

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL POR EL  
MÉTODO DEL PCI, CARRETERA CAÑETE CHUPACA.**

**POLÍTICA DE MANTENIMIENTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**WALTER PERCY MELENDEZ TORRES**

**Lima- Perú**

**2011**

	Página
<b>RESUMEN</b>	03
<b>LISTA DE CUADROS</b>	05
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	06
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	07
<b>INTRODUCCIÓN</b>	08
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b>	10
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
1.1.1 Marco Legal	10
1.1.2 Descripción Histórica	11
1.1.3 Ubicación Geográfica	13
1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS	15
1.3 ZONAS Y POBLACIONES INVOLUCRADAS	15
1.4 TERMINOS DE REFERENCIA	16
<b>CAPÍTULO II: IDENTIFICACIÓN</b>	20
2.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	20
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	23
2.3.1 Objetivo General	23
2.3.2 Objetivo Específico	23
<b>CAPÍTULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	24
3.1 MARCO TEÓRICO	24
3.1.1 Metodología del PCI	24
3.1.2 Antecedentes del Método del PCI	24
3.1.3 Características del Método	25
3.2 RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	25
3.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DEL PCI	28
<b>CAPÍTULO IV: POLÍTICA DE MANTENIMIENTO</b>	29
4.1 ETAPAS DE INTERVENCIÓN	29
4.1.1 Fase Pre Operativa	30
4.1.2 Fase Operativa	32
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO	34
4.2.1 Causas de Deterioro	34

	Página
4.2.2 Deterioro de los Pavimentos	35
4.2.3 Esquema de Conservación	37
<b>CAPÍTULO V: APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI</b>	<b>41</b>
5.1 INSPECCIÓN Y METRADO DE FALLAS	41
5.1.1 Inspección de tramo	41
5.1.2 Metrado de Fallas	43
5.2 PROCESO Y CÁLCULO DEL PCI	46
5.3 MODELO DE DETERIORO	46
5.4 PROPUESTA DE POLÍTICA DE MANTENIMIENTO	47
5.4.1 Fase Pre operativa	47
5.4.2 Fase Operativa	49
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>

## RESUMEN

El prematuro deterioro de las carreteras obliga a los profesionales involucrados en la gestión de obras viales a buscar una metodología que permita evaluar la condición de un pavimento, es en este marco que diversas instituciones a nivel mundial han desarrollado metodologías que permite evaluar la condición superficial de un pavimento, entre ellas se tiene: PCI, PAZER, VIZIR.

Dentro de los contratos de conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito que viene desarrollando el gobierno peruano a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones no tiene estandarizado la aplicación de una metodología específica para la evaluación superficial de un pavimento, frente a esta deficiencia, la aplicación del PCI como metodología para determinar la condición de un pavimento da mucha ventaja porque permite clasificar, cuantificar y medir la condición presente del pavimento, proporcionando una base objetiva para determinar políticas de mantenimiento.

Una parte importante de la gestión vial es determinar políticas de conservación de acción rápida, efectiva, económica y con resultados esperados en el tiempo; bajo este lineamiento es que se busca precisar las etapas de intervención, distinguiendo una fase pre operativa y una fase operativa. Cada fase de intervención contiene procesos y procedimientos técnicos a los que se debe ceñir el profesional responsable de conservación para implementar y ejecutar políticas de mantenimiento con el fin de garantizar un adecuado nivel de transitabilidad.

La fase pre operativa, comprende desde la elaboración de un informe de la situación actual del tramo del proyecto, seguido de la planificación de los trabajos para la conservación vial acompañado del plan de control de calidad. Todos los trabajos planificados tienen que ser consecuentes con un plan de manejo socio ambiental, además se deben desarrollar procedimientos para atender emergencias viales.

La fase operativa está relacionada a la ejecución de los trabajos planificados, dependiendo de la evaluación superficial se tomarán medidas de conservación

rutinaria o periódica. En esta fase se implementa el plan de manejo socio ambiental y se complementa con el relevamiento de información.

La adecuada clasificación de los niveles de intervención, permitirá orientar mejor las funciones, plazos, recursos y responsabilidades, resultando más fácil el seguimiento y control de las metas.

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro N° 1.01 Datos Generales del Servicio de Conservación	12
Cuadro N° 1.02 Ubicación Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca	13
Cuadro N° 1.03 Poblaciones Involucradas	16
Cuadro N° 1.04 Tramificación por Niveles de Intervención	18
Cuadro N° 1.05 Plazos Para Subsanan Observaciones	19
Cuadro N° 2.01 División por Tramos de la Carretera	20
Cuadro N° 2.02 Características por Tramo	21
Cuadro N° 3.01 Rangos de Calificación PCI	26
Cuadro N° 3.02 Niveles de Intervención Según PCI	26
Cuadro N° 3.03 Catálogo de Fallas	27
Cuadro N° 3.04 Niveles de Severidad	27
Cuadro N° 5.01 Valores de PCI en Tramo Evaluado	46

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1.01 Recorrido de la Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca	14
Figura N° 2.01 Árbol de Causas	22
Figura N° 2.02 Árbol de Efectos	22
Figura N° 2.03 Árbol de Causa - Efecto	23
Figura N° 4.01 Evolución del Deterioro de una Vía en el Tiempo	35
Figura N° 4.02 Gastos a lo Largo del Tiempo en una Vía	38
Figura N° 4.03 Costos de Operación de los Vehículos	39
Figura N° 4.04 Criterios de Intervención	40
Figura N° 5.01 Ubicación de Tramo Evaluado	41
Figura N° 5.02 Variación Horaria del IMD	43
Figura N° 5.03 Bache Leve	44
Figura N° 5.04 Bache Moderado	44
Figura N° 5.05 Falla de Borde	44
Figura N° 5.06 Falla en Bloque	45
Figura N° 5.07 Falla Longitudinal	45
Figura N° 5.08 Estado de Vía (km 129+000 – km 134+000)	47
Figura N° 5.09 Programa de Conservación Vial	49

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

IMD	: Índice medio diario
INGEPAV	: Ingeniería de Pavimentos
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
PCI	: Índice de condición de pavimento
PMSA	: Plan de manejo socio ambiental
L	: Condición alta del pavimento
M	: Condición media del pavimento
H	: Condición alta del pavimento

## INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente informe es dar a conocer las ventajas de la aplicación de la metodología del PCI como herramienta para la evaluación superficial de carreteras de bajo volumen de tránsito, desde la toma de datos del estado actual del pavimento, procesamiento e interpretación de resultados que servirá para implementar políticas de mantenimiento.

Los objetivos específicos son:

- Plantear políticas de mantenimiento de acuerdo al modelo de deterioro, esto se logra con un continuo monitoreo del PCI, de esta forma se logra establecer el ritmo de deterioro del pavimento permitiendo identificar con anticipación las necesidades de conservación, que luego se plasmaran en políticas de mantenimiento
- Plantear herramientas de gestión para el seguimiento de las políticas de mantenimiento, herramientas que se tienen que proponer en la fase pre operativo, por ejemplo los procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS).

El desarrollo del informe está dividido en cinco capítulos y una sección de anexos.

En el Capítulo I se describen las generalidades del proyecto y las entidades involucradas, se hace mención a las poblaciones involucradas: ubicación, clima, topografía y los términos de referencia del proyecto.

En el Capítulo II se hace un diagnóstico de la situación actual de la carretera Cañete – Chupaca, se define el problema y se fijan los objetivos.

En el Capítulo III se describe el marco teórico del método del PCI, donde se incluirán los conceptos básicos relacionados con el método, características, procedimiento para la toma de datos y las principales fallas en los pavimentos, también se detallará los pasos a seguir para la obtención del PCI de un pavimento.

En el Capítulo IV se desarrolla el marco conceptual de los niveles de intervención de las políticas de mantenimiento, y se hace un análisis e interpretación del modelo de deterioro.

En el Capítulo V se desarrolla la aplicación del método del PCI en el tramo evaluado, donde se detallará el procedimiento realizado para la inspección de la carretera, la toma de datos, el cálculo del PCI, modelo de deterioro y propuesta de políticas de mantenimiento.

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de conservación de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, forma parte del programa de desarrollo vial Proyecto Perú, el cual establece un sistema de contratación de actividades de conservación de la infraestructura vial.

Bajo este sistema de contratación por niveles de servicio se busca desarrollar una cultura de prevención, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las carreteras de bajo volumen de tránsito mediante intervenciones rutinarias y periódicas que se integran dentro de un plan general de políticas de mantenimiento.

#### 1.1.1 Marco legal

Por Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC/02, del 10 de mayo de 2007, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, del 27 de julio de 2007, se crea el Programa “Proyecto Perú”, adscribiéndose el mismo a Provías Nacional, con la finalidad de mejorar las condiciones de las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido para permitir un nivel elevado de competitividad de las zonas rurales. Este programa de desarrollo vial establece contratos de conservación vial por niveles de servicio aplicando un cambio de estándar a la superficie actual, el cual consiste en la adición de material granular estabilizado con recubrimiento bituminoso a la superficie de la vía no pavimentada, con la finalidad de alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la misma.

El Programa “Proyecto Perú” aspira a establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos de prestaciones que se controlen por niveles de servicio, que implica el concepto de “transferencia de riesgo” al contratista - conservador. Bajo este sistema se desarrolla una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna.

Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Bajo la estrategia del programa de desarrollo vial "Proyecto Perú", en octubre de 2007, Provías Nacional convocó a concurso público N° 034-2007-MTC/20 para la contratación de "servicios de conservación vial por niveles de servicio de la carretera del corredor vial N°13 Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca y rehabilitación del tramo Zúniga – Yauyos – Dv. Ronchas", ubicada entre las regiones de Lima y Junín, llegándose a dar la buena pro al Consorcio Gestión de Carreteras, conformado por las empresas: Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A., Corporación Mayo S.A.C. y la Empresa de Mantenimiento Vial la Marginal S.R.L.

### **1.1.2 Descripción Histórica**

La carretera de penetración y enlace entre Huancayo- Chupaca - Yauyos - Cañete, fue proyectada y ejecutada por tramos durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre los años de 1920 a 1930 mediante la ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú.

En la década comprendida entre 1920 y 1930 se ejecutó el tramo entre los pueblos de Tomas y Alis.

En 1940 se retoma la construcción de la carretera en el tramo Cañete – Yauyos, durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, siendo inaugurado por el propio presidente en junio de 1944. Los trabajos de la carretera en el tramo Yauyos – Huancayo quedan postergados.

Posteriormente en los años 1956 y 1957, el esfuerzo de los pobladores de Alis y de las autoridades de los poblados vecinos, logran enlazar la carretera con dicho poblado, lo que fue un indicio para que el Gobierno Central prosiga los trabajos hasta concluir la carretera a cuenta del Estado.

A nivel de estudio definitivo se cuenta con el que elaboró el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 mediante contrato con PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas).

Como antecedentes a nivel de pre-inversión se cuenta con el perfil elaborado por el Ing. Floriano Palacios León en el año 2003. Este perfil fue aprobado por la Oficina General de Presupuesto y Planificación (OPP) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) autorizando la elaboración del estudio de factibilidad del proyecto.

Provías Nacional firma el contrato de servicios N° 286-2007-MTC/20 con el Consorcio Gestión de Carreteras a quien se le adjudicó la buena pro del concurso público N° 0034-2007-MTC/20, “servicios de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca y rehabilitación del tramo Zúñiga – Yauyos – Dv. Ronchas”.

El cuadro N° 1.01 resume las características generales del servicio de conservación de la carretera Cañete – Chupaca, firmada en contrato N° 286-2007-MTC/20 entre el MTC y el consorcio Gestión de Carreteras.

Cuadro N° 1.01  
Datos Generales del Servicio de Conservación.

<b>DATOS GENERALES SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO</b>	
<b>Carretera</b>	Cañete - Lunahuaná - Yauyos - Chupaca
<b>Concurso Público</b>	N° 0034-2007-MTC/20
<b>Contrato de Servicios</b>	N° 288-2007-MTC/20
<b>Conservador</b>	Consorcio Gestión de Carreteras (ICCGSA, Corporación Mayo SAC, Empresa de Mantenimiento Vial la Marginal SRL.)
<b>Valor Referencial</b>	S/. 131'895,292.01
<b>Valor del Contrato</b>	S/. 131'589,139.71
<b>Longitud del Tramo</b>	271.73 km
<b>Periodo de Conservación</b>	05 años
<b>Inicio de Contrato</b>	01 de Febrero, 2008

(Fuente: Elaboración Propia)

### 1.1.3 Ubicación Geográfica

Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (departamento de Lima) y la provincia de Chupaca (departamento de Junín).

El anexo N° 01, muestra la ubicación del proyecto, el anexo N° 02 muestra el trazo de la carretera.

El tramo de la carretera pertenece a la red vial nacional, ruta R22 de 271.73km de longitud; con origen en la provincia de Cañete (km 001+805) y culminando en la provincia de Chupaca (km 273+531).

La carretera une las localidades de San Vicente de Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chinchay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Tinco Huantán, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero, Chaquicocha, Colpa, Roncha y Chupaca, referirse a la figura N° 1.01.

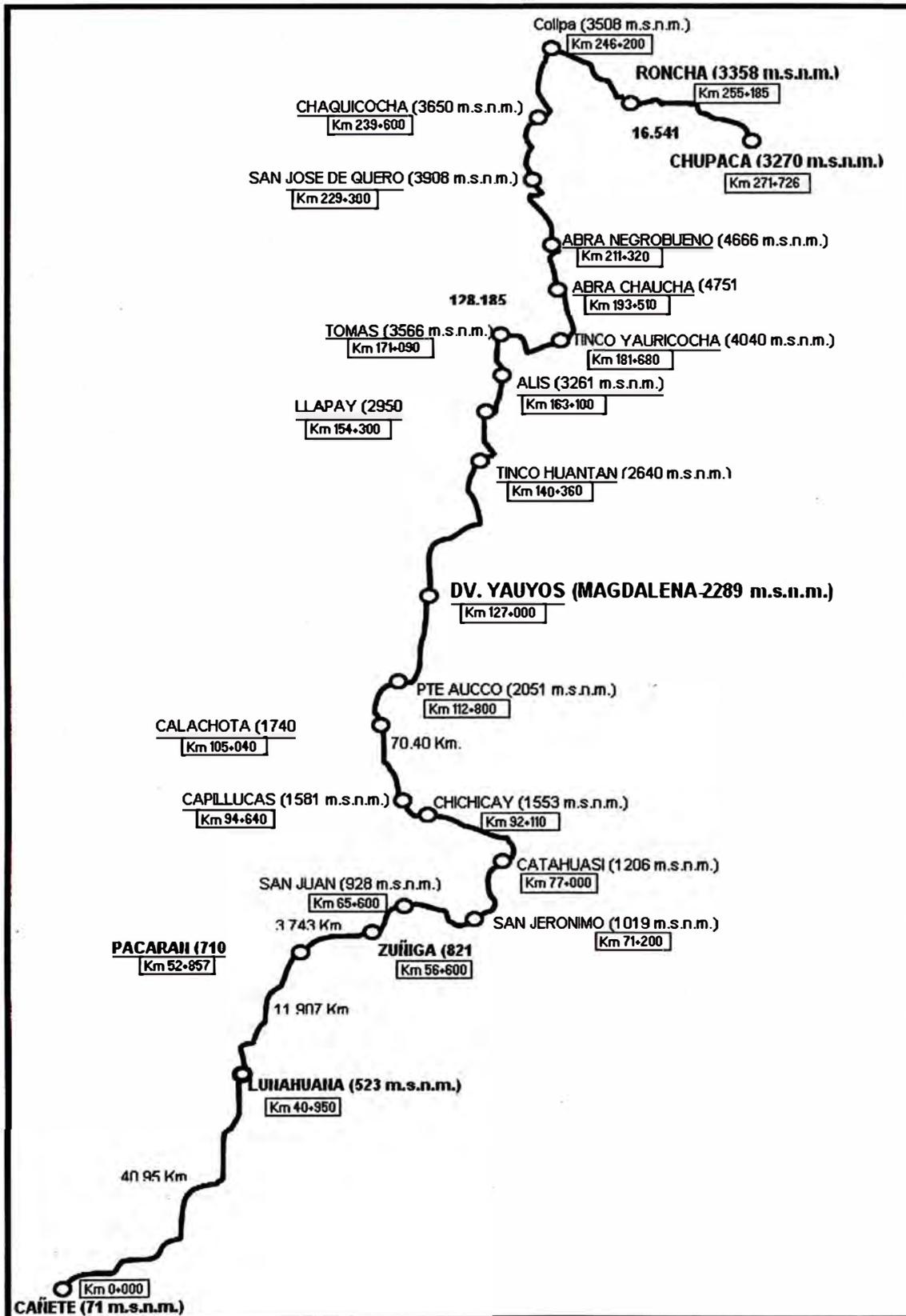
En cuadro N° 1.02 se muestra un resumen de la ubicación de la carretera.

Cuadro N° 1.02  
Ubicación Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca.

<b>Departamento</b>	Lima - Junín
<b>Provincias</b>	Cañete - Yauyos - Chupaca
<b>Regiones Naturales</b>	Costa y Sierra
<b>Altitud</b>	Cañete : 71 m.s.n.m Chupaca : 3270 m.s.n.m Abra Chaucha : 4751 m.s.n.m
<b>Latitud</b>	San Vicente : 13°04'38.08" S - 76°24'11.45" O Chupaca : 12°03'35.29" S - 75°17'13.47" O
<b>Coordenadas UTM</b>	San Vicente : 348,000.55 E - 8'553,201.88 S Chupaca : 468,680.00 E - 8'666,783.00 S

(Fuente: Elaboración Propia)

Figura N° 1.01  
 Recorrido de la Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca.



(Fuente: Diapositivas Curso de Titulación)

## 1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de Provías Nacional.
- Gobiernos regionales de Lima y Junín.
- Gobiernos locales y distritales de las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca.

Con el objetivo de implementar un sistema de acompañamiento y monitoreo del contrato de conservación vial por niveles de servicio N° 288-2007-MTC720, en agosto de 2008 se suscribió el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – Provías Nacional y la Universidad Nacional de Ingeniería.

El acompañamiento y monitoreo de los trabajos de servicio de conservación vial por niveles de servicio implica además:

- La realización de una norma técnica de diseño que contemple el comportamiento en el tiempo de los pavimentos básicos.
- La difusión y uso de nuevas tecnologías.
- La formación de especialistas en la materia.

## 1.3 ZONAS Y POBLACIONES INVOLUCRADAS

Dentro de las poblaciones que se verán beneficiados se tiene:

Región : Lima – Junín.

Provincia : Cañete, Yauyos, Chupaca, Huancayo.

Distritos : San Vicente, San Luis, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuaná, Zúñiga, Chocos, Ayauca, Cacara, Catahuasi, Putinza, Yauyos, Colonia, Carania, Huantan, Laraos, Miraflores, Alis, Vitis, Tomas, Yanacancha, Ahuac, Huachac, Chupaca, Huamancaca Chico, Chambaza, San José de Quero, Sincos, Sicaya, Pilcomayo, El tambo, Huancayo, Chilca.

En cuadro N°1.03 se resume las poblaciones involucradas que son beneficiados por la conservación de la carretera.

Cuadro N° 1.03  
Poblaciones Involucradas.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Región Natural	Progresiva
Zúñiga	821	Yunga	56+600
Catahuasi	1206	Yunga	77+000
Capillucas	1581	Yunga	94+640
Calachota	1740	Yunga	105+040
Dv. Yauyos	2289	Yunga	127+000
Tinco Huantan	2640	Quechua	140+360
Llapay	2950	Quechua	154+300
Alis	3261	Quechua	163+100
Ronchas	3358	Quechua	255+185
Tomas	3566	Suni o Jalca	171+090
San José de Quero	3908	Suni o Jalca	229+300
Chaquicocha	3650	Suni o Jalca	239+600
Collpa	3508	Suni o Jalca	246+200
Tinco Yauricocha	4040	Puna	181+680
Abra Chaucha	4751	Puna	193+510
Abra Negro Bueno	4666	Puna	211+320

(Fuente: Elaboración Propia)

#### 1.4 TÉRMINOS DE REFERENCIA

Los términos de referencia del servicio de conservación vial por niveles de servicio para la carretera Cañete – Yauyos - Chupaca es elaborado por el MTC y forma parte del contrato N° 286-2007-MTC/20, el documento describe las características técnicas y las condiciones del servicio de conservación durante la fase pre operativa y la fase operativa.

Dentro de los términos de referencia de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca se puede distinguir una tramificación por niveles de servicio, se define los plazos para levantar observaciones y establece el requerimiento de un equipo mínimo de trabajo.

En cuadro N°1.04 se describe la tramificación de la carretera de acuerdo a los niveles de intervención, con sus respectivas unidades de medida.

En cuadro N° 1.05 se describe los plazos para levantar las observaciones por trabajos defectuosos o no ejecutados.

Si existieran vacíos en las definiciones contenidas en el término de referencia, se podrá consultar los siguientes documentos:

- Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras.
- Manual de ensayo de materiales para carreteras.
- Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras.
- Manual de diseño geométrico de carreteras.
- Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras.
- Legislación vigente en relación a los aspectos socio ambiental, político y prácticas ambientales del MTC.

Cuadro N° 1.04  
Tramificación por Niveles de Intervención.

N°	Tramo	Partida	Longitud (km)	Unidad
1	Cañete - Lunahuaná	Conservación rutinaria (antes de la rehabilitación)	40.75	km-año
2	Cañete - Lunahuaná	Conservación rutinaria (después de la rehabilitación)	40.75	km-año
3	Lunahuaná - Pacarán	Conservación periódica	12.49	km
4	Lunahuaná - Pacarán	Conservación rutinaria	12.49	km-año
5	Pacarán - Zúñiga	Conservación rutinaria en vía afirmada (antes de la construcción)	4.15	km-año
6	Pacarán - Zúñiga	Conservación Rutinaria en vía asfaltada (después de la construcción)	4.15	km-año
7	Zúñiga - Dv. Yauyos	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes del cambio estándar)	72.6	km-año
8	Zúñiga - Dv. Yauyos	Cambio de estándar - solución básica	72.6	km
9	Zúñiga - Dv. Yauyos	Conservación rutinaria en solución básica (después del cambio estándar)	72.6	km-año
10	Zúñiga - Dv. Yauyos	Conservación periódica en solución básica	72.6	km
11	Dv. Yauyos - Ronchas	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes del cambio estándar)	135.13	km-año
12	Dv. Yauyos - Ronchas	Cambio de estándar - solución básica	135.13	km
13	Dv. Yauyos - Ronchas	Conservación rutinaria en solución básica (después del cambio estándar)	135.13	km-año
14	Ronchas - Chupaca	Conservación rutinaria en vía afirmada (antes de la construcción)	16.61	km-año
15	Ronchas - Chupaca	Conservación Rutinaria en vía asfaltada (después de la construcción)	16.61	km-año
16	Relevamiento de Información	Estudio de tráfico, origen destino e inventario calificado.	281.73	km-año
17	Atención de Emergencias Extraordinarias	Derrumbes mayores a 200m <sup>3</sup> por evento, no son acumulables, se pagará cuando ocurra.	15,000.00	m <sup>3</sup>

(Fuente: MTC – Términos de Referencia)

Cuadro N° 1.05  
Plazos Para Subsanan Observaciones

Variable	Plazo (días hábiles)
<b>Calzada</b>	
Reducción de ancho	0
Baches	1
Parches defectuosos	3
Fisuras tipo longitudinales, transversales, bloque o piel de cocodrilo	7
Existencia de obstáculos, existencia de material suelto	1
Encalaminado	5
<b>Bermas</b>	
Reducción de ancho	3
Baches	2
Parches defectuosos	5
Existencia de obstáculos, existencia de material suelto	3
<b>Taludes</b>	
Deformaciones, asentamientos o erosión	7
<b>Obras de arte</b>	
Puentes metálicos	7
Puentes y/o pontones de concreto	7.00
Estribos, alas y pilares	5.00
Muros de contención	3.00
Cauces y lechos de ríos	7.00
<b>Sistemas de drenaje</b>	
Cunetas y canales	7.00
Zanjas de coronación	7.00
Aliviaderos, canal de bajada y caja de toma	7.00
Alcantarillas	7.00
Cauces de quebrada	7.00
<b>Derecho de vía</b>	
Existencia de obstáculos	7.00
Vegetación baja en taludes	7.00
Vegetación alta, existencia de ramas sobre el pavimento	3.00
Existencia de árboles	7.00
<b>Seguridad vial</b>	
Señalización vertical	3.00
Elementos de encarrilamiento del tránsito	3.00
Señalización horizontal	7.00

(Fuente: MTC – Términos de Referencia)

## CAPÍTULO II: IDENTIFICACIÓN

### 2.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la vía es catalogada como una carretera de bajo volumen de tránsito, teniendo como características principales: tramos angostos, superficie de rodadura con tratamiento superficial, cunetas de tierra, taludes con material suelto y compacto, las cuales debido a un aumento inesperado del flujo vehicular y a las precipitaciones pluviales originarán que la vía sufra un rápido deterioro al punto de quedar intransitable.

La población indirectamente beneficiada está comprendida por los departamentos de Lima y Junín, quienes con el mejoramiento de esta vía, tendrán una ruta alterna a la Carretera Central para realizar las actividades comerciales, transporte, ecoturismo, entre otros.

Para un mejor análisis se ha dividido la carretera en 06 sectores de acuerdo a la superficie de rodadura y condiciones geográficas, referirse al cuadro N° 2.01.

En cuadro N° 2.02 se describe las características principales de cada tramo.

Cuadro N° 2.01  
División por Tramos de la Carretera.

<b>Tramo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Superficie de Rodadura</b>	<b>Longitud (Km)</b>
I	Cañete - Lunahuaná	Asfaltado	40.95
II	Lunahuaná - Pacarán	Tratamiento superficial	11.91
III	Pacarán - Catahuasi	Slurry Seal	24.14
IV	Catahuasi - Tinco Yauricocha	Monocapa	104.68
V	Tinco Yauricocha - San José de Quero	Monocapa	47.62
VI	San José de Quero - Chupaca	Monocapa	42.43

(Fuente: Elaboración Propia)

Cuadro N° 2.02  
Características por Tramo.

Características	Tramo					
	I	II	III	IV	V	VI
IMD	1,477.00	-	-	722.00	305.00	642.00
Ancho de vía	6.6m	3.2m	5.0m - 7.5m	3.0m - 8.5m	2.6m - 8.0m	4.0m - 8.0m
Drenaje	bueno	bueno	regular	regular	insuficiente	insuficiente
Señalización	bueno	regular	regular	insuficiente	insuficiente	insuficiente
Superficie	bueno	regular	regular	regular	regular	regular

(Fuente: Elaboración Propia)

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema que viene presentando la carretera es su rápido deterioro debido al incremento de flujo vehicular motivado por las mejoras realizadas en el pavimento, esto conlleva a replantear los conceptos de mantenimiento de la vía.

El problema que se tratará de resolver es la carencia de metodologías que permitan la implementación de políticas de mantenimiento dentro de los contratos de conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito que desarrolla el gobierno peruano a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

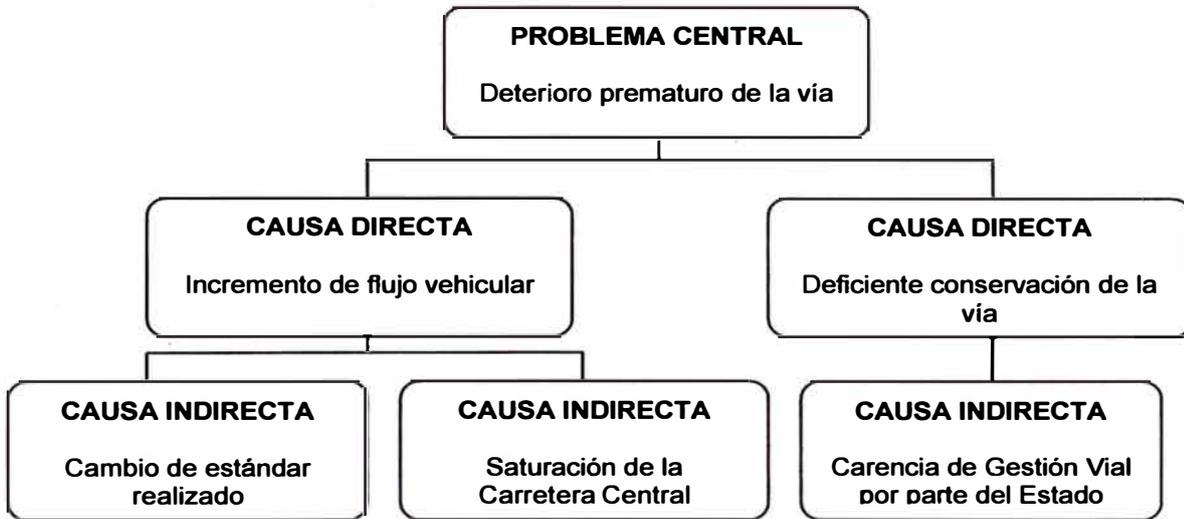
Para una mejor identificación del problema se desarrolla un árbol de causas, árbol de efectos y un árbol de causa-efecto.

La figura N° 2.01 muestra el árbol de causas indirectas y directas que conllevan a generar el problema de fondo que es el deterioro prematuro de las vías.

La figura N° 2.02 muestra el árbol de efectos directos e indirectos.

La figura N° 2.03 muestra el árbol causa – efecto, explicando de esta forma las causas y los efectos que se genera al no implementar una política de conservación.

Figura N° 2.01  
Árbol de Causas.



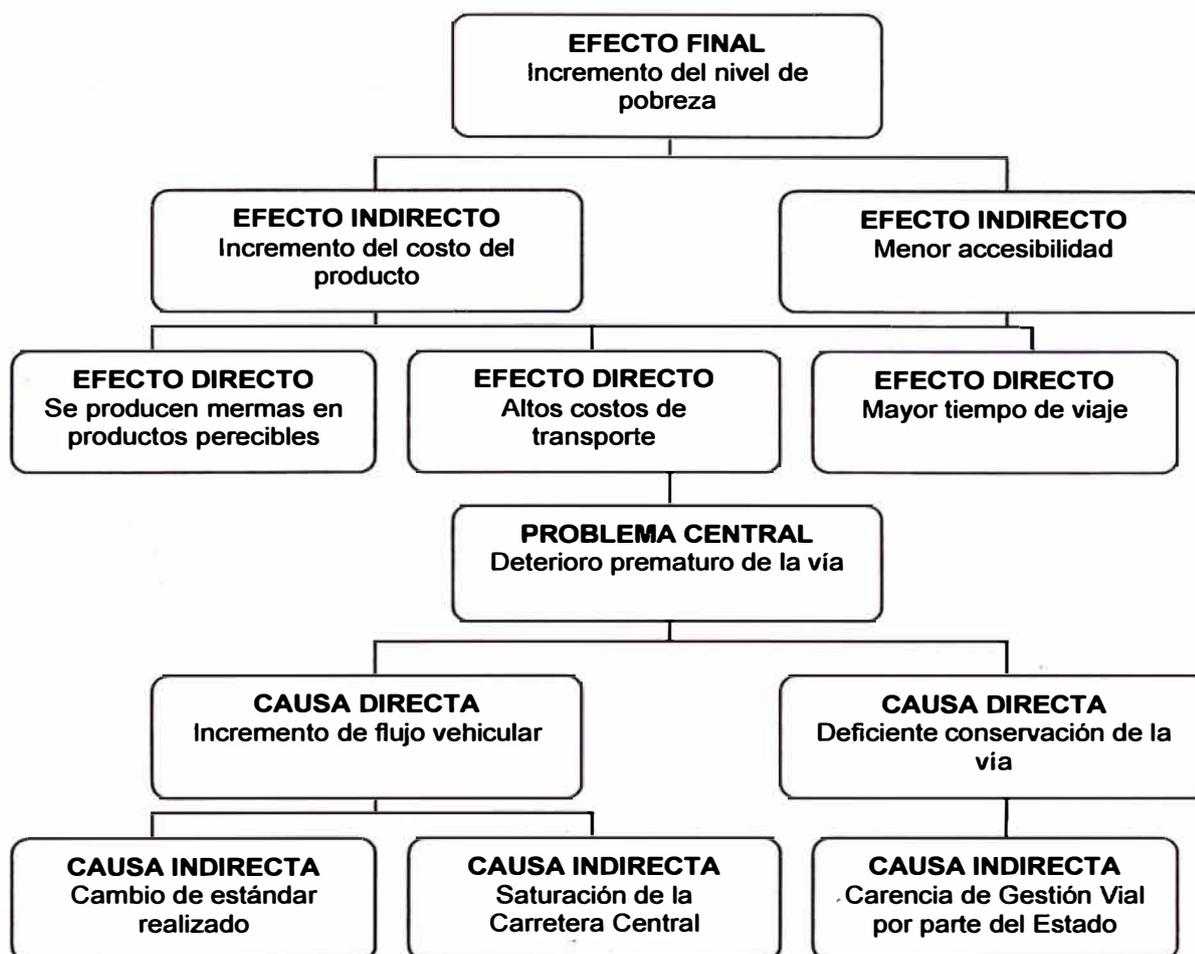
(Fuente: Elaboración Propia)

Figura N° 2.02  
Árbol de Efectos.



(Fuente: Elaboración Propia)

Figura N° 2.03  
Árbol Causa - Efecto.



(Fuente: Elaboración Propia)

## 2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 2.3.1 Objetivo General

Dar a conocer las bondades de la metodología del PCI como herramienta para la evaluación superficial de carreteras de bajo volumen de tránsito, desde la toma de datos, procesamiento e interpretación de resultados que servirá para implementar políticas de mantenimiento.

### 2.3.2 Objetivo Específico

- Plantear políticas de mantenimiento de acuerdo al modelo de deterioro.
- Plantear herramientas de gestión para el seguimiento de las políticas de mantenimiento.

## CAPÍTULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO

### 3.1 MARCO TEÓRICO

#### 3.1.1 Metodología del PCI

La aplicación del método del PCI para la evaluación de carreteras de bajo volumen de tránsito obedece a que esta metodología está descrita en la Norma ASTM D6433-07, la cual proporciona lineamientos para determinar el índice de condición del pavimento, además de su facilidad para emplearla hace que sea una herramienta importante para determinar políticas de mantenimiento.

El PCI es un indicador numérico que clasifica la superficie de un pavimento en una escala de 0 a 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor. El PCI cuantifica las condiciones actuales del pavimento basado en las fallas observadas en su superficie, además un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de falla que podrá ser representado en una curva de deterioro del pavimento.

El modelo de deterioro proporciona una base objetiva y racional para determinar las políticas de mantenimiento estableciendo necesidades y prioridades para la conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito.

Las políticas de mantenimiento que se adoptan tras la evaluación por el método del PCI buscan complementar los conceptos de conservación contenidos en las “Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras”, aprobada por Resolución Directoral N° 051-2007-MTC/14, del 27 de agosto de 2007, de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del MTC y publicado en el diario oficial “El Peruano”, el 27 de setiembre de 2007.

#### 3.1.2 Antecedentes del Método del PCI

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), fue desarrollado y publicado en 1978 por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, encargado y con fondos provistos por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados

Unidos y ejecutada por los Ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn.

El objetivo del índice de condición de pavimento es dotar de una herramienta estandarizada a los ingenieros para realizar evaluaciones superficiales a los pavimentos.

El Índice de Condición del Pavimento cuantifica la condición del pavimento, la metodología se encuentra estandarizada según la Norma ASTM D6433-07 “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”. La norma fue originalmente aprobada en 1999, y su edición posterior fue aprobada en 2003 como D6433-03, bajo la jurisdicción del Comité ASTM E17 “Sistemas de Pavimentos para Vehículos” y bajo responsabilidad directa del Sub-Comité E17.41 Gerencia de Pavimentos.

El Perú emplea un método propio denominado CONREVIAL, la cual tiene la limitación que no llegar a un indicador final de la condición global del pavimento; el método se basa en un catálogo de fallas, con criterios para definir la severidad y extensión de los deterioros.

### **3.1.3 Características del Método**

Entre las principales características se tiene:

- De fácil aplicación.
- No requiere gran inversión porque el relevamiento de fallas es de forma visual.
- Ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados.
- El método describe, cuantifica y califica la severidad de los daños.

## **3.2 RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI**

El PCI califica la condición del pavimento en base a una escala que va desde 0 hasta 100.

El cuadro N° 3.01 describe en base al índice del PCI la condición del pavimento.

Cuadro N° 3.01  
Rangos de Calificación PCI.

<b>Rango PCI</b>	<b>Calificación del Pavimento</b>
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

(Fuente: Elaboración Propia)

De acuerdo a los valores del PCI se puede determinar ciertos niveles de intervención, como se describe en el cuadro N° 3.02

Cuadro N° 3.02  
Niveles de Intervención Según PCI.

<b>Rango PCI</b>	<b>Estado</b>	<b>Nivel de Intervención</b>
0 - 30	Malo	Construcción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

(Fuente: Tesis de Maestría – Ing. Wilfredo Gutiérrez)

Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

En cuadro N° 3.03 se describe las fallas y las unidades de medida a considerar durante la toma de datos en campo y su procesamiento en gabinete.

Cuadro N° 3.03  
Catálogo de Fallas.

No.	Descripción	Unidades
1	Grieta Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación de Asfalto	m2
3	Grietas de contracción (en bloque)	m2
4	Elevaciones y Hundimiento	m
5	Corrugaciones (encalaminado)	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta 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	m2
12	Agregado Pulidos	m2
13	Huecos	No.
14	Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Deformación por empuje	m2
17	Grietas de deslizamientos	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregación y desintegración	m2

(Fuente: INGEPAV)

Para entender cómo se afecta la calidad de rodaje por diversos tipos de falla, el método del PCI considera la severidad de las fallas, el cuadro N° 3.04 hace una descripción de los niveles de severidad.

Cuadro N° 3.04  
Niveles de Severidad.

Severidad	Descripción
<b>Bajo</b>	El vehículo siente vibraciones menores, no es necesario disminuir la velocidad.
<b>Medio</b>	El vehículo siente vibraciones, se reduce la velocidad por razones de seguridad y confort, producen molestia
<b>Alto</b>	El vehículo siente saltos significativos, reduciendo su velocidad por razones de seguridad y confort, producen gran molestia.

(Fuente: Elaboración Propia)

### 3.3 PROCESO PARA EL CÁLCULO DEL PCI

El primer paso para la evaluación de una vía es hacer una inspección general con un vehículo, ello permitirá una visión general del estado en el que se encuentra.

Luego de una inspección general se procede con el relevamiento de fallas, para llevar un mejor control se debe contar con un formato donde se incluya el nombre de la persona encargada de realizar los trabajos, la fecha, las progresivas del tramo a ser evaluada y la anotación de cada una de las fallas observadas.

El anexo N° 03 muestra el formato considerado para el relevamiento de fallas en la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca desde el km 129+000 hasta el km 134+000.

Para rellenar el formato y calcular el PCI se procede de la siguiente manera:

- Colocar el tipo de falla encontrado (usar la numeración descrita en la parte superior del formato).
- Colocar el metrado de cada falla obtenida de la medición de campo, indicando además su nivel de severidad.
- Obtener los parciales de cada tipo de falla.
- Se calcula la densidad (%) de cada tipo de falla.
- Se calcula los valores deducidos, para ello hacer uso de los ábacos (referirse al anexo N°04).
- Se calcula el valor de deducción corregido (referirse al anexo N°04)
- Con el valor de deducción corregido se calcula el valor del PCI ( $PCI=100-VCD$ ).

## CAPÍTULO IV: POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

A lo largo de la vida útil de un pavimento se van presentando distintos grados de deterioro debidos a múltiples causas, principalmente a la acción del tránsito y a las condiciones climáticas entre otros, lo que hace necesario llevar a cabo trabajos de conservación con el fin de mantener en buen estado tanto la superficie de rodamiento como la capacidad estructural para la que fue diseñado, minimizando los sobrecostos de operación en los que incurriría el transporte al transitar por carreteras en mal estado superficial.

La estrategia de conservación (trabajos a realizar y momento para su realización) constituye una parte integral del diseño del pavimento, y deberá estar bajo los lineamientos de una política de conservación de la red vial supervisada por el Estado.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene las siguientes políticas de conservación:

- Fortalecimiento de los sistemas para la determinación de prioridades, para atender planificadamente y no por demanda social.
- Promover la investigación de nuevas tecnologías aplicada a pavimentos para diferentes clases de caminos y niveles de intervención.
- Asignación de mayores recursos presupuestales permanentes en los presupuestos anuales de los diferentes niveles de gobierno, para garantizar un mantenimiento continuo.
- Desarrollo de una cultura del mantenimiento vial.
- Mejor articulación entre los programas de trabajo del gobierno nacional con los gobiernos regionales y locales.

### 4.1 ETAPAS DE INTERVENCIÓN

En los proyectos de servicios de conservación vial por niveles de servicio se aprecia dos fases claramente diferenciados para una adecuada Gestión Vial:

- Fase Pre Operativa.
- Fase Operativa.

Cada fase de intervención contiene procesos y procedimientos técnicos a los que se debe ceñir el profesional responsable de conservación para implementar y ejecutar políticas de mantenimiento con el fin de garantizar un adecuado nivel de transitabilidad.

#### **4.1.1 Fase Pre Operativa**

##### **a.- Elaboración del Programa de Conservación Vial**

El área técnica encargada de la conservación vial deberá diseñar el Programa General de Conservación Vial para el tiempo que dure la prestación del servicio, el cual comprende entre otras, las actividades que se deberán ejecutar de manera regular con el objeto de lograr los niveles de servicio exigidos por la entidad contratante.

Para la prestación de servicios de conservación rutinaria, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones permite que el contratista pueda subcontratar a, microempresas o pequeñas empresas de conservación vial legalmente constituidas que no se encuentren inhabilitadas para contratar con el Estado y tengan inscripción vigente en el registro nacional de proveedores. Asimismo, cuando la Contratista no subcontrate los trabajos de conservación rutinaria esta deberá preferir mano de obra local.

##### **b.- Elaboración del Plan de Manejo Socio Ambiental**

El MTC, dentro de sus lineamientos para la contratación de servicios de conservación vial por niveles de servicio contempla el Plan de Manejo Socio Ambiental (PMSA).

El PMSA estará conformado por el conjunto de programas, estrategias y actividades necesarias para prevenir, controlar, mitigar, compensar y corregir los impactos negativos generados por el servicio, su contenido incluye como mínimo el manejo de: desechos, material de reciclaje, basuras, obras de concreto y materiales de construcción, residuos líquidos, combustibles, aceites y sustancias químicas; aguas superficiales, vegetación, maquinaria y equipo, campamentos; seguridad vial, higiene, seguridad y salud ocupacional; gestión social entre otros.

Se debe presentar el plan de manejo socio ambiental y solicitar ante las autoridades respectivas, los permisos, autorizaciones, licencias y concesiones requeridos por el uso y aprovechamiento de recursos naturales para la ejecución sostenible de los servicios.

En lo referente a la instalación de equipos mayores, como instalación de plantas de asfalto y chancadoras que se requieran durante el desarrollo del servicio, se deberá obtener los permisos relacionados con vertimientos, emisiones atmosféricas, etc., de acuerdo con los lineamientos establecidos por la autoridad ambiental respectiva.

#### **c.- Elaboración del Informe de la Situación Actual**

En los primeros meses de iniciado el servicio de conservación, se debe hacer un inventario vial de todo el tramo de la carretera dentro del alcance del proyecto.

El inventario deberá ser debidamente sustentado y referenciado con una planilla de metrados, dicho informe se debe entregar a la entidad correspondiente para su revisión. El inventario servirá para constatar el estado en que se le entrega la carretera por parte de la entidad Contratante.

#### **d.- Elaboración del Plan de Control de Calidad**

Se deberá elaborar el plan de calidad del proyecto, acorde a los requisitos exigidos para este tipo de trabajos, en concordancia con los siguientes documentos:

- Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras.
- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (DG-2000).
- Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000).
- Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- Legislación Vigente en Relación a los Aspectos Socio Ambientales, Políticas y Prácticas Ambientales del MTC.

En esta etapa se elabora los formatos de control de calidad en campo, documentos que permitirán una mejor gestión y seguimiento de los trabajos:

- Orden de Trabajo (OT).
- Procedimiento Escrito de Trabajo (PET).
- Protocolos.

#### **4.1.2 Fase Operativa**

##### **e.- Conservación Rutinaria**

Conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo de la vía y que se realizan diariamente con la finalidad principal de preservar todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o de daños, y en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción, de la conservación periódica, de la rehabilitación o de la reconstrucción. Debe ser de carácter preventivo e incluye las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones menores de los defectos puntuales.

Asimismo, en este tipo de conservación vial se incluyen las actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores, de cuidado y vigilancia de la vía.

Las actividades de Conservación Rutinaria pueden comprender:

- Eliminación de desmonte manual.
- Poda, corte y retiro de árboles.
- Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.).
- Limpieza de la calzada y bermas.
- Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación.
- Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto.
- Pintura, renovación de los hitos kilométricos.
- Remoción de derrumbes localizados a lo largo de la vía, incluido el acarreo a los botaderos autorizados.

- Sello de Fisuras
- Bacheo superficial y profundo localizado
- Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial.

Todas las actividades de Conservación Rutinaria se deberán ejecutar de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras y a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000)

#### **f.- Conservación Periódica**

Conjunto de actividades que se ejecutan entre períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores.

Ejemplos de esta conservación son el tratamiento y renovación de la capa superficial y las reparaciones Menores de los diferentes elementos físicos. Asimismo, en este tipo de conservación vial se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales ordinarias y de cuidado y vigilancia de la vía.

La Conservación Periódica tiene como fin la recuperación las condiciones iniciales de serviciabilidad de la carretera, llevándola a los niveles de cuando fue construida.

Las actividades a realizar son:

- Bacheo de la carpeta asfáltica
- Tratamiento superficial
- Bacheo y tratamiento superficial
- Re nivelación de la carpeta asfáltica
- Re nivelación de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial
- Reciclado de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial.
- Sobre carpeta de 5 cm. de espesor
- Sello de fisuras y sobre carpeta de 5 cm. de espesor
- Bacheo y sobre carpeta de 5 cm. de espesor

### **g.- Reparaciones Menores**

Son trabajos selectivos de poca dimensión en zonas específicas o puntuales, tanto en la calzada como en los demás elementos de la vía.

Son actividades que el contratista debe ejecutar para corregir defectos en las obras de drenaje, señales, elementos de seguridad etc. y forman parte de la conservación rutinaria.

### **h.- Puesta a Punto**

Son las actividades que debe realizar el Contratista para alcanzar los niveles de servicio que le serán exigidos durante toda la duración del contrato por servicios de conservación por niveles de servicio.

### **i.- Atención de Emergencias Viales Extraordinarias**

Se considera emergencia a todo obstáculo o derrumbe mayor a 200 m<sup>3</sup> por evento, no es acumulable, que impida el libre tránsito vehicular sobre la calzada, siendo obligación del contratista, su eliminación hasta que la calzada quede libre de cualquier escombros.

### **j.- Relevamiento de Información**

Consiste en la ejecución de los estudios de tráfico, estudios de origen destino e inventario vial calificado la cual tendrá que ser reportado a la entidad competente para que genere una estadística del comportamiento de la vía.

Con relación al inventario vial calificado, este se tiene que elaborar según el manual de gestión de la Unidad de Gestión de Carreteras de Proviás Nacional.

### **k.- Implementación del Plan de Manejo Socio Ambiental**

Se debe implementar y monitorear el plan de Manejo Socio ambiental.

## **4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO**

### **4.2.1 Causas de Deterioro**

Los agentes climáticos como la lluvia y la temperatura son responsables de un 30% a 45% del deterioro de una vía asfaltada en el rango climático de árido a

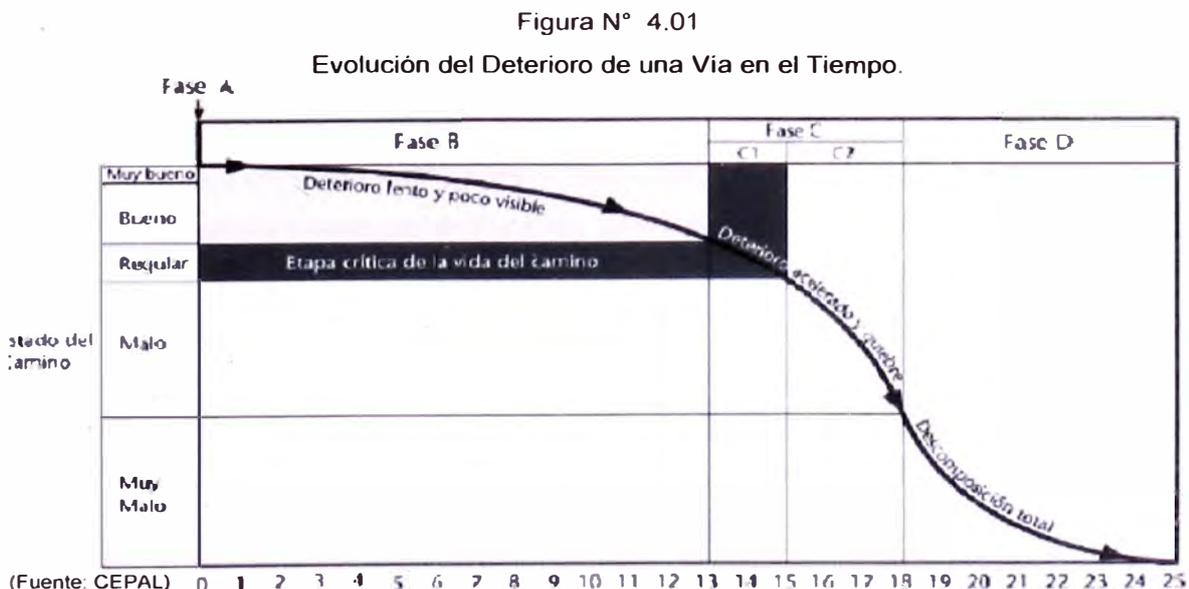
húmedo. El tránsito vehicular y en especial el tránsito de vehículos pesados, es responsable del resto del deterioro.

Los efectos del clima se enfrentan mediante la conservación o mantenimiento rutinario entendido como un conjunto de actividades permanentes y de carácter preventivo que se realizan para evitar que se dañe la vía. Los efectos del tránsito se contrarrestan con la conservación o mantenimiento periódico que comprende un conjunto de actividades y de obras para recuperar las condiciones iniciales de la vía como es el caso de la colocación de refuerzos o recapados en los pavimentos asfálticos o la reposición de material granular en los caminos afirmados.

#### 4.2.2 Deterioro de los Pavimentos

Si se realiza la construcción de una vía asfaltada (calzada y demás elementos) con buen diseño, materiales adecuados, estricto control de calidad y en condiciones óptimas y se observa su comportamiento en el tiempo bajo las agresiones del tránsito y del clima, en ausencia de conservación, se notará un deterioro acelerado en función del tiempo, este ciclo consta de cuatro etapas claramente diferenciadas.

La evolución de los daños y la degradación del estado de la vía, en función del tiempo, toma la forma de la figura N° 4.01.



La primera fase (A) del ciclo es la de “Construcción”, que, como su nombre lo indica, consiste en la construcción del camino (tenga este o no un proyecto definido y el proceso constructivo se ajuste o no a las normas establecidas) que, una vez terminado, entra en funcionamiento en excelentes condiciones y listo para satisfacer las necesidades de los usuarios.

La fase siguiente (B) es la de “Deterioro lento y poco visible”, que dura cierta cantidad de años, en los cuales el camino se desgastará y debilitará lentamente; lo que más se deteriorará será la superficie del pavimento en sí, pero también habrá desgaste de la estructura general. Los factores que influyen en el desgaste son variados y van desde el volumen de tránsito de vehículos ligeros o pesados, el peso de la carga que transportan estos últimos (exceso de carga), hasta las condiciones climáticas, la lluvia, la radiación solar, cambios en la temperatura, etc. Asimismo, dependerá de la calidad de la construcción inicial.

A pesar de la importancia del mantenimiento rutinario para la buena conservación de los caminos, en muchos países a lo largo del mundo, estos procedimientos de mantenimiento son prácticamente nulos; el principal motivo de esto es el financiamiento insuficiente, ya sea porque son escasos o porque estos recursos se destinan a mejorar caminos en muy mal estado en vez de conservar la calidad de los no tan deteriorados.

La tercera fase (C) se denomina de “Deterioro acelerado y quiebre”. En esta fase, el pavimento y los otros elementos del camino empiezan a “agotarse”, y el camino, a la misma cantidad de tráfico, empieza a resistir menos y a deteriorarse más. Al inicio de esta etapa, el camino aun se ve bien para los usuarios: casi no presenta fallas en la superficie y no se percibe ningún tipo de falla estructural. Sin embargo, conforme pasan los meses, los daños empiezan a notarse en la superficie, siendo estos cada vez más severos y frecuentes. En este punto que se puede asegurar que la estructura de la vía está seriamente dañada.

Los daños empiezan en lugares puntuales, pero se van extendiendo hasta que se convierten en algo generalizado. Generalmente esta fase dura entre dos y cinco años, tiempo relativamente corto, puesto que una vez que el daño se generaliza, la destrucción se acelera cada vez más. Por eso, en un esquema

sano de conservación vial, el camino debería reforzarse al inicio de esta fase, de modo que se evite el deterioro acelerado del camino, se mantenga intacta la estructura básica existente y se asegure la capacidad estructural del camino de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro periodo prolongado.

Los costos de reforzar la superficie de los caminos (lo necesario al inicio de la fase C) son relativamente bajos; en el caso de los caminos pavimentados, el refuerzo de la carpeta asfáltica alcanza, aproximadamente, es el 10% del valor original del camino. Después de este refuerzo, el camino vuelve a ser adecuado para la circulación por muchos años más. Sin embargo, dado que al inicio de la fase C el deterioro no es perceptible y los vehículos no sienten la diferencia, no se interviene a tiempo y, con el paso del mismo, un refuerzo que habría servido al inicio de la fase C ya no es suficiente: deberán repararse los daños estructurales (destruir y volver a construir las partes dañadas), y luego colocar el refuerzo sobre toda la superficie del camino. Este proceso de reparar el camino, tanto superficial como estructuralmente, es denominado "rehabilitación". Asimismo, debe mencionarse que, aunque al inicio y durante la mayor parte de la fase C los daños no son perceptibles, poco a poco los vehículos irán sintiendo molestias producto de las irregularidades de la superficie: al finalizar la fase C y durante la D, la única alternativa es la de reconstruir completamente el camino, solo que ya no a un costo de 10% del valor inicial (como el mantenimiento), sino entre un 50% y 80%.

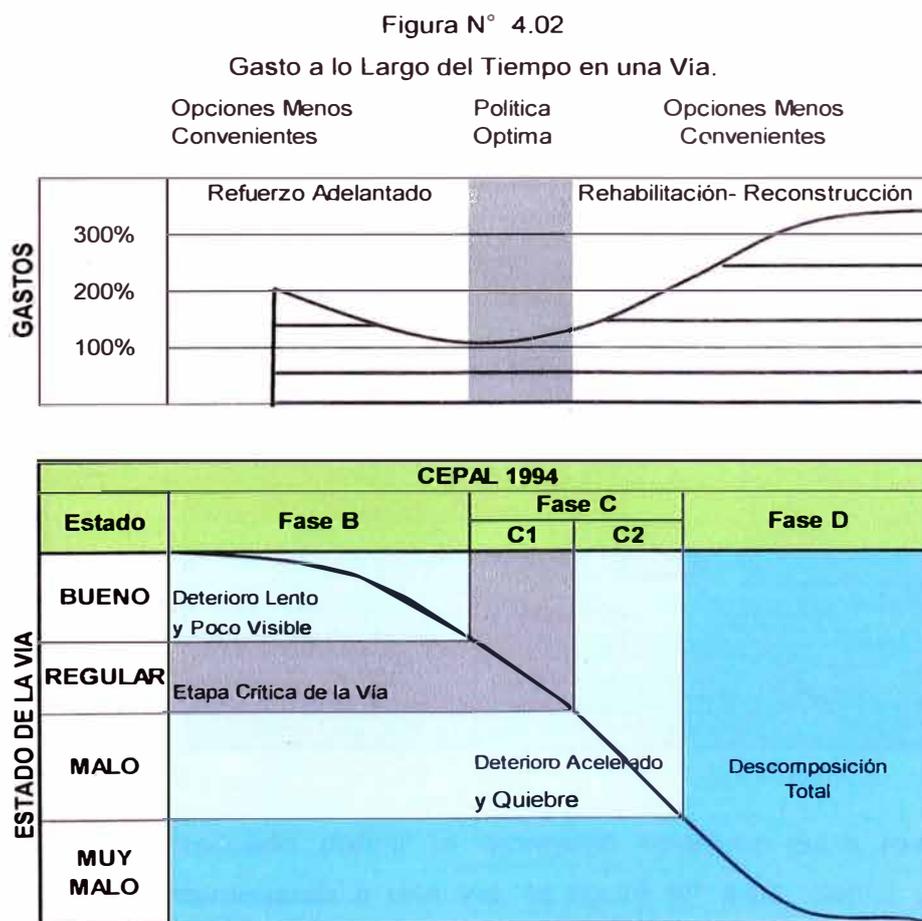
La última fase (D) es la de la "Descomposición total", en la cual el camino se encuentra en la fase final de su vida útil y termina por destruirse totalmente. Lo primero en notarse es la pérdida del pavimento (con el paso de vehículos pesados, este empieza a desprenderse por pedazos); los vehículos empiezan a deteriorarse, producto del mal estado de la pista, y a sufrir serios daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y chasis; esto genera un aumento en los costos de operación de los vehículos y en la cantidad de accidentes.

#### **4.2.3 Esquema de Conservación**

Existe un momento preciso para la intervención de mantenimiento de las vías, este sería al inicio de la fase C. Sin embargo, debe mencionarse que hay un

costo por realizar las labores de conservación antes de ese momento y otros por realizarlas demasiado tarde. En el primer caso, al efectuar el mantenimiento anticipadamente se está perdiendo la oportunidad de rentabilizar el dinero por ese periodo de tiempo (costo de oportunidad del capital); pero, por otro lado, si el mantenimiento se efectuara demasiado tarde, se podrían generar daños estructurales en el camino y la pérdida sería mucho mayor, pues ya no se necesitaría una intervención sencilla para repararlo, sino algo más complejo y costoso.

Como se observa en la figura N° 4.02, el momento de intervención óptimo es aquel en que la pavimentación está en estado regular (o bueno), pues es en esta etapa que los gastos que necesitan efectuarse son menores. Asimismo, se puede observar que adelantar los refuerzos es menos costoso que retrasarlos (esta segunda opción puede terminar costado 3.5 veces más que la política óptima).

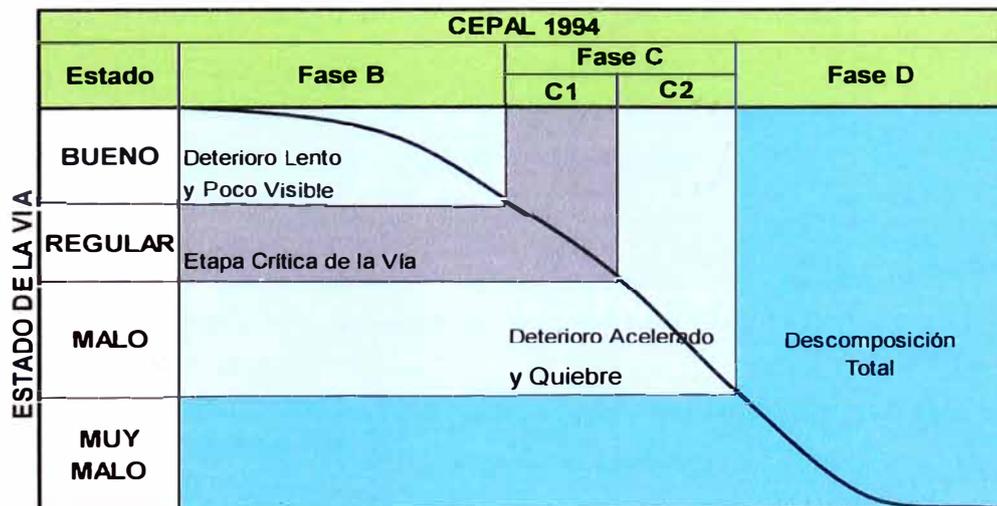
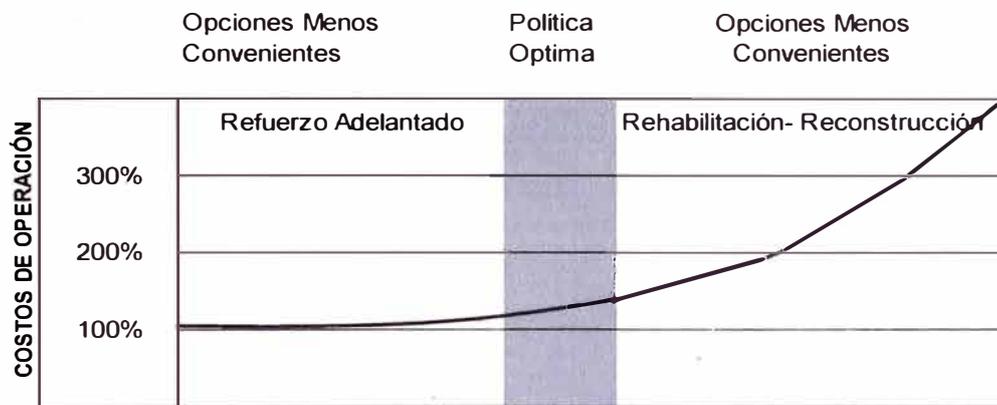


(Fuente: CEPAL)

Asimismo, es importante señalar que el deterioro no es el único efecto del mantenimiento fuera de tiempo, sino que también se aumentan los costos de operación de los usuarios, pues se deterioran sus vehículos (inicialmente menos, luego esto va agudizándose). En la figura N° 4.03 se muestra que, si la autoridad vial aplica una política de mantenimiento en el momento correcto; es decir, cuando el estado de la carretera aun es "regular", los costos de operación de los usuarios prácticamente no varían, mientras que, conforme se empieza a deteriorar más aceleradamente el estado de los caminos, este costo aumentará cada vez más rápidamente.

Figura N° 4.03

Costos de Operación de los Vehículos.



(Fuente: CEPAL)

Si bien resulta complicado definir el momento oportuno para realizar una intervención de mantenimiento a una vía, la figura N° 4.04, define un criterio lógico para ser considerado por los especialistas en conservación para

determinar el momento y nivel de intervención de una vía, la figura integra la metodología del PCI y los conceptos descritos por la CEPAL para catalogar las fases de deterioro.

Figura N° 4.04  
Criterios de Intervención.

PCI		CEPAL				NIVEL DE INTERVENCIÓN
Índice	Estado	Estado	Fase B	Fase C C1 C2	Fase D	
71-100	BUENO	BUENO	Etapa crítica de la vía			MANTENIMIENTO
31-70	REGULAR	REGULAR				REHABILITACIÓN
0-30	MALO	MALO				RECONSTRUCCIÓN
		MUY MALO				
			Deterioro Lento y Poco Visible	Deterioro Acelerado	Descomposición Total	

(Fuente: Elaboración Propia)

## CAPÍTULO V: APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI

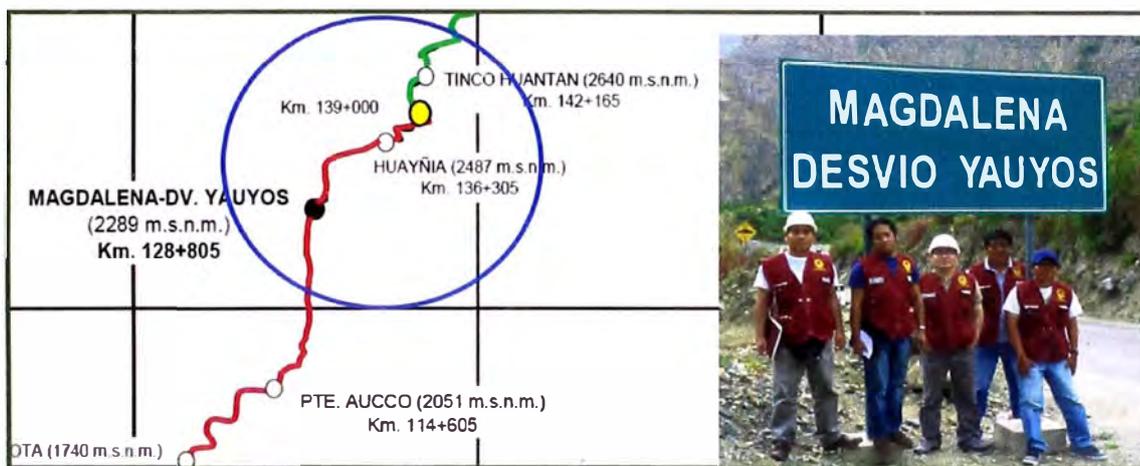
### 5.1 INSPECCIÓN Y METRADO DE FALLAS

#### 5.1.1. Inspección de Tramo

El tramo evaluado corresponde desde el km 129+000 hasta el km 134+000, iniciando la evaluación cerca del poblado de Huayña a 2487m.s.n.m. para terminar en el poblado de Magdalena a 2289m.s.n.m., el gráfico N° 5.01 muestra la ubicación del tramo evaluado.

Figura N° 5.01

Ubicación de Tramo Evaluado.



(Fuente: Elaboración Propia)

#### a.- Geología

Del km. 128+800 al km 145+300 presenta las siguientes características:

El trazo ingresa a un sector donde afloran las rocas Jusásicas-Cretácicas de la formación Oyon-Chimú, la roca es arenisca, resistente a moderadamente resistente al golpe del martillo, fracturada, color gris negruzco.

Pasando la quebrada Yauyos, está el caserío de Huanmuchaca en el Km. 130+000 aprox. y en el Km. 130+320 se sitúa la quebrada Cocache, que ha traído huaycos. Se presentan problemas por la presencia de materiales coluviales debido a que son fácilmente erosionables por el agua de lluvia.

Se presenta roca volcánica a partir del Km. 133+450, en cortes altos. En la quebrada Huayña, donde se ubica la localidad del mismo nombre (Km.

133+300) existen materiales de antiguos deslizamientos y afloramientos de rocas volcánicas andesíticas.

#### **b.- Trazo Topográfico de la vía**

**Del km 126 + 000 al km 133 + 000 presenta las siguientes características.**

El alineamiento del tramo es sinuoso con radios que varían entre 60 y 450, excepcionalmente se presentan radios de 30 y 45m, específicamente entre el Km. 130 + 200 y Km. 130 + 400, dichas curvas se obtienen por lo agreste de la zona y taludes de gran altura. El perfil obtenido se presenta poco sinuoso con pendiente ascendente que varía entre +1.60% a +4.00%.

Entre el Km. 130 + 522 al Km. 131 + 024 la pendiente desarrollada es de +7.20%.

**Del km 133 + 000 al km 140 + 000 presenta las siguientes características.**

El trazo se desarrolla sobre un terreno accidentado, encontrándose más de 7 curvas por kilómetro. Los radios obtenidos varían entre 40m y 800m. El alineamiento se desarrolla con cortes a media ladera entre el km 139 + 220 al km 139 + 400

El relieve del terreno presenta leves ondulaciones con una pendiente promedio ascendente de +4.5% hasta el Km. 136 + 800 y en el restante, con una pendiente de +2.0%.

#### **c.- Carpeta de rodadura**

El tipo de carpeta de rodadura que presente de un tratamiento superficial monocapa

#### **d.- Estudio de Tráfico**

El IMD del tramo evaluado se compone principalmente por:

Transporte de carga 47%

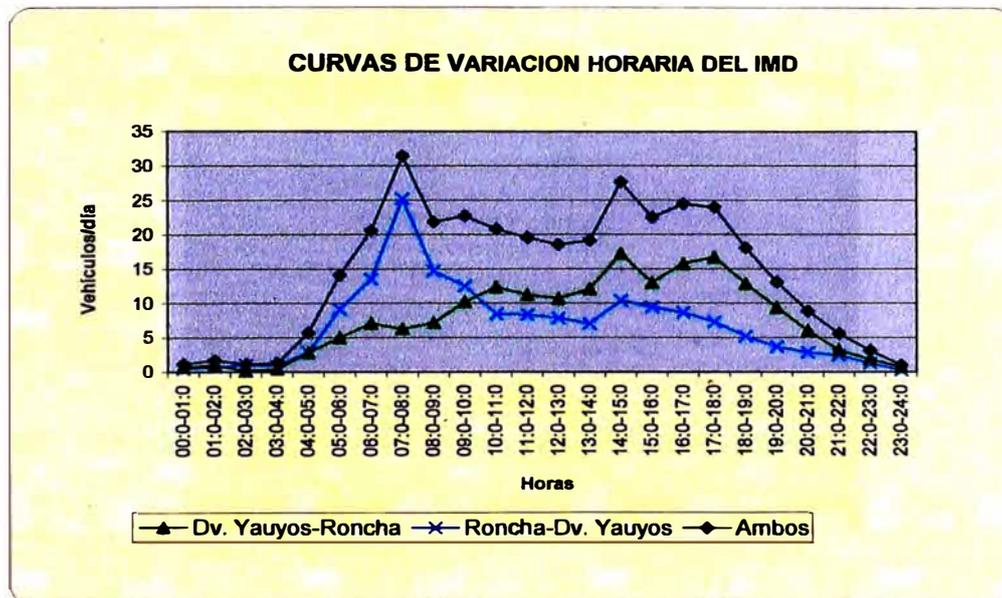
Transporte público 29%

Vehículos ligeros 24%

La figura N° 5.02 muestra la variación horaria del IMD en el tramo del km 129+000 al km 134+000.

Figura N° 5.02  
Variación Horaria del IMD.

**ESTACION RONCHAS E5**



Fuente: Aforo vehicular (mayo 2008)

(Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras)

### 5.1.2. Metrado de Fallas

Para el relevamiento de fallas se usan formatos que son mostrados en el anexo N° 03. Los tipos de fallas encontradas son:

- Baches leves (figura N° 5.03).
- Baches moderados (figura N° 5.04).
- Falla de borde (figura N° 5.05).
- Falla en bloque (figura N° 5.06).
- Falla en longitudinal (figura N° 5.07).

Figura N° 5.03  
Bache leve.



(Fuente: Salida de Campo – Nov. 2010)

Figura N° 5.04  
Bache Moderado.



(Fuente: Salida de Campo – Nov. 2010)

Figura N° 5.05  
Falla de Borde.



(Fuente: Salida de Campo – Nov. 2010)

Figura N° 5.06  
Falla en Bloque.



(Fuente: Salida de Campo – Nov. 2010)

Figura N° 5.07  
Falla Longitudinal.



(Fuente: Salida de Campo – Nov. 2010)

## 5.2 PROCESO Y CÁLCULO DEL PCI

Para el procesamiento de los datos se dividió el tramo en secciones de 50m de largo, obteniendo 100 secciones en los 5 km. Para el cálculo del PCI se siguió el procedimiento explicado en el Capítulo III – 3.3 Proceso para el cálculo del PCI.

El cálculo del PCI por km se describe en el cuadro N° 5.01

Cuadro N° 5.01  
Valores de PCI en Tramo Evaluado.

Progresivas		PCI
129+000	130+000	68
130+000	131+000	72
131+000	132+000	70
132+000	133+000	70
133+000	134+000	70

(Fuente: Elaboración propia)

## 5.3 MODELO DE DETERIORO

El tramo evaluado no presenta antecedentes de que se haya realizado evaluaciones de PCI, motivo por el cual dificulta predecir el comportamiento de la vía a través de un modelo de deterioro.

En base a la evaluación en campo e índice de condición del pavimento obtenido, a través del proceso de cálculo, la vía puede catalogarse en estado regular (ver cuadro N°3.02).

El tramo evaluado tiene un tratamiento superficial monocapa, debido al incremento del tránsito de vehículos está empezando a dar indicios de deterioro superficial (peladura) casi en toda su extensión, motivo por el cual necesita la implementación de una política de mantenimiento que sea capaz de darle transitabilidad y confort a la vía y con resultados esperados en el tiempo.

La figura N° 5.08, muestra que la vía (del km 129+000 al km 134+000) actualmente se encuentra en estado regular, esto se determina en base al PCI obtenido y catalogo de fases de deterioro descritos por la CEPAL.

Figura N° 5.08  
Estado de la Vía (km 129+000 – km 134+000).

PCI		CEPAL				NIVEL DE INTERVENCIÓN
Índice	Estado	Estado	Fase B	Fase C C1 C2	Fase D	
31-70	BUENO	BUENO	Etapa crítica de la vía			MANTENIMIENTO
	REGULAR	REGULAR				REHABILITACIÓN
0-30	MALO	MALO				RECONSTRUCCIÓN
		MUY MALO				
			Deterioro Lento y Poco Visible	Deterioro Acelerado	Descomposición Total	

(Fuente: Elaboración Propia)

## 5.4 PROPUESTA DE POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

En base a los resultados obtenidos mediante la evaluación superficial de la condición del pavimento según la metodología del PCI, se propone una política de mantenimiento que será capaz de regresar a la vía a sus condiciones iniciales de servicio, y conservarla en el tiempo de diseño.

### 5.4.1 Fase Pre Operativa

#### A.- Situación Actual

El relevamiento de fallas y procesamiento de las mismas a través de la metodología del PCI indica que la vía se encuentra en un estado regular de funcionalidad desde el km 129+000 al km 134+000.

Entre las fallas encontradas se tiene: baches, falla de borde, falla longitudinal, falla en bloque y peladura superficial casi en la totalidad del tramo (para mayor detalle referirse al inciso 5.1.2. metrado de fallas)

Referente a las obras de drenaje, el tramo presenta alcantarillas colmatadas por rocas y cantos rodados, las cunetas son sin revestir lo que acelera el deterioro del pavimento.

### **B.- Programa de Conservación Vial**

La figura N° 5.08 muestra el cronograma de intervención para el tramo de la carretera, para regresar a las condiciones iniciales se considera dos niveles de intervención.

#### **• Conservación Periódica.**

En el año 03 de iniciado los servicios de conservación (ver figura N° 5.08), se realizará un tratamiento superficial, pasando del estado actual (monocapa) a una bicapa.

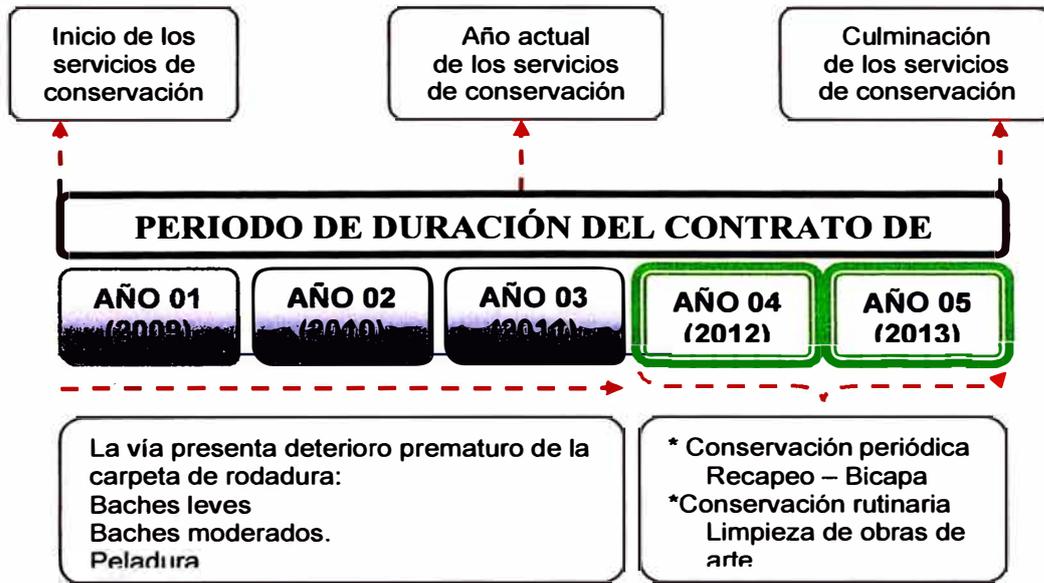
El tratamiento superficial debe garantizar la funcionalidad de la vía de acuerdo a los niveles de servicio exigido por la entidad, siendo el único tratamiento que se haga a la capa de rodadura hasta el término del contrato de conservación.

#### **• Conservación Rutinaria.**

Los trabajos de conservación rutinaria se desarrollarán de forma diaria, de tal manera que garantice la conservación del pavimento durante el plazo que resta el contrato de conservación, los trabajos consisten en:

- Eliminación de desmonte manual.
- Poda, corte y retiro de árboles.
- Limpieza de obras de arte (cunetas, alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones).
- Limpieza de la calzada y bermas.
- Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto.
- Sello de Fisuras
- Bacheo superficial y profundo localizado

Figura N° 5.09  
 Programa de Conservación Vial.



(Fuente: Elaboración Propia)

### 5.4.2 Fase Operativa

Para la fase operativa, se pondrá en marcha lo planificado en la fase pre operativa, para ello se deben ceñir a los términos de referencia del contrato, normas vigentes de diseño, y legislación vigente referida al cuidado medio ambiental.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del PCI como metodología para determinar la condición de un pavimento da mucha ventaja porque permite clasificar, cuantificar y medir la condición presente del pavimento, proporcionando una base objetiva para determinar políticas de mantenimiento.
- Un continuo monitoreo del PCI permite establecer un modelo de deterioro, que sirve para identificar con anticipación las necesidades de conservación que luego se plasmarán en políticas de mantenimiento.
- La adecuada clasificación de los niveles de intervención, permitirá orientar mejor las funciones, plazos, recursos y responsabilidades, resultando más fácil el seguimiento y control de las metas.
- En el tramo evaluado se aprecia que trabajos recién ejecutados están presentando fallas prematuras producto de los trabajos mal ejecutados, lo que conlleva a la necesidad de implementar herramientas de gestión para el aseguramiento de la calidad.

## RECOMENDACIONES

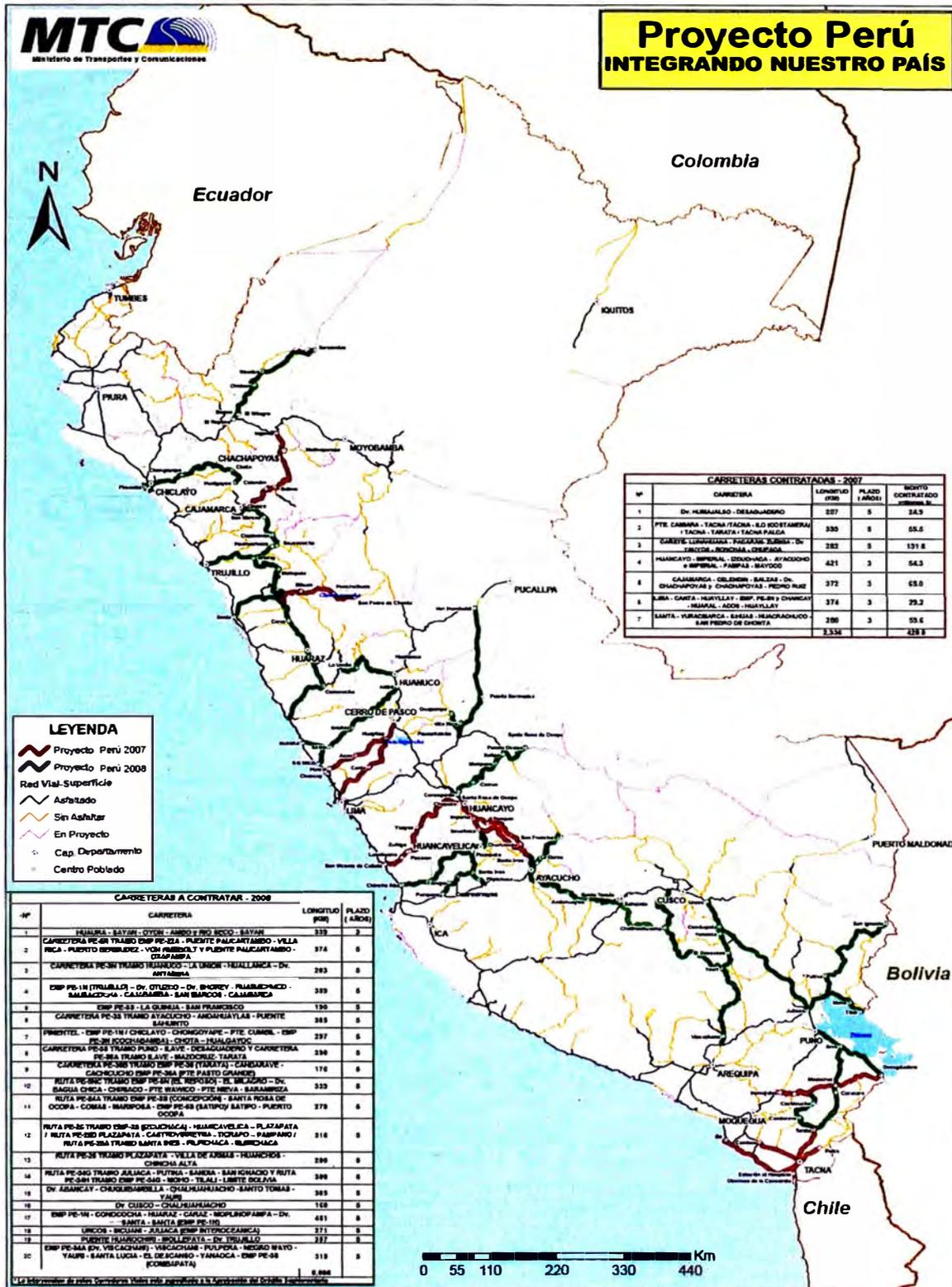
- Se recomienda tomar medidas del PCI en diferentes intervalos de tiempo, así se obtendrá una proyección de la curva de deterioro más ajustada al comportamiento real del pavimento, de ello dependerá la eficacia de las políticas de mantenimiento adoptadas.
- Las políticas de mantenimiento implementadas en base a la evaluación de la condición superficial del pavimento por el método del PCI no bastarán para garantizar la conservación del pavimento, ya que no considera el contorno del pavimento, por ello se recomienda realizar evaluaciones integrales (pavimento, obras de arte, taludes, señalización, etc.) antes de establecer políticas de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma ASTM D6433-07, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, Diciembre del 2007
2. American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma ASTM D6433-03, Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. Versión en español Publicado en Diciembre del 2003.
3. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, Catálogo de Deterioro de Pavimentos Flexibles, Vol N° 11, México, 2002.
4. Gutiérrez Lazares, José Wilfredo; Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú, Tesis de Maestría, UNIFIC, Lima-Perú, 2007.
5. MTC, Provias Nacional; Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras, 2007.
6. Vásquez Valera, Luís Ricardo; Ingeniería de Pavimentos (INGEPAV), Manizales – Colombia, 2002.

ANEXOS

Anexo N°01, Plano Vial Proyecto Perú.



(Fuente: Página web del MTC)

Anexo N°02, Trazo de la Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga -  
Dv. Yauyos-Ronchas - Chupaca.



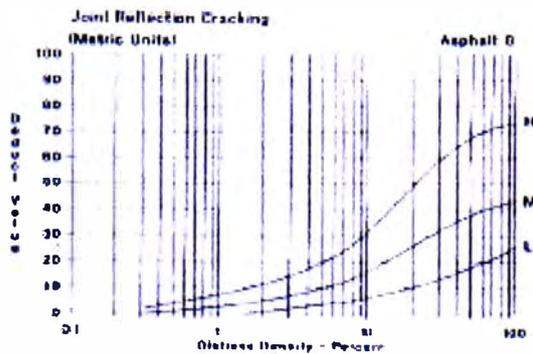
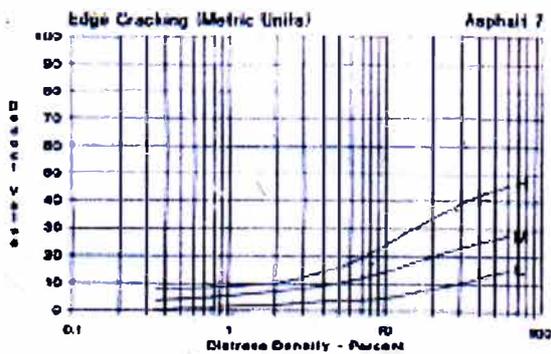
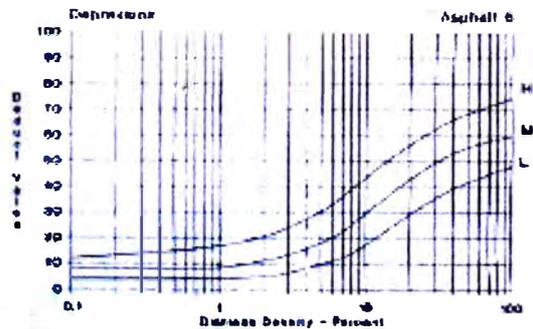
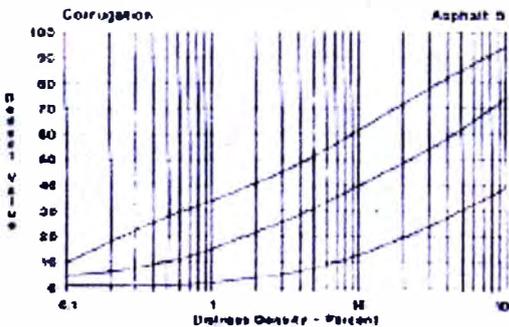
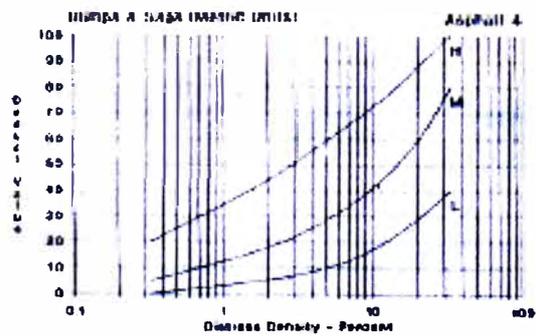
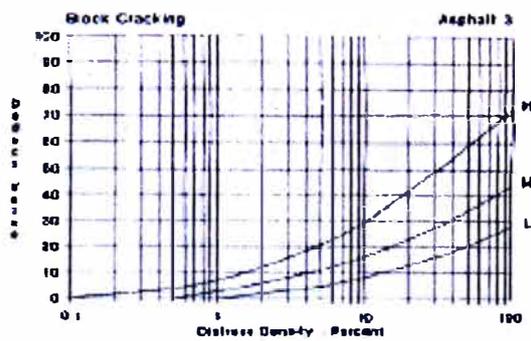
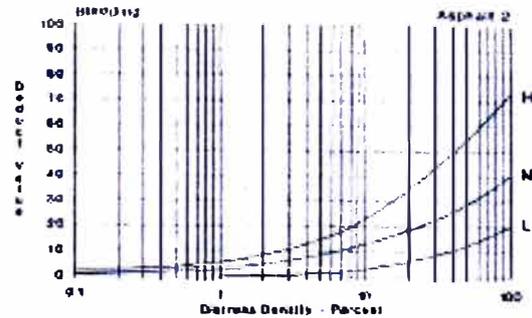
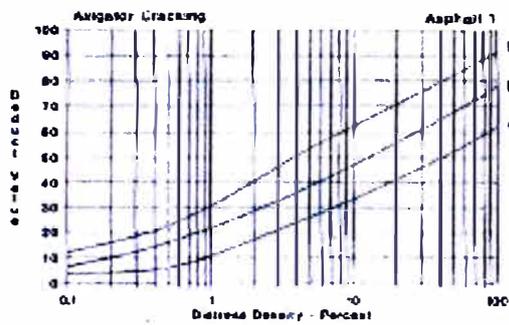
(Fuente: Página web del MTC)

Anexo N°03, Formato de Relevamiento de Fallas

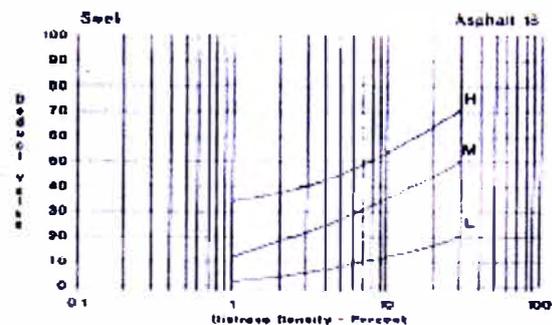
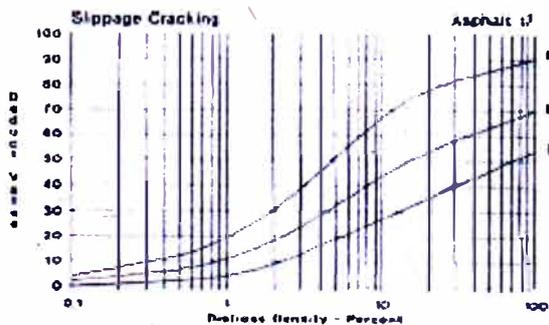
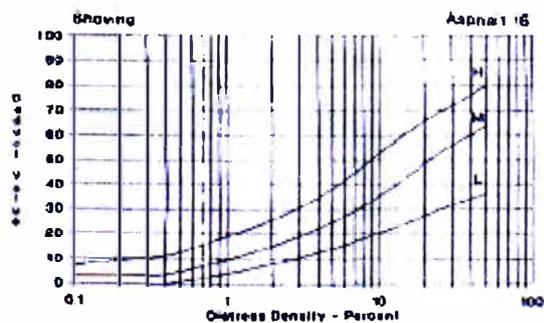
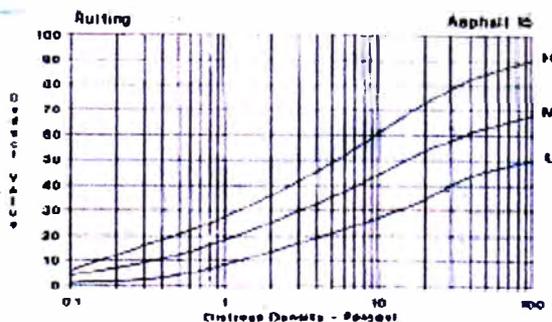
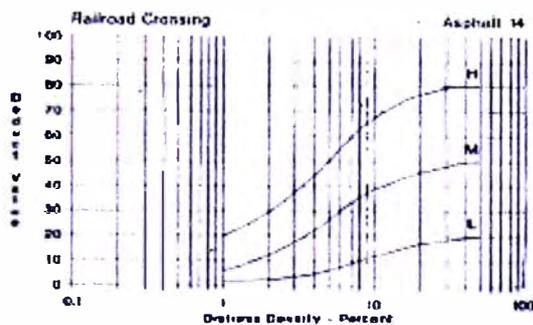
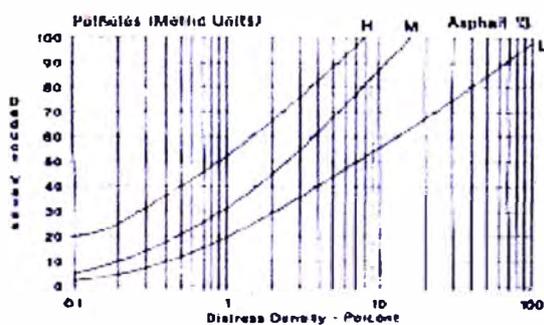
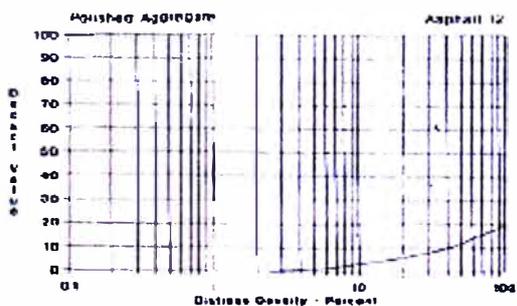
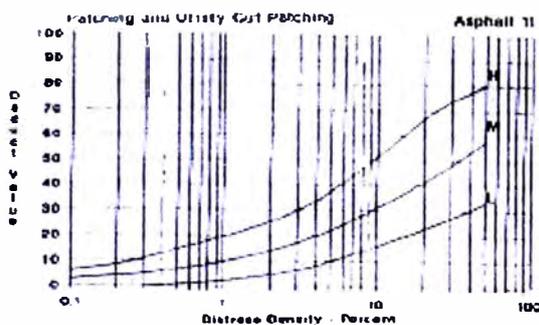
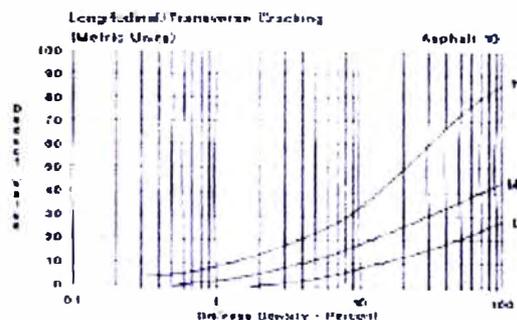
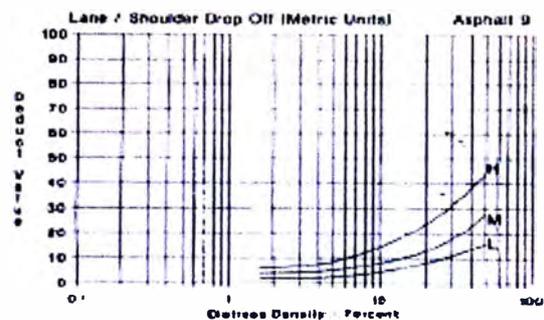
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2010-II EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL POR EL METODO DEL PCI</p>							
<b>CONDICIÓN DE PAVIMENTO</b>								
<b>CARRETERA:</b>	Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca	<b>Pavimento:</b>	T.S. Monocapa					
<b>TRAMO</b>	129+000      129+050	<b>AREA (m2):</b>	215.00					
<b>EVALUADOR:</b>	Walter P. Melendez Torres	<b>FECHA:</b>	27/11/2010					
<b>NUMERACION DE FALLAS</b>								
1	Piel de cocodrilo	7	Grietas de Borde	13	Huecos			
2	Exudacion	8	Gr. De R. Juntas	14	Acceso a Puentes			
3	Grietas en bloque	9	Desnivel Calzada Hombrillo	15	Ahuellamiento			
4	Elev. Y Hundimiento	10	Grietas Long. Y Trans.	16	Deformacion por Empuje			
5	Corrugaciones	11	Bacheo y zanjas Reparadas	17	Grietas de deslizamientos			
6	Depresiones	12	Agregado Pulido	18	Hinchamientos			
	Severidad: H=Alta		M= Media		L= Baja			
19					Peladura			
<b>VALOR DEDUCIDO POR FALLAS</b>				<b>ITERACION PARA CALCULO DE VDC max</b>				
i	Codigo	Area (m2)	% Incidencia	VDi	Vdi	Densidad Total	q	VDC
1	11L	0.48	0.22	4.00	13.00	16.96	2	12.00
2	11M	3.60	1.67	13.00	4.00	15.00	1	15.00
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Calculo del PCI, de acuerdo a la norma ASTM-D6433-03				<b>VALOR MAXIMO ADMISIBLE DE VD</b>				
				$m=1+(9/98)(100-HDV) \leq 10$				
				HDV=	13.00	m=	8.99	
<b>RESULTADO</b>								
VDC max=				15.00				
PCI				85.00				
Condicion=				Bueno				
<b>OBSERVACIONES:</b>								

(Fuente: Elaboración Propia)

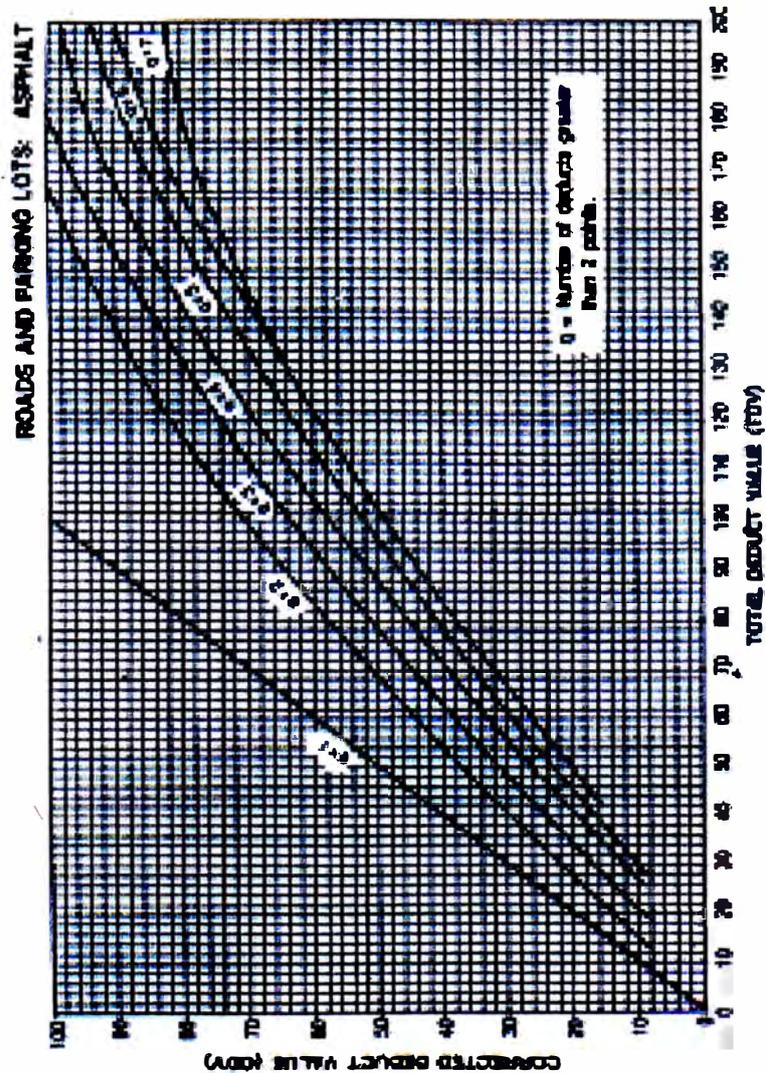
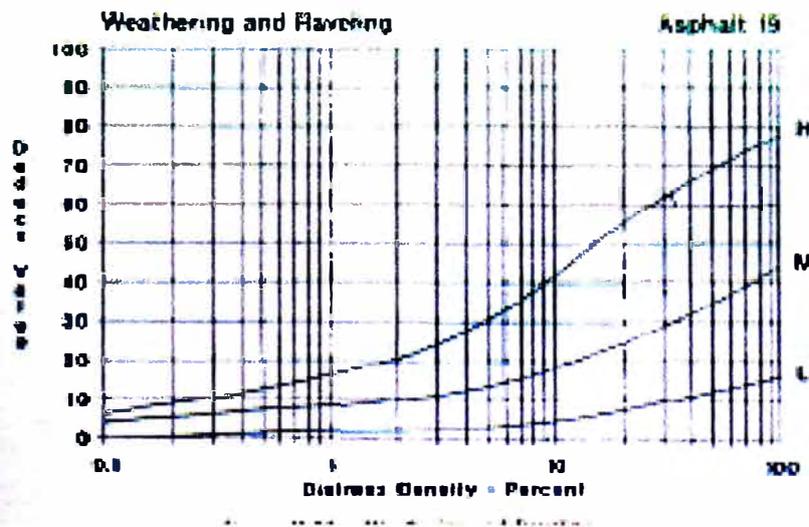
Anexo N°04, Ábacos para el Cálculo de Valores de Deducción y Valor de Deducción Corregido.



(Fuente: INGPAV)



(Fuente: INGEPAV)



(Fuente: INGPAV)