal estado y conjuntamente con las fallas en el pavimento han generado que las aguas se infiltren a la sub base incrementando el contenido de humedad y debiliten su capacidad de soporte. Entonces podemos inferir que nuestra **hipótesis general se acepta**.

4.2. PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Los resultados de los ensayos de laboratorio indican que el material de la subrasante está constituido predominantemente de suelos arenosos, con contenido de finos arcillas inorgánicas, de baja a media plasticidad, clasificados según el sistema SUCS como SC.

Los valores del C.B.R. De la subrasante en las progresivas Km 10+000, 12+000 y 14+000 cuentan con una clasificación que varía entre malo a muy malo, sectores donde se aprecia el deterioro del pavimento. Por tal motivo todo explica que en el proceso de ejecución de la construcción de la carretera Ayaviri – Purina no cumplieron con la normas de construcción. **Hipótesis es aceptada**.

Ñ Mediante el método PCI se ha determinado que los deterioros en la vía se encuentran en gran intensidad y severidad, se destacan principalmente agrietamientos longitudinales, piel de cocodrilo, huecos, ahuellamientos, baches, desintegración, etc., lo cual evidencia la presencia de falla estructural del pavimento flexible en gran parte de su extensión.

Los resultados de la inspección con la aplicación del método se logró determinar el deterioro físico de la vía mediante un Índice de la Condición Global de “Fallado” condición que posee el pavimento en la actualidad, el cual manifiesta los diversos factores que producen incomodidad a los usuarios de la vía, indicando claramente que exige como medida de tratamiento la necesidad de una reconstrucción completa de la vía. Por lo tanto la **hipótesis es aceptada**

- Todos los pavimentos requieren de mantenimiento, para evitar fisuras, depresiones y otros tipos de fallas que son evidencias visibles del desgaste del pavimento

Las técnicas aplicadas para el mantenimiento del pavimento asfáltico, dependen del tipo de falla en la superficie de rodamiento y/o sus capas inferiores. Estas se deben tomar en cuenta y estar basadas en las causas que generan las fallas para que sea efectiva la aplicación y lograr un mantenimiento adecuado. Por lo tanto la **hipótesis es aceptada.**

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

5.1.1. Generalidades

La evaluación superficial de pavimentos consiste en la definición del estado superficial de la carretera y su entorno, comprendiendo este último todo tipo de obras o elementos auxiliares relacionados con el pavimento que de manera directa o indirecta puedan afectar a la comodidad y seguridad del usuario. Como resultado del examen superficial del pavimento puede obtenerse una importante serie de conclusiones para el desarrollo de trabajos futuros de conservación, rehabilitación o mejoramiento, a saber:

- Detectar los inicios de posibles fallas y determinar sus causas.
- Determinar zonas prioritarias para conservación.
- Determinar la necesidad de una evaluación de tipo estructural para el diseño de refuerzos.
- Presentar elementos de juicio que permitan confirmar o modificar los criterios de diseño vigentes

En el presente tema de evaluación estructural del pavimento trata básicamente en evaluar el **comportamiento funcional** del pavimento, para lo cual se realiza la determinación del índice de condición del pavimento (PCI). Como su nombre lo describe, define la condición del pavimento mediante inspecciones visuales e identificación de los diferentes tipos de fallas.

5.1.2. Clasificación de fallas en los Pavimentos

Existen diversos textos y catalogos disponibles donde se define los tipos de fallas, seria por demás definir cada tipo de falla por lo que solo se hace mención de los tipos de fallas clasificadas en cuatro categorías:

FIGURA N° 04
TIPOS DE FALLAS DEL PAVIMENTO

TIPOS DE FALLAS	Agrietamientos	Grietas piel de cocodrilo Grietas por contracción (Bloque) Grietas de borde Grietas longitudinales y transversales Grietas de reflexión de Juntas Grietas de deslizamiento
	Deformaciones	Ahuellamiento Elevación - hundimientos Parches y baches Abultamientos Corrugaciones Depresiones
	Defectos Superficiales	Exudación de asfalto Agregado pulido Desintegración Huecos
	Fallas Diversas	Desnivel pista berma Afloramiento de Agua

Fuente: Tipos de fallas del pavimento,(Cespedes, 2002)

La evolución de fallas es cuando una determinada falla alcanza cierta proporción, evoluciona hacia otro tipo de falla mayor.

5.2 DETERMINACIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

La determinación de fallas en pavimentos flexibles, se efectuará mediante la aplicación del método Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Dentro de las componentes de esta evaluación mediante el método PCI destacan: los objetivos y alcances, la determinación de la metodología de trabajo, elementos previos del método PCI, la identificación y división de una red vial, análisis de los deterioros y sus niveles de severidad en una muestra, la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), y finalmente, la aplicación de la metodología PCI en la evaluación de la carretera Ayaviri – Purina.

CUADRO Nº 04
CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FALLAS SEGÚN PCI

FALLA Nº	TIPO DE FALLA	UNIDAD
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	m ²
2	EXUDACION DE ASFALTO	m ²
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	m ²
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	m
5	CORRUGACIONES	m ²
6	DEPRESIONES	m ²
7	GRIETAS DE BORDE	m
8	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	m
9	DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO	m
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m
11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	m ²
12	AGREGADOS PULIDOS	m ²
13	HUECOS	Nº
14	CRUCE DE RIELES	m ²
15	AHUELLAMIENTO	m ²
16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	m ²
17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	m ²
18	HINCHAMIENTO	m ²
19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	m ²

Fuente: elaboración propia.

5.2.1 Objetivos Y Alcances

Con la implementación de este método se pretende alcanzar el siguiente objetivo:

Ñ Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.), con la finalidad de verificar si el desempeño o la función esperada del pavimento está siendo alcanzada.

El PCI se ha empleado principalmente en E.E.U.U. y Europa abarcando una variada gama de obras viales, como por ejemplo: aeropuertos, pavimentos urbanos, pavimentos rurales, etc. En nuestro país este índice se ha hecho conocido principalmente por su aplicación en aeropuertos.

Este estudio apunta a la implementación del PCI como un método de evaluación en pavimentos rígidos construidos y operativos los cuales se encuentran enmarcados en nuestro ámbito regional, cuyas características técnicas se desarrollan en condiciones naturales variables.

En virtud de lo anterior, la tendencia mundial obligó al desarrollo de los llamados Sistemas de Administración o Gestión de Pavimentos, con el objeto de optimizar y eficientar las acciones de conservación.

Para lograr tal optimización, la red de carreteras requiere de dos grandes pasos: Un sistema que evalúe las condiciones del pavimento y un sistema que administre la conservación, estrictamente en ese orden.

5.2.2 Metodología de trabajo

La presente evaluación superficial del pavimento flexible, se desarrolló siguiendo básicamente cuatro etapas:

La primera de éstas corresponde a una revisión bibliográfica de la metodología PCI, con el fin de comprender los principios y conceptos normativos planteados, además de preparar el material logístico para la evaluación.

La segunda etapa consistió en la adaptación del modelo original tomando en cuenta las características de la vía en estudio.

En la tercera etapa se efectuó la aplicación de la metodología PCI en campo. Para esto, se seleccionó la vía a evaluar carrera Ayaviri – Purina tramo km 10+000 al tramo 14+000, ubicado en el distrito de Ayaviri. Luego se estudió la división de esta vía según indica la metodología.

La cuarta etapa consistió en el trabajo en gabinete con la sistematización de datos obtenidos en campo de acuerdo al método PCI, la metodología recurre a una serie de gráficos experimentales que ponderan, según su repercusión sobre el usuario, los distintos deterioros que pueden presentarse en una vía, para finalmente obtener el valor PCI de la vía.

5.2.3 Elementos previos método PCI

El índice de condición del pavimento o PCI es un índice global que entrega información de la condición del pavimento, tomando como base la información de los diversos deterioros que se tienen presentes y los niveles de severidad que estos deterioros poseen.

El método PCI asigna un índice 100 a un pavimento que está en “perfectas” condiciones, este valor va disminuyendo de acuerdo a la incidencia que tiene la combinatoria de los deterioros y los niveles de severidad que están presentes en el pavimento.

La inspección del pavimento comienza con la determinación de los deterioros que están presentes en el mismo, estos datos se incluyen en una hoja de inspección especial para pavimentos flexibles. Debido a que los deterioros pueden repetirse a lo largo de la inspección, se deben calcular los totales de cada deterioro y nivel de severidad.

En una etapa posterior, se determinan las densidades asociadas a los deterioros y a su nivel de severidad, por medio de las cuales se ingresa a los gráficos de Valor Deducido. Cada deterioro tiene su gráfico de Valor Deducido, en el cual se tienen 3 curvas, donde cada una representa la incidencia de los niveles de severidad (bajo, medio y alto) en la condición que presenta el pavimento. Con los datos de entrada de densidad y nivel de severidad se obtiene un Valor Deducido Individual.

Posteriormente se debe determinar el Valor Deducido Total que corresponde a la sumatoria de los Valores Deducidos Individuales. Cuando en el estudio se presentan Valores Deducidos Individuales mayores a 5 puntos, se debe realizar una corrección sobre el Valor Deducido Total, ya que se considera que la apreciación de incomodidad disminuye cuando se tienen varios deterioros, ya que la percepción de la condición se homogeniza.

El PCI se obtiene de la sustracción de 100 menos el Valor Deducido Total Corregido. Con el valor del PCI se establece una escala que aporta un juicio de valor de condición de pavimento (Excelente, Muy bueno, Bueno, etc.) para definir al pavimento.

La metodología PCI considera como una etapa previa a su aplicación la división de la red vial en estudio. A continuación se presentan y profundizan los conceptos asociados a la división antes señalada, para lo cual se toman como base los procedimientos definidos por el centro de Estudios Técnicos de la Armada de E.E.U.U. [ARMY82], adaptados a la presente investigación.

5.2.4 Determinación del índice de condición del pavimento

Todo lo referente a la determinación del índice de condición del pavimento (PCI), se encuentra en el texto “pavimentos de concreto y asfalto - mantenimiento y reparación” del American Concrete Institute (Capítulo de estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería, curso de extensión profesional).

Existen un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta; es así, que para la cuantificación del estado actual de dicho pavimento se ha decidido aplicar la que se encuentra estandarizado por medio de la norma ASTM D 6433.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un índice de condición del pavimento (PCI) para carreteras, calles y estacionamientos para proveer al ingeniero de:

- Un método estándar para evaluación de la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento.

- Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento.
- Un método para determinar comportamiento mediante determinación continúa del PCI.

5.2.5 Ecuación del PCI

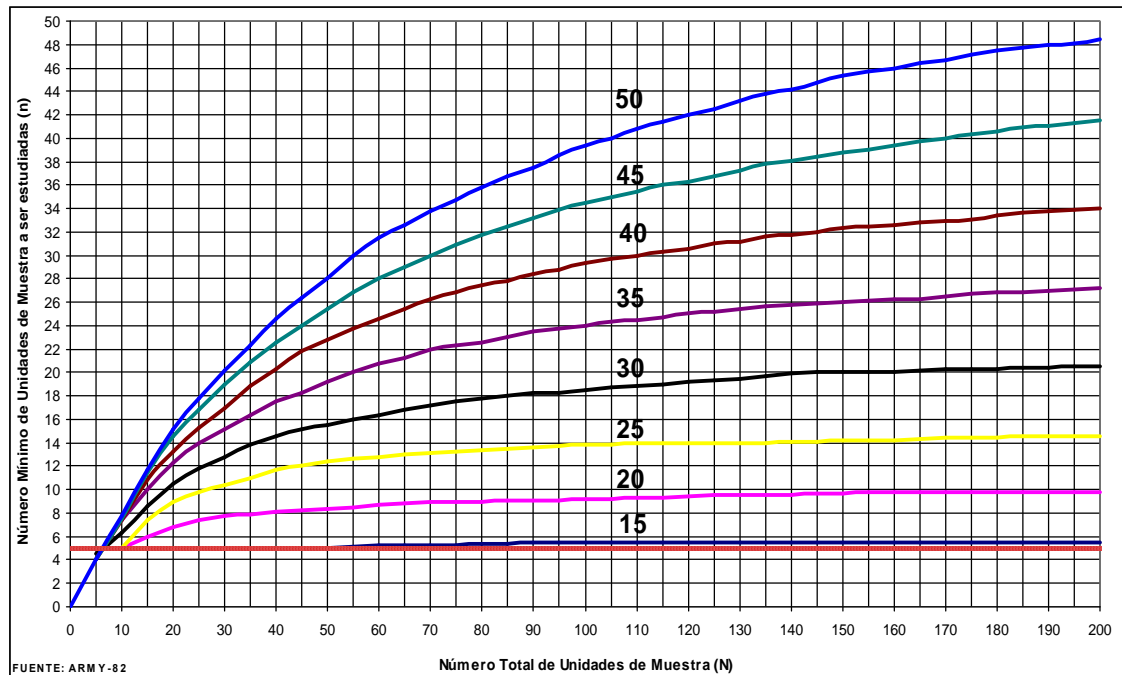
$$PCI = 100 - \left| \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right| * F$$

Dónde:

- PCI = Índice de condición del pavimento
- VD () = Valor de deducción, en función del tipo de falla (Ti), severidad (Sj) y densidad de las fallas (Dij) observables en el pavimento.
- i = Tipos de fallas
- j = Grados de severidad
- p = Números de fallas en el pavimento analizado
- mi = Grados de severidad para la falla "i"
- F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de valores de deducción mayores que 5.

FIGURA 05

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS A SER ESTUDIADAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE UNIDADES DE MUESTRA Y EL RANGO PCI



Rango PCI = PCI (de la unidad de muestra de mayor PCI) – PCI (de la unidad de muestra de menor PCI)

Asuma el rango PCI para Pavimento asfáltico = 25.

Asuma el rango PCI para pavimento rígido = 35.

Nivel de confianza de 95 + 5 %.

5.2.6 Cálculo del PCI para resultados de inspección

El acápite anterior describe dos formas de inspección para la sección de un pavimento; inspeccionar todas las unidades de muestra presentes en la sección o inspeccionar por muestreo. Los datos recolectados en ambos métodos de inspección se usan para calcular el PCI de la sección y los resultados del PCI entregan información de la condición global de la red vial en estudio.

Con el cálculo del PCI se obtiene un índice al cual se le asocia un juicio de la condición del pavimento. La escala que muestra la relación existente entre los índices y los juicios de condición.

PCI	Condición
100	Excelente
85	Muy bueno
70	Bueno
55	Suficiente
40	Pobre
25	Muy pobre
10	Fallado
0	

A continuación se explica el procedimiento para calcular el PCI en una unidad de muestra particular, y como calcular el PCI para una sección del pavimento basándose en los estudios realizados por el Departamento General de la Armada de E.E.U.U. [ARMY82].

- **Severidad de la falla**, se describe diferentes niveles contemplados para cada falla como bajo (B), medio (M) y alto (A)
- **Valor de deducción**, estos valores (VD) son determinados en función del tipo de falla su severidad y su densidad en el pavimento para lo cual se utilizan diagramas entre densidad en porcentaje y el valor de deducción.
- **Factor de ajuste**, este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afectan sustancialmente la condición del pavimento las curvas empleadas para la determinación el valor de deducción corregido (VCD), en función del valor total de deducciones (VTD) y “q” el número de VC individuales mayores a 5.
- **Procedimiento de inspección**. Para una determinación precisa del PCI debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de falla su cantidad de severidad existen dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. Ambos se

dividen la sección del pavimento de unidades de aproximadamente 240 m² cada una el primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades el segundo una muestra escogida aleatoriamente.

- **Inspección por muestreo.** La inspección de todas las unidades de una sección puede resultar costosa y requiere excesivo tiempo y recursos. Se determina el número mínimo de muestras a evaluar proveyendo una confianza del 95%.

5.2.7 Determinación de las fallas en el pavimento de la vía Ayaviri - Purina

Para desarrollar un mejor inventario de fallas, se han verificado la vía en dos carriles esto es por tener ambos carriles fallas compartidas y en tramos donde los carriles se ven separados.

Luego de haber enunciado anteriormente los diversos tipos de falla que se producen en el pavimento se ejecuta la determinación de fallas que existen en el pavimento de la carretera Ayaviri - Purina, realizándose mediante una inspección visual personal recorriendo un itinerario y anotando todas las deficiencias e irregularidades observadas

Las fallas más comunes en el pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina son de bacheo, hundimiento así como también existe presencia de grietas de piel de cocodrilo, desintegración, exudación, huecos, etc. Tal como se muestra en las siguientes vistas fotográficas:

VISTAS FOTOGRÁFICAS N° 02

FALLAS MÁS COMUNES DEL PAVIMENTO EN LA VÍA AYAVIRI - PURINA, 2015



5.2.8 Objetivo de la determinación del PCI:

Conocer el estado de deterioro actual en la carretera Ayaviri - Purina a través de inspecciones visuales aplicando el método del PCI.

Así como también:

Identificar las fallas superficiales presentes en el pavimento flexible a través de una inspección visual, determinar los niveles de severidad de las fallas presentes en dicho tramo en estudio, determinar el PCI presente en el pavimento flexible.

5.2.9 Características geométricas del tramo:

Con las mediciones realizadas en la carretera Ayaviri - Purina se obtuvo lo siguiente:

Ancho de Calzada	: 6.00 mts
Ancho de Hombros	: 0.30 mts
Longitud del tramo	: 4.50 Km

VISTA FOTOGRÁFICA N° 03

DIMENSIONES DE LA VÍA DE LA CARRETERA AYAVIRI – PURINA 2015.



5.2.10 Descripción de la metodología de cálculo del (PCI)

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.

El PCI varía entre **0** para pavimentos fallados y un valor de **100** para pavimentos en excelente condición. En el siguiente cuadro se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.

Los resultados de la inspección de ambos métodos muestran que el índice de condición está en la frontera de la necesidad de aplicar una rehabilitación o reconstrucción de la vía.

En muchas de las unidades de muestra se tienen datos que sobrepasan los límites dados por el método para obtener el PCI, por lo tanto, se considera la peor condición descrita.

El siguiente cuadro nos indica los rangos de tratamiento que se deben efectuar en los pavimentos flexibles en función de la condición en que estos se encuentran.

CUADRO Nº 05
RANGOS DE TRATAMIENTO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN FUNCIÓN
AL PCI

ÍNDICE (PCI)	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	MEDIDAS DE TRATAMIENTO
86 - 100	Excelente	Mantenimiento preventivo o rutinario.
71 - 85	Muy bueno	
56 - 70	Bueno	
41 - 55	Regular	Reemplazo de carpeta
26 - 40	Pobre	
11 - 25	Muy pobre	Rehabilitación
0 - 10	Fallado	Reconstrucción completa

Fuente: City of Seattle / Pavement Condition Report / June 8, 2004

5.2.11 Procedimiento de evaluación de PCI en la carretera AYAVIRI PURINA.

El procedimiento para la evaluación del pavimento comprendió las siguientes fases:

- Una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su **clase**, severidad y extensión de cada uno de ellos.
- Una segunda fase que fue el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, la clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, depresiones, grietas de borde, baches y zanjas reparadas, disgregación y desintegración, entre otros.

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

Severidad baja, (L): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.

Severidad media, (M): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

Severidad alta, (H): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

5.2.12 División del pavimento en unidades de muestra

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento. De acuerdo al tipo de pavimento que cuenta la vía a evaluar se tiene:

En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud ancho de calzada pavimentada.

CUADRO N° 06
RELACIÓN ANCHO DE CALZADA - LONGITUD DE MUESTRA

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

Todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en cálculo del PCI.

5.2.13 Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

En la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo al tamaño de la muestra y con el fin de optimizar el método, se puede tener la evaluación de un proyecto y la evaluación de una red. En la cual se deberán inspeccionar todas las

unidades; sin embargo, de no ser posible el número mínimo de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual se produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Dónde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

e = Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = \pm 5\%$)

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimentos de concreto.

Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ($n < 5$), se recomienda evaluar todas las unidades.

5.2.14 Determinación de intervalos de muestreo

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “sistema aleatorio”.

El intervalo de muestreo (i), es determinado por:

Dónde:

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

N = Número total de unidades de muestreo disponible.

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

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

Los pasos a seguir para determinar el valor PCI de cada unidad son:

- a.- Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia), y su forma de medición.
- b.- Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad.
- c.- El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD, es corregido mediante la Figura 19, así se obtiene VDC o Valor
- d.- finalmente el valor del PCI será:

$$\text{PCI} = 100 - \text{VDC}$$

El valor final de PCI del pavimento de la carretera es:

$$\overline{PCI} = \frac{\sum PCI_i}{n}$$

5.2.15 Determinación de las unidades de muestra:

Para poder realizar la división de las unidades de muestra se tomó en base al ancho de calzada, indicado en la tabla N° 1, además se hizo valer el área que debe estar entre 230±93 metros cuadrados.

De esta manera se obtienen los siguientes datos:

- Longitud total de la vía 4500 m.
- Ancho de la calzada 06.00 m.
- Longitud de la muestra 38.30 m.

Se ha adoptado una longitud de muestra de 40.00 m, debido a que el ancho de calzada es de 6.00 m. Esto da un área de 240.00 m², la cual encaja en los valores normados.

Para la obtención del número total de muestras, se divide la longitud total de la vía entre la longitud de la muestra, dando como resultado 112.25 unidades, de la siguiente manera:

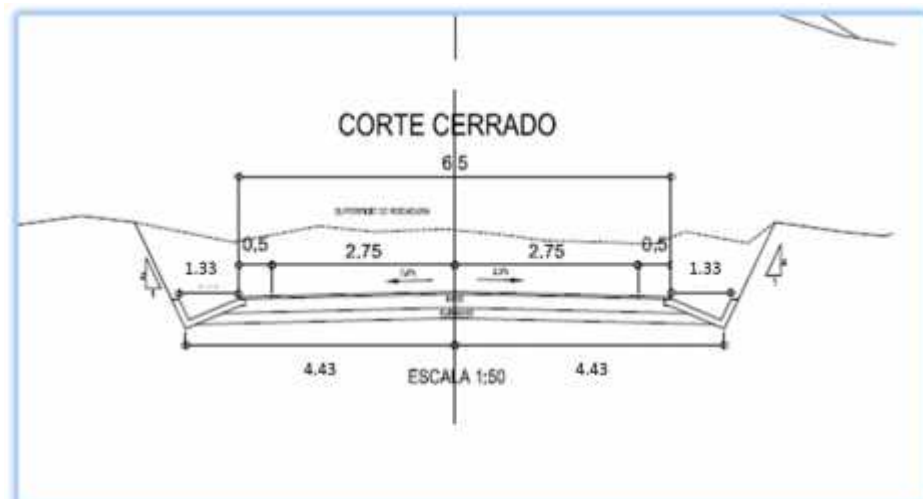
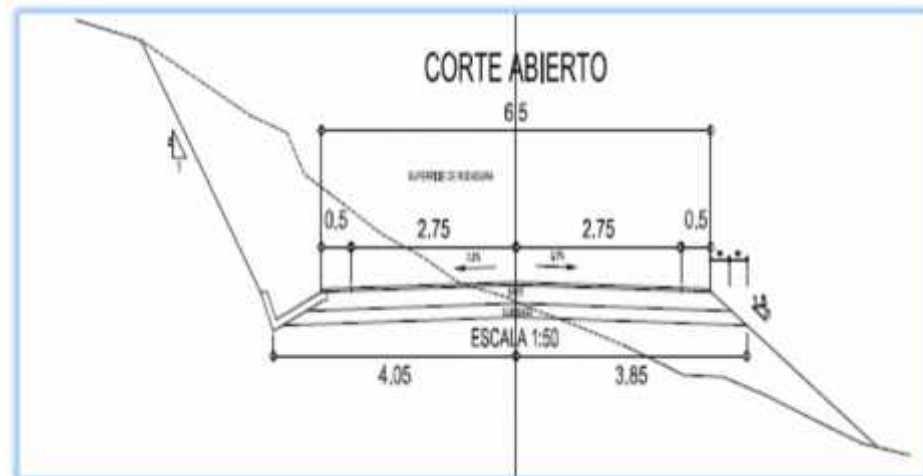
$$N = \frac{\text{Long. Total de la vía} \quad 4500 \text{ m.}}{\text{Long. de la muestra} \quad 38.30 \text{ m.}} = \text{117.00 Unidades de muestra.}$$

Aplicando la ecuación siguiente, se calcula las **unidades a ser evaluadas**, se adoptará un error $e = 5\%$ y una desviación estándar de $\sigma = 10$, de modo que tenemos:

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

$$n = 8 \text{ unidades a ser evaluadas.}$$

FIGURA N° 06
SECCIÓN DEL PAVIMENTO DE AYAVIRI - PURINA CON UNA LONGITUD
4500M.



UNIDADES DE MUESTREO EN LA CARRETERA ATUNCOLLA - SILLUSTANI 2014																														
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Km. 09+000																	10+000													
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Km. 11+000																														
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
Km. 12+000																														
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
Km. 13+000																														
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
Km. 14+000																														
TOTAL DE UNIDADES DE MUESTREO = 117																	40 m													
UNIDADES EXPLORADAS = 8																	6 m													

FUENTE: Elaboración propia

En la sección anterior se muestra las secciones de color celeste las cuales serán evaluadas para calcular el PCI.

Durante la inspección visual pudimos apreciar que a lo largo y ancho del tramo se presenta uniformidad en el tipo de fallas.

5.2.16 Levantamiento visual de daños en el pavimento:

FIGURA N° 07

FORMATO DE EXPLORACIÓN DE PCI PARA PAVIMENTOS DE LA MUESTRA 1, 2, 3 Y 4

VIA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 01					VIA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 02							
HECHO POR : RICHARD QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²					HECHO POR : RICHARD QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²							
TIPOS DE FALLAS					TIPOS DE FALLAS							
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº	3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº	
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2	4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2	
5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	
6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	
7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	
8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	
9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M				10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M				
TIPOS DE FALLA EXISTENTES					TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
			11	2	6	19				11	6	19
			70 L	25 L	10 L	19 L				45 M	10 M	110 M
			10 M	15 L	4 L	10 L				5 L	18 M	
				5 M	8 M	16 L					14 L	
TOTAL							TOTAL					
BAJA (L)			70	40	14	45	BAJA (L)			5	14	
MEDIA (M)			10	5	8		MEDIA (M)			45	28	110
ALTA (H)							ALTA (H)					
CÁLCULO DEL PCI					CÁLCULO DEL PCI							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 10+000 - 1+200		TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 11+960 - 2+000		
14	12.50	M	42	PCI = 100 - VDC	100	11	2.08	L	5	PCI = 100 - VDC	100	
11	29.17	L	27			11	18.75	M	40			
11	4.17	M	20			6	5.83	L	11			
2	16.67	L	5			6	11.67	M	33			
2	2.08	M	4			19	45.83	M	34			
6	5.83	L	11	PCI = 37					PCI = 34			
6	3.33	M	13									
19	18.75	L	8									
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN	(VTD)		130	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN	(VTD)		123	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO	(VDC)		63	POBRE		VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO	(VDC)		66	POBRE		

FUENTE: Elaboración propia

VIA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 03					VIA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 04										
HECHO POR : RICHARD QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²					HECHO POR : RICHARD QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²										
TIPOS DE FALLAS					TIPOS DE FALLAS										
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2				
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2				
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº	3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº				
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2	4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2				
5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2				
6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2				
7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2				
8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2				
9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2				
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M				10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M							
TIPOS DE FALLA EXISTENTES					TIPOS DE FALLA EXISTENTES										
			6	2	1	11	19				19	1	2	6	11
			35 M	12 M	20 M	1 M	90 M				50 M	30 M	15 M	50 M	3 M
			20 M	8 M	15 M	2 M	12 M				20 M	5 M	20 M	30 M	2 L
											5 M				
TOTAL								TOTAL							
BAJA (L)						19		BAJA (L)							2
MEDIA (M)			55	20	35	3	102	MEDIA (M)			75	35	35	80	3
ALTA (H)								ALTA (H)							
CÁLCULO DEL PCI					CÁLCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 12+760 - 2+800		TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 12+560 - 3+600					
6	22.92	M	47	PCI = 100 - VDC	100	19	31.25	M	30	PCI = 100 - VDC	100				
2	8.33	M	12			1	14.58	M	52						
1	7.92	L	29			2	14.58	M	16						
1	14.58	M	52			6	33.33	M	52						
11	1.25	M	10			11	0.83	L	1						
19	42.50	M	33	PCI = 15					CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN	(VTD)		183	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN	(VTD)		161	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO	(VDC)		85	MUY POBRE		VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO	(VDC)		81	MUY POBRE					

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 08

**FORMATO DE EXPLORACIÓN DE PCI PARA PAVIMENTOS DE LA MUESTRA 5,
6, 7 Y 8**

VÍA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 05				VÍA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 06					
HECHO POR : RICHARDO QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²				HECHO POR : RICHARDO QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²					
TIPOS DE FALLAS									
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº	13	HUECOS	Nº	
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2	14	CRUCE DE RIELES	M2	
5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	
6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	
7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	
8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	18	HINCHAMIENTO	M2	
9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M							
TIPOS DE FALLA EXISTENTES									
		6	19	1	11				
		42 M	85 M	12 M	5 M				
		10 M	25 M	19 M	2 M				
		3 M		20 L					
TIPOS DE FALLA EXISTENTES									
		19	2	6					
		50 M	25 L	39 M					
		25 M	10 L	25 L					
		20 L		40 M					
TOTAL									
BAJA (L)				20		35		25	
MEDIA (M)	55	110	31	7				79	
ALTA (H)									
CÁLCULO DEL PCI									
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 13+360 - 4+400	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 13+160 - 5+200
6	22.92	M	47	PCI = 100 - VDC	19	8.33	L	4	PCI = 100 - VDC
19	45.83	M	33	100	19	31.25	M	29	100
1	8.33	L	30	82	2	14.58	L	4	55
1	12.92	M	36		6	10.42	L	18	PCI = 45
11	2.92	M	17		6	32.92	M	51	
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
MUY POBRE									
REGULAR									
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VTD) 163									
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC) 82									

FUENTE: Elaboración propia

VÍA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 07				VÍA : A TUNCOLLA - SILLUSTANI UNID. MUESTRA N° : 08					
HECHO POR : RICHARDO QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²				HECHO POR : RICHARDO QUISPE HUALPA A REA DE LA MUESTRA : 240 m ²					
TIPOS DE FALLAS									
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	M2	
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	M2	13	HUECOS	Nº	13	HUECOS	Nº	
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO	M	14	CRUCE DE RIELES	M2	14	CRUCE DE RIELES	M2	
5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	
6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2	
7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	M2	
8	GRIETAS DE RELEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	18	HINCHAMIENTO	M2	
9	DESNIVEL CALZADA-HDM BRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2	
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M							
TIPOS DE FALLA EXISTENTES									
		19	6						
		110 M	15 M						
		10 M	20 M						
		21 L	35 L						
TOTAL									
BAJA (L)		21	53						
MEDIA (M)	120	35							
ALTA (H)									
CÁLCULO DEL PCI									
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 14+960 - 6+800	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	Km. 14+760 - 6+800
19	8.75	L	4	PCI = 100 - VDC	6	25.00	L	34	PCI = 100 - VDC
19	50.00	M	35	100	6	15.42	M	39	100
6	22.08	L	32	63	19	50.00	M	35	62
6	14.58	M	39		11	1.67	L	4	PCI = 38
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
POBRE									
POBRE									
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VTD) 110									
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC) 63									

FUENTE: Elaboración propia

5.2.17 Procedimiento.

Se inspecciona las unidades de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad de muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

VISTAS FOTOGRÁFICAS N° 04

REGISTRO DE FALLAS EN LA VÍA AYAVIRI – PURINA 2015



5.2.18 Determinación del “valor de deducción” para cada falla medida, a partir de su severidad, densidad y del gráfico correspondiente.

Cálculo de los valores de deducción (VD)

a.- Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarlo en la columna y/o celda del formato en uso.

El daño puede medirse en área, longitud o por número según la falla considerada.

b.- Dividimos la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y expresamos el resultado como porcentaje.

c. Cálculo del valor de deducción total (VDT), que es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla individual.

**CUADRO Nº 07
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO**

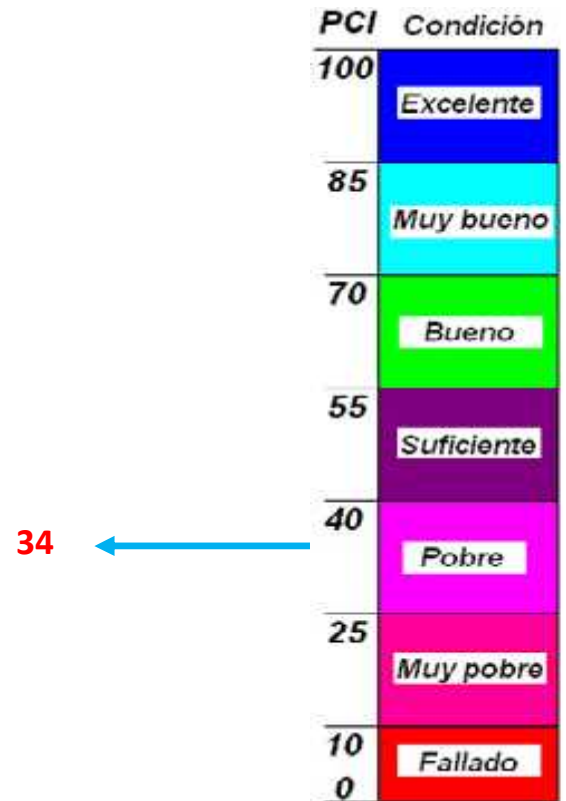
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
11	2.08	L	5
11	18.75	M	40
6	5.83	L	11
6	11.67	M	35
19	45.83	M	34
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VTD)			123
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)			66

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del índice de condición del pavimento (PCI), para ello se utiliza la gráfica de “VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDA”, a la cual se accede con el VDT y se intercepta la Curva con el “q” correspondiente, leyendo a la izquierda el “Valor de Deducción Corregido (VDC)”, el cual será finalmente restado a 100.

Entonces: $PCI = 100 - 66 = 34$
 Condición del pavimento: Pobre

FIGURA N° 09
RESULTADO FINAL DEL PCI



CUADRO N° 08
RESUMEN DE LA DETERMINACIÓN DEL PCI

RESUMEN						
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA ATUNCOLLA - SILLUSTANI						
UNIDAD DE MUESTRA	ÁREA DE LA MUESTRA (m ²)	VDT	VDC	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	ACTIVIDAD PROPUUESTA
01	240	130	63	37	POBRE	REHABILITACIÓN
02	240	123	66	34	POBRE	REHABILITACIÓN
03	240	183	85	15	MUY POBRE	RECONSTRUCCIÓN
04	240	161	81	19	MUY POBRE	RECONSTRUCCIÓN
05	240	163	82	18	MUY POBRE	RECONSTRUCCIÓN
06	240	106	55	45	REGULAR	MANTENIMIENTO PERIODICO
07	240	110	63	37	POBRE	REHABILITACIÓN
08	240	121	62	38	POBRE	REHABILITACIÓN
		PROMEDIO	PCI	30	POBRE	

Fuente: Elaboración propia

5.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DESTRUCTIVA DEL PAVIMENTO

5.3.1 Generalidades

La presente evaluación estructural está desarrollado con el objeto de determinar las características de la zona por donde transcurre la vía Ayaviri - Purina, entender el comportamiento del terreno conociendo y estudiando los suelos circundantes y analizando sus propiedades asociadas al comportamiento bajo presión mecánica.

La evaluación estructural por método destructivo, nos permitirá identificar si las propiedades de los materiales utilizados en la construcción del pavimento, cuentan con las especificaciones técnicas necesarias en la construcción de carreteras que garanticen el horizonte o vida útil de la vía para el cual fue diseñado.

La calidad de los estudios estructurales de una infraestructura vial dependen de la disponibilidad de un Laboratorio de Mecánica de suelos completamente equipado y de la capacidad del personal técnico capacitado, el cual permitirá proyectar una estructura de pavimento (Sub base, base , etc.) adecuada de una carretera sobre un terreno de fundación adecuado; de la forma más funcional y económica, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, de manera que se consiga la seguridad suficiente y una deformación o asiento compatible con las tolerancias de la estructura. En el caso que no se contara con estos requerimientos la proyección de la estructura del pavimento conllevaría en el futuro a que la infraestructura vial pueda colapsar antes de cumplir su vida útil.

5.3.2 Evaluación por métodos destructivos

La evaluación por el método destructivo de la carretera Ayaviri – Purina nos permitió determinar las propiedades físico mecánicas de los suelos constitutivos de las capas en un pavimento y comprobar si estos cumplen con las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras ya que una mala aplicación de estos conllevarían a que los pavimentos se deterioren prematuramente y se presente la falla estructural.

Como es necesario determinar la capacidad portante de cada componente del pavimento, en laboratorio podemos llegar a este objetivo por medio del Ensayo de la Relación de Soporte de California (CBR).

La evaluación destructiva también nos permite realizar una evaluación geotécnica de todos los componentes que conforman la estructura del pavimento y determinar si los materiales utilizados en la construcción cumplen o no con las respectivas Especificaciones Técnicas. La evaluación con el método destructivo se efectúa con la finalidad de obtener toda la información necesaria de la subrasante, sub base y base

tipo de material disponible y empleado en el proceso constructivo, señalando el comportamiento de estos en la estructura de un pavimento. La importancia, tiene por finalidad comprobar la calidad de las propiedades físico mecánicas de los materiales utilizados en su construcción, puesto que un estudio geotécnico inadecuado o la aplicación de suelos inadecuados determinarían que la estructura del pavimento tienda a fallar tempranamente.

Mediante la comprobación de la existencia o no de factores técnicos viales deficientes de los materiales que constituyen el pavimento flexible, determinaremos si estas deficiencias son causantes de la falla estructural del Pavimento de la vía Ayaviri - Purina.

5.3.3 Ejecución de la evaluación de la estructura del pavimento por métodos destructivos.

Con la finalidad de obtener un trabajo ordenado de exploración y muestreo de suelos se efectuó las siguientes actividades:

a) Reconocimiento de campo Etapa que consistió en realizar un reconocimiento visual en general de toda la zona materia de evaluación, recorriendo a pie todo la vía determinando los posibles inconvenientes de diferente índole que puedan significar una dificultad en el desarrollo de la etapa de ubicación y muestreo de calicatas.

Referente a aspectos geológicos del terreno y algún tipo de antecedentes del comportamiento de las estructura vial construida, se efectuó entrevistar a pobladores que residen hace varios años en inmediaciones de la carretera, quienes nos proporcionaron información adicional sobre la procedencia, año de construcción, espesor del material utilizado como relleno o algún tipo de problema del pavimento, suscitado en la etapa de construcción, con el propósito de tener una concepción referencial de la naturaleza del terreno y enfocar el tipo de problema a enfrentar y número de ensayos a practicar, cantidad en peso de material a extraer.

VISTA FOTOGRÁFICA N° 05
RECONOCIMIENTO DE FALLAS EN LA VÍA AYAVIRI – PURINA 2015



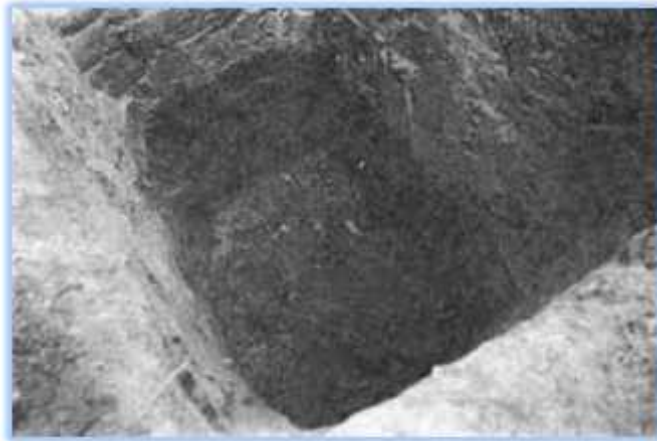
b) Elección de calicatas Por cuestiones de costo y tiempo se dispuso a efectuar 03 calicatas en las partes más representativas y con mayor grado de fallas al lado derecho de la vía Ayaviri – Purina cuyas dimensiones de las calicatas fueron de 1.20 m. x 0.90 m., y la profundidad de excavación fue de 1.50 m., aproximadamente.

CUADRO N° 09
ELECCIÓN DE CALICATAS

N°	PROGRESIVAS
CALICATAS	Km.
C - 1	10+000
C - 2	12+000
C - 3	14+000

FUENTE: Elaboración propia

VISTAS FOTOGRÁFICAS N° 06
ELECCIÓN Y MARCADO DE CALICATAS EN LA AYAVIRI – PURINA 2015



C.-Apertura de calicatas: Mediante el proceso de excavación de las calicatas se identificó los espesores constitutivos del pavimento rígido los cuales presentaron una uniformidad en todas las calicatas, registrándose como se observa en la siguiente fotografía los siguientes espesores.

VISTAS FOTOGRÁFICAS N° 07
EXCAVACIÓN DE 3 CALICATAS EN LA VÍA AYAVIRI –PURINA 2015





Los espesores de cada capa que conforma la estructura del pavimento se detalla a continuación:

CUADRO N° 10
RESUMEN ESPESOR DE CADA CAPA DEL PAVIMENTO

N°	COMPRENDIDO ENTRE LA	ELECCIÓN DE	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR DE CAPA	
					CALICATA	PROGRESIVA
1	10 + 000	1	10+000	BASE	0.00 - 0.20	0.20
1			10+000	SUB BASE	0.20 - 0.40	0.20
1,			10+000	T. FUNDACIÓN	0.40 - 1.50	1.10
2	12 + 000	2	12+000	BASE	0.00 - 0.20	0.20
2			12+000	SUB BASE	0.20 - 0.40	0.20
2			12+000	T. FUNDACIÓN	0.40 - 1.50	1.10
3	14 + 000	3	14+000	BASE	0.00 - 0.20	0.20
3			14+000	SUB BASE	0.20 - 0.80	0.60
3			14+000	T. FUNDACIÓN	0.80 - 1.50	0.70

FUENTE: Elaboración propia

d.) Muestreo de calicatas Del análisis expuesto anteriormente, se concluyó que el método a utilizar en la exploración de suelos, era la excavación de pozos a cielo abierto, por ser el más satisfactorio y económico que nos permitió conocer las condiciones del pavimento, logrando hacer una inspección visual de las variaciones del suelo, determinando así de manera exacta su espesor y tener una referencia preliminar de su clasificación para contrastarla luego con los resultados obtenidos en laboratorio.

El material extraído se depositó de manera aislada en saquillos de nylon tejido cerrado, libre de materias contaminantes y evitando la pérdida de partículas finas, debidamente etiquetadas para su fácil identificación y en cantidad suficiente (60 Kilos aprox.) que permita cubrir sin problemas todos los ensayos en el Laboratorio de Suelos.

VISTAS FOTOGRÁFICAS Nº 08

TOMA DE MUESTRAS EN CALICATAS EN LA VÍA AYAVIRI – PURINA 2015.



5.3.4 Resumen de datos de evaluación estructural obtenidos en campo y laboratorio.

CUADRO N° 11
RESUMEN DE ENSAYOS EN LABORATORIO HUMEDAD NATURAL

N°	ELECCIÓN DE	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	HUMEDAD
CALICATA	CALICATA	(Km)	DE CAPA	DE LA CAPA (m)	%
1, 1	1	10+000	BASE	0.00 – 0.20	6.10 %
1, 2		10+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	6.48 %
1, 3		10+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	19.00 %
2, 1	2	12+000	BASE	0.00 – 0.20	5.50 %
2, 2		12+000	SUB BASE	0.20 – 0.35	6.88 %
2, 3		12+000	T. FUNDACIÓN	0.35 – 1.50	18.40 %
3, 1	3	14+000	BASE	0.00 – 0.20	5.80 %
3, 2		14+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	6.79 %
3, 3		14+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	16.50 %

Fuente: Elaboración propia

FIGURA Nº 10
ENSAYO EN LABORATORIO PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE
CONSISTENCIA: LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO.

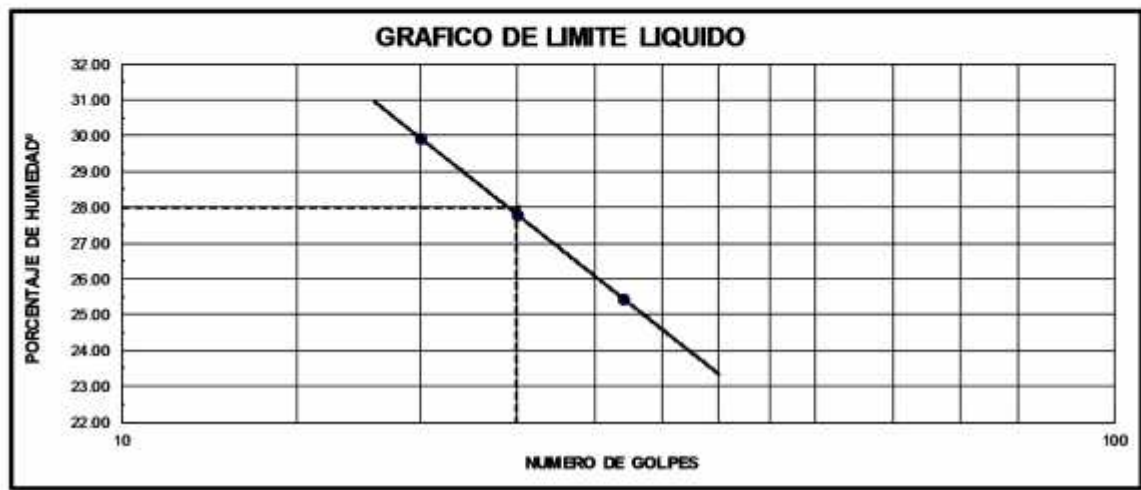


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL "EL COLLAO" - ILAVE
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO Y RURAL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : TESIS EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A TUNCOLLA-SILLUSTANI 2014
 SOLICITA : BACHILLER RICHARD QUISPE HUALLPA
 UBICACIÓN : ATUNCOLLA - SILLUSTANI
 CALICATA : N° 01 MUESTRA CAPA BASE
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.20 m PROGRESIVA Km 10 + 000
 FECHA : lunes, 18 de agosto de 2014

LIMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. DE GOLPES	25	10	2T	10T
01. No. DE GOLPES	32	25	20		
02. TARRO No.	10	11	8	2T	10T
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	30.77	28.34	31.93	9.34	9.88
04. SUELO SECO * TARRO g	27.40	25.22	28.00	8.50	9.00
05. PESO DEL AGUA g	3.37	3.12	3.93	0.84	0.88
06. PESO DEL TARRO g	14.16	14.00	14.87	4.26	4.27
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.24	11.22	13.13	4.24	4.73
08. HUMEDAD %	25.45	27.81	29.93	19.81	18.60
L.L.= 28.00 % L.P.= 19.21 % I.P.= 8.79 %					



Fuente: M.P El Collao - Ilave

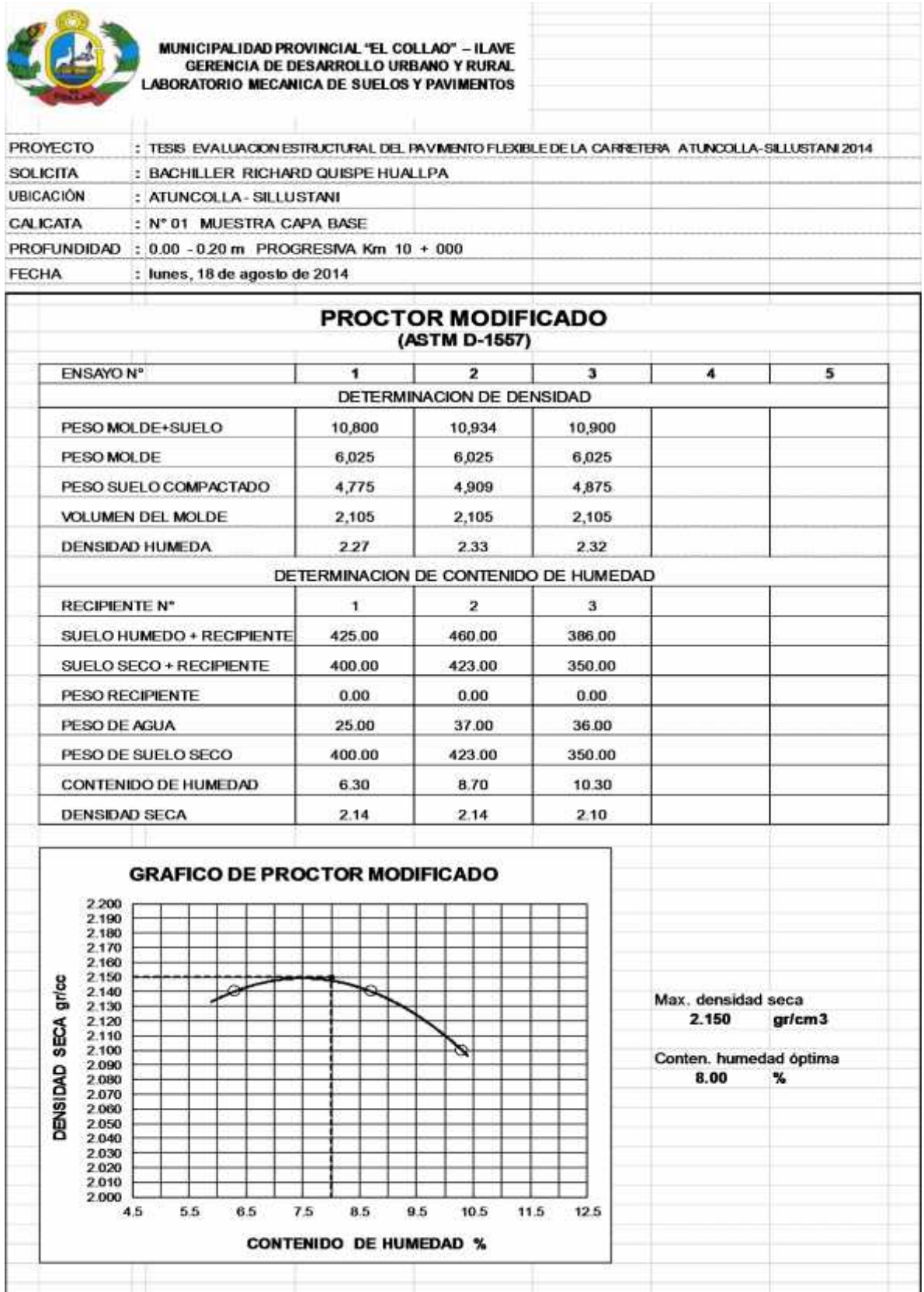
CUADRO N° 12
RESUMEN DE ENSAYOS EN LABORATORIO LÍMITES DE CONSISTENCIA

N°	ELECCIÓN DE	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP	CLASIFICACIÓN	IP
CALICATA	CALICATA	(Km)	DE CAPA	%	%	%	SUCS	NORMA
1, 1	1	10+000	BASE	28.00	19.21	8.79	SM	2.0
1, 2		10+000	SUB BASE	26.21	18.72	7.51	SC	4.0
1, 3		10+000	T. FUNDACIÓN	30.50	22.50	7.87	ML	
2, 1	2	12+000	BASE	20.13	NP	NP	SM	2.0
2, 2		12+000	SUB BASE	28.33	19.50	8.83	SC	4.0
2, 3		12+000	T. FUNDACIÓN	31.23	20.25	10.98	ML	
3, 1	3	14+000	BASE	26.50	19.21	7.29	SC	2.0
3, 2		14+000	SUB BASE	26.53	18.71	7.81	SC-SC	4.0
3, 3		14+000	T. FUNDACIÓN	34.03	20.90	13.13	ML	

FUENTE: Elaboración propia

FIGURA Nº 11

TRABAJO EN LABORATORIO PARA DETERMINAR PROCTOR MODIFICADO



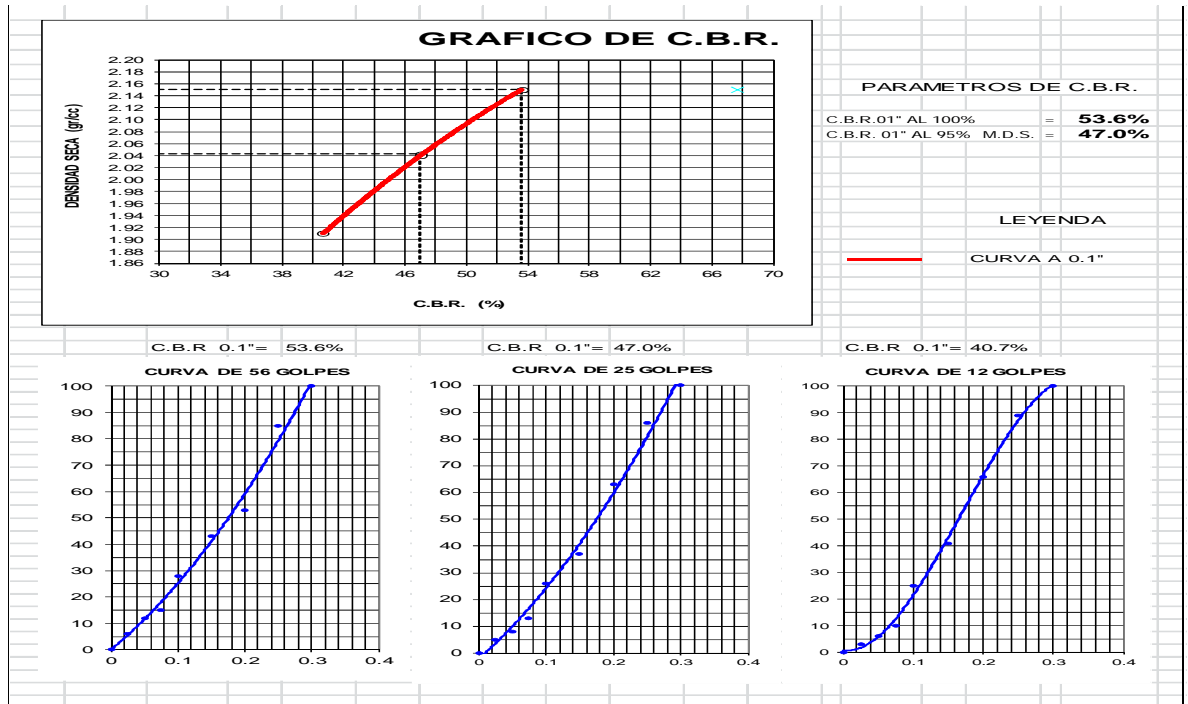
Fuente: M.P El Collao - Ilave

CUADRO N° 13
RESUMEN DE ENSAYOS EN LABORATORIO PROCTOR MODIFICADO

N°	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	HUMEDAD	MAXIMA DENSIDAD
CALICATA	(Km)	DE CAPA	DE LA CAPA (m)	ÓPTIMA (%)	SECA (gr/cm3)
1, 1	10+000	BASE	0.00 – 0.20	8.00 %	2.15
1, 2	10+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	7.50 %	2.14
1, 3	10+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	11.30 %	1.67
2, 1	12+000	BASE	0.00 – 0.20	7.50 %	2.16
2, 2	12+000	SUB BASE	0.20 – 0.35	7.50 %	2.14
2, 3	12+000	T. FUNDACIÓN	0.35 – 1.50	11.00 %	1.69
3, 1	14+000	BASE	0.00 – 0.20	8.00 %	2.16
3, 2	14+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	7.90 %	2.15
3, 3	14+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	11.00 %	1.66

FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N° 12
ENSAYO EN LABORATORIO PARA DETERMINAR EL CBR



Fuente: M.P El Collao - Ilave

CUADRO N° 14
RESUMEN DE ENSAYOS EN LABORATORIO
CBR

N°	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	C.B.R.
CALICATA	(Km)	DE CAPA	DE LA CAPA (m)	(%)
1, 1	10+000	BASE	0.00 – 0.20	53.6 %
1, 2	10+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	45.6 %
1, 3	10+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	8.00 %
2, 1	12+000	BASE	0.00 – 0.20	54.1 %
2, 2	12+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	48.4 %
2, 3	12+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	7.80 %
3, 1	14+000	BASE	0.00 – 0.20	53.2 %
3, 2	14+000	SUB BASE	0.20 – 0.40	46.6 %
3, 3	14+000	T. FUNDACIÓN	0.40 – 1.50	7.1 %

FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N° 13
ENSAYO EN LABORATORIO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA

Fuente: M.P El Collao - llave

CUADRO N° 15
RESUMEN DE ENSAYOS EN LABORATORIO

ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS

Nº	ELECCIÓN DE	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	GRANULOMETRÍA
CALICATA	CALICATA	(Km)	DE CAPA	SUCS	NORMA
1, 1	1	10+000	BASE	SM	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
1, 2		10+000	SUB BASE	SC	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
1, 3		10+000	T. FUNDACION	ML	
2, 1	2	12+000	BASE	SM	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
2, 2		12+000	SUB BASE	SC	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
2, 3		12+000	T. FUNDACION	ML	
3, 1	3	14+000	BASE	SC	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
3, 2		14+000	SUB BASE	SC-SC	NO ESTA DENTRO DE LA NORMA
3, 3		14+000	T. FUNDACION	ML	

FUENTE: Elaboración propia

5.4 ESTUDIO DE LA HIDROLOGÍA Y DRENAJE

5.4.1. Generalidades

Para la evaluación de un sistema de drenaje en carreteras, lo más importante es la estimación de la magnitud y frecuencia de los volúmenes máximos de descarga probables procedentes de las cuencas o sub cuencas adyacentes a una carretera, con el caudal resultante se procederá a verificar si las secciones de diseño de las principales estructuras hidráulicas existentes cumplen su función eficientemente

El diseño apropiado del sistema de drenaje se logra considerando las tormentas más severas que se presentan a intervalos y durante las cuales la intensidad de la precipitación pluvial y del escurrimiento del agua superficial es mucho mayor que en otros periodos.

La selección de la frecuencia de ocurrencia de la tormenta de diseño es un asunto de experiencia, criterio y se debe analizar los factores determinantes tales como la importancia de la carretera, de las estructuras hidráulicas a diseñarse, condiciones aguas abajo de la estructura (poblaciones, infraestructuras aledañas, áreas de cultivo, etc.) y finalmente la duración esperada de la obra, determinada por criterios de aspecto económico y técnico social.

Al construirse una carretera, por lo general se corta el escurrimiento natural, permitiéndose el paso del agua, solo en los sitios elegidos por el proyectista, en los que se construirán obras que permitan alejar el agua de la carretera lo más pronto posible.

El presente capítulo tiene el propósito de evaluar el comportamiento del sistema de drenaje de la carretera Ayaviri - Purina y consecuentemente el comportamiento hidrológico de los cursos de agua existentes y según la repercusión de estos factores determinar si son los causantes o no de falla estructural en el pavimento rígido.

5.4.2 Características climáticas

El clima del distrito de Ayaviri se caracteriza por ser frío y seco, debido a su localización geográfica y altitud. Las precipitaciones pluviales que se presentan en los meses de diciembre a marzo y varían frente a la influencia de fenómenos naturales como la presencia del Niño, que induce sequía en el Sur peruano. Los anticiclones del Atlántico y el avance de los casquetes polares influyen sobre las precipitaciones y la temperatura, originando inundaciones o sequías. Las temperaturas fluctúan entre 0.4 a 15.4 °C y las precipitaciones están con un promedio anual de 650 mm. Las precipitaciones son los agentes que desarrollan los actuales procesos erosivos más importantes en el micro cuenca.

5.4.3 Descripción del funcionamiento del sistema de drenaje

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en

cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanquen y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por material de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos según el tipo de material del corte y debe evitarse además, que el agua subterránea reblandezca la subrasante con su consiguiente peligro.

Como puede observarse, el prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables unos e impermeables otros, obligando ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas. La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha enseñado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que han sufrido.

Con la finalidad de registrar los componentes del sistema de drenaje existente en la carretera se efectuó un Inventario Vial, actividad que se desarrolló con el recorrido total de la avenida, efectuando un registro de las estructuras del sistema de drenaje, especificando su ubicación, características físicas y el estado de conservación

De la inspección visual del sistema de drenaje, mencionamos lo siguiente:

5.4.4 Cunetas

Las cunetas con que cuenta el tramo son de material de concreto simple ($f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$), de sección triangular, y cunetas de tierra de sección variable.

El material que colmata las cunetas, provoca que las aguas rebosen el nivel de la cuneta haciendo que las aguas discurran por la berma llegando en algunos casos a discurrir sobre la superficie de rodadura.

VISTA FOTOGRÁFICA N° 09
CUNETA DE LA CARRETERA AYAVIRI – PURINA, 2015



Debemos indicar que existen zonas donde el proyecto no contempló cunetas, las razones las desconocemos, sin embargo, esto nos permite mencionar que no se efectuó un análisis exhaustivo en el planteamiento del sistema de drenaje. Al no existir ningún trabajo de rehabilitación y/o mantenimiento, las aguas siguen dañando la estructura del Pavimento.

5.4.5 Alcantarillas

El tramo cuenta con alcantarillas de Concreto Tipo Losa ($f'c$ 210 Kg/cm²), un número de 9 (nueve) cuyas dimensiones son variables y alcantarillas circulares metálicos TMC de diámetro variable.

Las alcantarillas existentes se encuentran ubicadas en sectores donde se presentan cursos de agua, por referencia de los vecinos hasta la actualidad no se han presentado ningún desborde de aguas llegando a cumplir su función normalmente, sin embargo, varias alcantarillas están colmatadas de material de desecho depositado por parte de los pobladores aledaños.

VISTA FOTOGRÁFICA N° 10
ALCANTARILLAS TIPO TMC



5.4.6 Periodo de retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña la vía.

Se recomienda adoptar periodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas, Para las alcantarillas de paso, el periodo de retorno aconsejable es de 50 años. Para los pontones y puentes el periodo de retorno no será menor a 100 años.

CUADRO N° 16

PERIODO DE RETORNO PARA DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS
Puentes y Pontones	100
Alcantarillas de Paso	50
Alcantarilla de Alivio	10 – 20
Drenaje de la Plataforma	10

FUENTE: Manual de diseño de caminos, ICG

5.4.7 Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial se ven afectadas debido a la presencia de residuos sólidos en las alcantarillas,

Depositados en el interior de ellas, así como también por vegetación arrastrada por la corriente, estas dependerán de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- Riesgo alto: Existe peligro de que la corriente arrastre arboles u objetos de tamaño parecido.
- Riesgo medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.
- Riesgo bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el drenaje.

5.4.8 Elementos físicos del drenaje superficial

Función del bombeo y del peralte, Tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que le causen deterioros. Aquí es importante determinar el caudal, para luego determinar el tipo de obra adecuada tal que cumpla con un óptimo servicio para el que fue diseñado, quedan comprendidos en este tipo de drenaje las obras como las cunetas, zanjas de coronación, bombeo, canales de encauzamiento etc.

a. Drenaje longitudinal

Tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que le causen deterioros. Aquí es importante determinar el caudal, para luego determinar el tipo de obra adecuada tal que cumpla con un óptimo servicio para el que fue diseñado, quedan comprendidos en este tipo de drenaje las obras como las cunetas, zanjas de coronación, bombeo, canales de encauzamiento etc.

Ñ Bombeo del camino

Se denomina bombeo de un camino a la forma de la sección transversal del mismo y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados el agua que cae en el camino mismo. El bombeo que debe emplearse depende de la clase de superficie de rodadura, facilidad de circulación de los vehículos y aspecto del camino.

b. Drenaje transversal

Es el que tiene por objeto dar paso expedito a cursos de agua que cruzan de un lado al otro del camino, quedan comprendidos en este tipo de drenaje los badenes alcantarillas, puentes, pontones, badenes, etc.

5.5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN

5.5.1 Generalidades

Efectuados la evaluación estructural del pavimento de la vía Ayaviri - Purina, los resultados y la relación que guarda con los aspectos geológico – geotécnico de la zona, factores hidrológicos y el sistema de drenaje, el presente capítulo desarrolla la propuesta de mejoramiento vial.

La evaluación estructural efectuada, involucra determinar la competencia de un pavimento para soportar el tránsito sin desarrollar daño estructural apreciable. El intento de evaluación estructural es determinar la competencia actual del pavimento y predecir su vida futura de servicio, con respecto al tránsito que lo utiliza. Cuando el pavimento es inadecuado para el uso actual o futuro, la evaluación forma una base para diseñar las mejoras necesarias para proporcionar un servicio apropiado.

No todas las medidas de la condición del pavimento alcanzaran un nivel terminal al mismo tiempo. En un sentido más amplio, la evaluación de la condición ayudará a establecer prioridades para sobrecapa u otras medidas de mejoramiento, y ayuda a establecer los programas a ser seguidos en la corrección de las deficiencias del pavimento.

La finalidad fundamental de todo proceso de mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio, es corregir los defectos mencionados para alcanzar un grado de transitabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión necesaria.

5.5.2 Criterio de mejoramiento

Para llegar al juicio sobre la capacidad estructural del pavimento flexible de la carretera Ayaviri - Purina, se ha adoptado un criterio racional considerando los siguientes factores:

- La inspección visual de la superficie de rodadura nos permite ver como resultado que hay fallas en todo el tramo en estudio.
- La estructura del pavimento, determinado en base a los resultados obtenidos de cada una de las capas que conforman la vía, que implica una compleja relación entre espesores y la calidad de los materiales en cada capa del pavimento, calidad del terreno de fundación, calidad del drenaje en la vía en estudio, etc.

Los resultados del estudio, determina que la estructura del pavimento se encuentra en serios problemas, siendo necesario el mejoramiento de la subrasante, para tal fin en el presente trabajo se propone el enrocado en dicho tramo, en los demás tramos es necesario el mejoramiento de la superficie de rodadura y su respectivo sellado.

La entidad que deberá de realizar el mantenimiento y mejoramiento de la estructura es la Municipalidad Distrital de Ayaviri, por estar comprendido en su jurisdicción. Debido a que la vía aún no se le ha entregado al Gobierno Regional de Puno, por presentar serios problemas en su construcción.

5.5.3 Mejoramiento del sistema de drenaje

Uno de los aspectos más importantes en un proyecto de carreteras es la necesidad de proporcionar un sistema de drenaje adecuado. La acumulación o movimiento de agua es la causa que provoca la disminución de la resistencia de los suelos, en el primer caso su acción de ablandamiento y en el segundo por su poder erosivo que origina la mayor parte de fallas en los pavimentos. Por ello es necesario proporcionar un sistema de drenaje adecuado.

Las estructuras que se levantan para controlar el flujo de agua superficial se llaman por lo general “drenaje superficial”, en tanto que aquéllas relacionadas con el agua subterránea en sus diferentes formas se designan “drenaje subterráneo”

Por las malas condiciones en que se encuentra el sistema de drenaje superficial, el Expediente Técnico contempla trabajos de Mantenimiento de 2646 m. para las cunetas existentes y construcción de cunetas en los sectores especificados en el expediente técnico en una longitud de 600 m además del canal de evacuación de aguas pluviales en una longitud de 1036 m.

El mejoramiento del sistema se ejecutará en función de los requerimientos que esta vía presenta para lo cual se emplearán las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000.

5.6 PROPUESTA DE REHABILITACIÓN

Si la actividad propuesta es la rehabilitación.

Reparación adecuada con refuerzo en el pavimento en las partes que presentan baches o huecos, se requiere previamente efectuar trabajos de mantenimiento en zonas donde se presentan fallas superficiales y con tratamiento de depresiones, exudaciones, fisuras y pérdidas de material de rodadura, así como también mejorar el drenaje en la vía.

Si la actividad es mantenimiento rutinario.

Se deberá de subsanar defectos (fallas) en la superficie de rodadura. Semejante a reparación de huecos y parchado localizado. Es llevado a cabo después que el deterioro ha ocurrido y usualmente aplicando tratamientos de acuerdo a los niveles de deterioro y bajo límites aceptables, con frecuencia de una a más veces al año.

Si la actividad es mantenimiento periódico

Reparación y renovación parcial extensiva, a ejecutarse cada cierto tiempo en la vía, para evitar deterioros que afecten la estructura básica y superficie de rodadura de la vía en estudio. Se considera el ciclo de vida de las vías y el probable desgaste en el tiempo

de las mismas, por acción de las cargas variables del tráfico vehicular en un tiempo futuro.

La actividad es realizar trabajos a nivel de la superficie de rodadura, con tratamientos superficiales en general (sellado, rechapado, riego bituminoso).

5.6.1 Mantenimiento vial⁶

El Mantenimiento de Carreteras se divide en dos grandes actividades que son:

- a. **Mantenimiento rutinario:** actividad permanente con el fin de dotar de óptimas condiciones de transpirabilidad y comodidad en la vía.
- b. **Mantenimiento periódico:** actividades más especializadas que permiten recuperar las características técnicas originales de la vía, cuando esta ha sido deteriorada en su superficie de rodadura.

5.6.2 Propuesta para fallas en pavimento

- **Falla piel de cocodrilo,** Colocación de una sobre capa para prolongar la vida del pavimento. Si se advierten deficiencias de drenaje, instalar dispositivos adecuados, remover el material húmedo y reemplazarlo por uno adecuado.
- **Falla exudación,** Colocar una sobre capa de protección adecuadamente dosificada y compactarla.
 - **Falla elevaciones y hundimiento,** Realizar el parcheo profundo o parcial.
 - **Falla depresiones,** En las zonas de mayor deterioro, remover el pavimento y reconstruir las partes afectadas.
 - **Grieta de borde,** Reconstrucción de las zonas de pavimento afectada y construcción o reparación de bermas.
 - **Baches y zanjas reparadas,** Efectuar la sustitución del bache.
 - **Huecos,** Realizar parcheo parcial o profundo.
 - **Disgregación y desintegración,** Colocación de un sello con agregado pétreo de buena adherencia con asfalto.

Si el área afectada es pequeña, ejecutar un parche. Si es grande, cubrirla con un nuevo tratamiento dosificando convenientemente el asfalto para evitar afloramientos.

⁶ REGLAMENTO NACIONAL DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL-CAPÍTULO VI: MANTENIMIENTO VIAL⁶

CONCLUSIONES

Respecto a la evaluación superficial del pavimento:

- Respecto a la condición del pavimento podemos decir que es pobre, donde el agua que no es drenada adecuadamente, se acumula, y las fallas que presenta son de mediana severidad, la otra parte que en su mayoría presenta es la falla de desintegración, parches y agrietamientos piel de cocodrilo de baja severidad.
- El 95.17 % de la vía presenta fallas.
- la falla de disgregación y desintegración se representa en un 47.92 %.
- La falla de tipo piel de cocodrilo se presenta en un 20.08 %.
- La falla huecos se presenta en un 15 %.
- La falla baches y zanjas se presenta en un 7 %.
- La falla ahuellamiento, hinchamiento, grietas de borde, corrugaciones en un 5.17 %

Otros:

- 04 unidades de muestra presentan una condición del pavimento que es regular, siendo un 47 %.
- 02 unidades de muestra presentan una condición del pavimento que es pobre, siendo un 33%.
- 02 unidades de muestra presentan una condición del pavimento que es muy pobre, siendo un 20%.

Respecto a la Base:

- Los contenidos de humedad en la progresiva 10+000, son bajos 6.10%, respecto a los óptimos que son de 8.00%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación; dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 53.6, sabiendo que el mínimo debería ser de 80 %.

El índice plástico que presenta este material es 7.51 %, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 15.90%, es un suelo arena limosa (SM) de color rojizo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas.

- Los contenidos de humedad de la progresiva 12+000, son bajos 5,5%, respecto a los óptimos que son de 7.50%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación; dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 54.1 sabiendo que el mínimo debería ser de 80. Su índice plástico es aceptable NP, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 14.60%, el suelo es arena limosa (SM) de color rojizo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas.

Los contenidos de humedad en la progresiva 14+000, son bajos 5.80%, respecto a los óptimos que son de 8.00%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación y capacidad portante; dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 53.2, sabiendo que el mínimo debería ser de 80.

Su índice plástico es 7.29% no aceptable, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 15.40%, es un suelo arena arcillosa (SC) de color rojizo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas.

Respecto a la sub base:

- Los contenidos de humedad en la progresiva 10+000, son bajos 6.10%, respecto a los óptimos que son de 7.50%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación; dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 45.6, sabiendo que el mínimo debería ser de 80. El índice plástico que presenta este material es 7.51, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 16.80%, es un suelo arena arcillosa (SC) de color amarillo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas
- Los contenidos de humedad en la progresiva 12+000, son bajos 6.88%, respecto a los óptimos que son de 7.50%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación, dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 48.4, sabiendo que el mínimo debería ser de 80. El índice plástico que presenta este material es 8.83, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 18.10%, es un suelo arena arcillosa (SC) de color amarillo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas
- Los contenidos de humedad en la progresiva 14+000, son bajos 6.79%, respecto a los óptimos que son de 7.90%, por tal motivo se ven afectados en su densidad, grado de compactación, dándonos como resultado un CBR considerablemente debajo de lo especificado que es 46.6, sabiendo que el mínimo debería ser de 80. El índice plástico que presenta este material es 7.81, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 18.20%, es un suelo arena limosa con presencia de arcilla (SM-SC) de color rojo a amarillo, además no cumple con los requerimientos granulométricos, saliendo totalmente de los límites de las gradaciones establecidas

Respecto a la sub rasante:

- El contenido de humedad en la progresiva 10+000, es de 11.30%, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 66.90%, un Índice plástico de 7.87, siendo un limo arcilloso de color negro de plasticidad baja, (ML), presenta un CBR 8, el valor como terreno de fundación de Pobre a regular.
- El contenido de humedad en la progresiva 12+000, comprendido entre es de 11.00%, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 68.60%, un Índice plástico de 10.98, siendo un limo inorgánico de color gris de humedad media de baja plasticidad (ML), presenta un CBR de 7.8, pobre a regular.
- El contenido de humedad en la progresiva 14+000, comprendido entre es de 11.00%, el porcentaje que pasa la malla N° 200 es de 68.30%, un Índice plástico de 13.13, siendo una arcilla limosa de baja plasticidad de color negro (ML), presenta un CBR de 7.1, pobre a regular.
- La evaluación del sistema de drenaje existente en la vía conjuntamente con la no proyectada, se determinó que si influyen en la generación de la falla estructural del pavimento flexible.

RECOMENDACIONES

- Las entidades responsables de la construcción y mantenimiento de carreteras deben implementar un Sistema de Administración de Pavimentos, el cual se encargue de administrar un sistema que evalúe las condiciones del pavimento y un sistema que administre los trabajos de Mantenimiento, estrictamente en ese orden.
- El sistema de evaluación de pavimentos debe diagnosticar permanentemente la condición o estado físico de los caminos, con el uso de herramientas tales como los sistemas de evaluación (PCI) u otros, proporcionar una calificación el cual permita tomar decisiones de mantenimiento, rehabilitación o mejoramiento adecuados que eficiente la operación del transporte en todos sentidos, optimizando los escasos recursos disponibles y, en especial, minimizando sobre costos de operación.
- Se recomienda contar con un plan adecuado de control de calidad de carreteras; éste interviene en todas las etapas de la obra; es decir, desde el proyecto y construcción hasta la operación y el mantenimiento.
- En la etapa de proyecto, se deben hacer los estudios necesarios para saber con qué materiales se cuenta e indicar los tratamientos a los que deben sujetarse para utilizarse en las diferentes partes de la estructura. Cuando la obra está en construcción, se verifica que los materiales que lleguen a los distintos frentes sean los adecuados y tengan aplicados los tratamientos. Por supuesto, también se revisa que se estén utilizando los procedimientos de construcción marcados en los proyectos, así como la geometría horizontal, transversal y vertical, los espesores y la posición de las capas. Cuando se presenta desviaciones, se informa de inmediato al ingeniero de obra para que se corrijan.
- En el control de calidad, es muy importante el conjunto de especificaciones que se manejen, pues fijan de un modo u otro las metas que se persiguen, los procedimientos de construcción, la forma de medición de los volúmenes de obra, las bases de pago y el modo de verificar si se alcanza lo deseado (procedimientos de prueba y normas de calidad).

BIBLIOGRAFÍA

- MONTEJO FONSECA, A. (2006) Ingeniería de pavimentos, tercera edición Tomo 1, Colombia.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (1987) EL MÉTODO AASHTO (1986), Para el diseño de pavimentos Flexibles en carreteras.
- KRAMER, C., PARDILLO, JM., ROCCI, S., ROMANA, MG., SANCHEZ BLANCO, V., DEL VAL., MA (2004), Ingeniería de carreteras. Volumen II, Mc. Graw Hill. España.
- FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE, Estructuración de vías terrestres (1996) México. DISEÑO
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA ICG Manual de la Construcción, Décima edición 2011.
- Comportamiento de los Pavimentos. Diseño de Pavimentos y Principios de Gestión. AASHTO Guidefor Design of Pavement Structures – 1993.
- Análisis de la Problemática. Diseño y Construcción de Pavimentos. Germán Vivar Romero.
- MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN ING. CIVIL”
Bowles E., Joseph, Edit. Mc Graw-Hill, Bogota – Colombia 1978.
- “MECÁNICA DE SUELOS”
Huanca Borda, Ángel R,Edit HB Editores, Lima-Perú, 1996.
- “MECÁNICA DE SUELOS: TOMO I, II y III
Juarez Badillo, Eulalio;,Edit Limusa, México 1996.