

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



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO CON LA  
VIGA BENKELMAN – MODELO MATEMÁTICO,  
CARRETERA CAÑETE – CHUPACA  
POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ROBERTO ESCALANTE LORENZO**

**Lima – Perú**

**2011**

DEDICATORIA:

**“Para todas las personas que me brindaron su experiencia,  
respeto, paciencia y amor”**

	Pag.
ÍNDICE	
RESUMEN	1
LISTA DE CUADROS	2
LISTA DE TABLAS	2
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE FOTOS	3
LISTA DE ECUACIONES	3
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	4
INTRODUCCIÓN	5
<b>CAPÍTULO I: POLÍTICA DE CONSERVACIÓN EN CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	7
1.1 GESTIÓN VIAL	7
1.2 CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL	7
1.3 ESTADO DEL ARTE DE CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	9
1.3.1 Carreteras de bajo volumen de tránsito	9
1.3.2 Pavimentos no convencionales o económicos	10
1.3.3 Evaluación estructural a través de la viga Benkelman	12
1.4 MODELAMIENTO DE SISTEMA DE GESTIÓN A NIVEL DE PROYECTO.	13
1.5 MODALIDADES DE CONTRATACIÓN	16
1.5.1 Por niveles de servicio	16
1.5.2 Por microempresas	17
<b>CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARRETERA CAÑETE- CHUPACA DEL KM 74+000 AL KM 84+000</b>	18
2.1 ESTADO DE LA CARRETERA	18
2.1.1 Ubicación	18
2.1.2 Geometría	19
2.1.3 Aspecto Estructura	21
2.1.4 Aspecto Funcional	24
2.1.5 Cambio estándar	26
2.1.6 Concesionaria	30
2.2 ASPECTOS CONDICIONANTES	31
2.2.1 Tráfico	31

2.2.2	Aspecto climatológico	32
2.2.3	Aspectos geotécnico	33
2.2.4	Aspecto hidrológico	33
2.3	SECTORIZACIÓN DEL PROYECTO	34
	<b>CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA LA CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA CAÑETE-CHUPACA DEL KM 74+000 AL KM 84+000</b>	37
3.1	DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CURVA DE DETERIORO – MÉTODO MATEMÁTICO.	37
3.1.1	Patologías del pavimento	37
3.1.2	Sintomatología del deterioro	37
3.1.3	Diagnóstico del deterioro	40
3.1.4	Evaluación de la curva de deterioro	42
3.2	APLICACIÓN DEL HDM-III	43
3.2.1	Control de Análisis	44
3.2.2	Datos de la carretera	44
3.2.3	Datos del vehículo	45
3.2.4	Estrategias	46
3.2.5	Salida de datos	47
3.3	COMPARACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	47
3.4	CRITERIOS DE CONSERVACIÓN	49
3.4.1	Mantenimiento Rutinario	51
3.4.2	Mantenimiento Periódico	52
3.5	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	53
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFÍA	59
	ANEXOS	61
	Anexo A: Ejecución del Programa HDM III	62
	Anexo B: Técnicas de conservación funcional para la base estabilizada con recubrimiento bituminoso.	71

## RESUMEN

El presente informe busca principalmente identificar y programar las políticas de mantenimiento de la carretera Cañete-Chupaca, en el tramo del Km 74+000 hasta el Km 84+000. Estas políticas se enfocan del punto de vista estructural, haciendo uso de una característica del pavimento que es la deflexión. Para medir esta deflexión se utilizó la Viga Benkelman, equipo que fue muy popular hasta los años noventa, actualmente existen equipos con mayor precisión.

Para aplicar las políticas de mantenimiento a nivel estructural es necesario determinar el tiempo de intervención, entendiéndose intervención como las actividades que se ejecutan para conservar la vía. El momento de intervención se obtiene de la curva de deterioro del pavimento, que es posible graficarla a través de la deflexión.

La carretera en estudio no cuenta con información suficiente, para poder generar la curva de deterioro, por ello se recurrió al uso de un programa para generar dicha curva a través de otros parámetros de la vía. El programa utilizado, pertenece al Banco Mundial, denominado Modelo Estándar de Diseño y Mantenimiento de Carreteras (HDM versión 3.0). De este modelo sólo se evaluará lo correspondiente al deterioro y al mantenimiento dejando de lado la parte económica. Una vez que se cuenta con dicha gráfica, ésta se contrastará con los resultados inferidos a través del método mecánico.

Desde el punto de vista estructural, los resultados que arroja el programa HDM, versión 3.0, difieren mucho de los obtenidos por el método mecánico. El método mecánico no es determinante pero se ajusta mejor al comportamiento real de un pavimento, mientras que, el HDM contempla un deterioro casi nulo, esta respuesta es muy poco probable. Por tanto, para realizar la evaluación estructural de la carretera Cañete-Chupaca a través del método HDM, sería no recomendable.

Y desde el punto de vista funcional, el programa HDM, si manifiesta un comportamiento real del pavimento. Por tanto, a este nivel si se recomienda su aplicación.

### **LISTA DE CUADROS**

		<b>Pag.</b>
Cuadro N° 1-1	Distribución de caminos de rutas nacionales en Km según su condición física y porcentaje de incidencia.	10
Cuadro N° 2-1	Descripción de los materiales de fundación	22
Cuadro N° 2-2	Tipo de superficie de rodadura antes y después de la intervención	29
Cuadro N° 2-3	Espesores de la estructura del pavimento por tramos, luego de la intervención.	29
Cuadro N° 2-5	Cuadro resumen de los IMD de tráfico por tramos, año 2008	32
Cuadro N° 2-6	Resumen de precipitación mensual de la estación Catahuasi	34
Cuadro N° 2-7	Cuadro leyenda de la figura N° 2-8	35

### **LISTA DE TABLAS**

		<b>Pag.</b>
Tabla N° 2-1	Estado superficial en función del IRI	25

### **LISTA DE FIGURAS**

		<b>Pag.</b>
Figura N° 1-1	Esquema de conformación de la plataforma en una sección transversal típica	11
Figura N° 1-2	Esquema para la elaboración de un sistema de gestión para la conservación de carreteras.	13
Figura N° 2-1	Se aprecia la ubicación del proyecto	18
Figura N° 2-2	El proyecto integral se encuentra encerrado por la línea entrecortada de color rojo, mientras que el área de estudio del presente informe se encuentra encerrada con color azul.	19
Figura N° 2-3	Se aprecia un acercamiento de la zona en estudio del presente informe, entre los Km 74+000 hasta el Km 84+000	20
Figura N° 2-4	Se aprecia un esquema de la sección típica de la carretera	20
Figura N° 2-5	Se muestra de izquierda a derecha, la incidencia de las deformaciones por cada capa de material y el bulbo de esfuerzos.	23
Figura N° 2-6	Bosquejo de sección típica para el tramo Pacarán-Catahuasi	30
Figura N° 2-7	Bosquejo de sección típica para el tramo Catahuasi-Km 227+000	30
Figura N° 2-8	Se aprecia el perfil altitudinal del proyecto	33

Figura N° 2-9	Sectorización de la carretera Cañete-Chupaca	36
Figura N° 3-1	Se muestra la curva de deterioro y la ubicación del umbral de serviciabilidad.	41
Figura N° 3-2	Ventana de bienvenida del modelo, con la línea entrecortada se muestran los aspectos a analizar	44
Figura N° 3-3	Ventana de salida del modelo, con la línea entrecortada se muestran los aspectos a analizar	47
Figura N° 3-4	Se aprecia el comportamiento de los valores del IRI de cada estrategia a través del tiempo	48
Figura N° 3-5	Se aprecia el comportamiento de los valores del Número Estructural (SN) de cada estrategia con respecto al número de ejes equivalentes	49
Figura N° 3-6	Comportamiento de las condiciones tanto funcional como estructural	50
Figura N° 3-7	Se muestra los tipos de tratamientos que se pueden aplicar	50

### LISTA DE FOTOS

		<b>Pag.</b>
Foto N° 1-1	Se muestra la Viga Benkelman y su instalación. Este instrumento forma parte de los equipos no destructivos.	12
Foto N° 2-1	Se aprecia la sinuosidad de la carretera y la variación en el ancho de la vía	21
Foto N° 2-2	Colocación de lechada asfáltica (Slurry seal)	27
Foto N° 3-1	Algunas actividades correspondientes al mantenimiento rutinario	52
Foto N° 3-2	Atención de Emergencias	53
Foto N° 3-3	Consecuencias debido al mejoramiento de la carretera	54

### LISTA DE ECUACIONES

<b>Ecuación</b>	<b>Descripción</b>
Ec. 2-1	Relaciona entre el IRI con el PSI

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

<b>Sigla</b>	<b>Descripción</b>
HDM	: Highway Design and Maintenance
EBM	: Expenditure Budgeting Model
IMD	: Índice Medio Diario, es el número promedio de vehículos medidos en un promedio de 24 horas.
MOP	: Ministerio de Obras Publicas del Gobierno de Chile
FWD	: Falling Weight Deflectometer
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
END	: Ensayo no destructivo
OGPP	: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto
MDS	: Máxima Densidad Seca
IRI	: Índice de Rugosidad Internacional
PSI	: Índice de serviciabilidad Presente
m.	: metros
Km	: kilómetros



## INTRODUCCIÓN

Bien es sabido que las carreteras son un medio de desarrollo, ya que unen a las personas con los mercados y los servicios. De todas las carreteras de bajo volumen de tránsito que existe en el Perú, la mayoría de estas se encuentran a nivel de afirmado y trocha pero muy pocas cuentan con una política de mantenimiento. Ante esta realidad se están implementando trabajos a este nivel de exigencia, considerando un tipo de pavimento económico que sea aplicable a las condiciones del lugar, tanto en los materiales como a las condiciones climáticas.

En el presente informe se tocan los siguientes aspectos:

En el Capítulo I: Políticas de conservación en carreteras de bajo volumen de tránsito. Este capítulo hace mención a los conceptos básicos sobre: gestión aplicadas a carreteras, conservación y mantenimiento vial, definición de carreteras de bajo volumen de tránsito, introducción al pavimento no convencional, evaluación estructural a través de la Viga Benkelman, modelamiento de un sistema de gestión a nivel de proyecto y finalmente las modalidades de contratación para la conservación de carreteras. Todos estos alcances nos dan una idea general de cómo se idealiza el presente trabajo y hacia qué vamos orientados.

En el Capítulo II, Situación actual de la carretera Cañete-Chupaca del Km 74+000 al Km 84+000. Haciendo mención a las condiciones reales de la carretera con énfasis en el tramo de estudio. Para ello necesitamos saber: la ubicación, el estado de la carretera (la geometría, la estructura, la funcionalidad y el cambio estándar), los aspectos condicionantes (el tráfico, el clima, la hidrología y la geotecnia) y la sectorización del proyecto. Todos estos alcances nos dan a conocer la situación actual de la zona de estudio.

En el Capítulo III, Criterios para la conservación de la carretera Cañete-Chupaca del Km 74+000 al Km 84+000. Se hace énfasis en las actividades de conservación, para ello necesitamos conocer las patologías y situaciones que ocurren en carreteras de bajo volumen de tránsito para luego evaluar la curva de deterioro obtenida a partir de su condición estructural. Se aplicará el método

HDM III para las políticas de mantenimiento y la evaluación de la condición tanto estructural como funcional del tramo asignado, los criterios de conservación y por último la evaluación de resultados. Todos estos alcances nos dan a conocer las acciones a considerar en el mantenimiento del tramo asignado.

## **CAPÍTULO I: POLÍTICA DE CONSERVACIÓN EN CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

### **1.1 GESTIÓN VIAL**

Es el conjunto ordenado de los procesos que intervienen en la planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial, la cual se encuentra constituida por la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos.

En el campo de la conservación vial, la meta de la gestión es preservar siempre las rutas en condiciones iguales o mejores que las que se establezcan como apropiadas para las necesidades de transporte de un país.

Ejemplos de aplicación existen en el mundo entero, y específicamente en Latinoamérica. Así en Chile, por ejemplo, entre los años 2003 al 2004 se implementó un programa denominado “Caminos Básicos 5000” interviniéndose 5000 km de caminos no pavimentados empleando lo que se denominó soluciones básicas o económicas.

En ese contexto, en el año 2007, se crea en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones: “Proyecto Perú”, como un programa de conservación y desarrollo de infraestructura vial que implementa un nuevo sistema de gestión vial en el País; entendiéndose por Gestión Vial, a la construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación, atención de emergencias viales, relevamiento de información y operación de la red vial nacional.

### **1.2 CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL**

El servicio de conservación vial es la prestación que se brinda a través de actividades permanentes (rutinarias) y periódicas orientadas a preservar los diferentes elementos que conforman la vía, y así garantizar que el transporte terrestre sea cómodo, seguro y económico.

La conservación, comprende el mantenimiento rutinario y periódico, la gestión socio ambiental, la prevención y atención de emergencias y la atención al usuario. El mantenimiento es la opción más importante y económica para que la vía alcance un estado aceptable en su vida útil

El mantenimiento rutinario, incluye actividades diarias a lo largo de la carretera, está orientada a retrasar en todo lo posible el proceso de degradación de las características físicas y funcionales de los elementos del camino y a prevenir y corregir los impactos ambientales negativos que puedan presentarse o que se presenten por la realización de la actividad. Asimismo, se pretende atender aspectos operativos del camino en relación con las emergencias viales menores y con el uso y defensa del camino.

El mantenimiento periódico, es el conjunto de actividades que se ejecutan, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar 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. Este mantenimiento se aplica cuando los caminos están en estado regular y antes de que las vías pasen a estar en mal estado y, en consecuencia impliquen inversiones más costosas para rehabilitarlas. De esta manera, será posible lograr un eficaz servicio vial reflejado en la transitabilidad, la seguridad vial y la comodidad de la circulación vial, al menor costo global posible.

Hoy en día, existen modelos que son capaces de evaluar estructural y funcionalmente a un pavimento, modelando su deterioro, realizando un análisis para las distintas estrategias de conservación a lo largo del ciclo de vida del pavimento y los tiempos de intervención de las estrategias, además de los costos que incurren los usuarios por su utilización durante un período determinado, es así como el HDM es usado para estos casos, por ello usaremos este modelo para la evaluación de la carretera en estudio.

## 1.3 ESTADO DEL ARTE DE CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

### 1.3.1 Carreteras de bajo volumen de tránsito

El objetivo básico de los caminos de bajo volumen (muchos de ellos no pavimentados), es proporcionar accesibilidad a pueblos, poblados, centros de servicio, centros industriales de explotación y variados tipos de zonas rurales. Además, deben permitir el tránsito de diferentes tipos de vehículos durante todas las estaciones del año, asegurar una movilidad y velocidad adecuada, garantizar seguridad a peatones, vehículos motorizados y no motorizados y controlar la emisión de polvo.

Un pavimento cumple la función principal de resistir y transmitir las cargas impuestas por el tráfico. Los caminos de bajo volumen de tránsito son aquellos cuyo IMD es menor a 400 vehículos por día, según el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial del MTC.

Para un proyecto de inversión en un camino de bajo volumen de tránsito se requiere en la actualidad cumplir con estándares mínimos de diseño geométrico (longitudinal y transversal), señalización y una ingeniería de diseño estructural de pavimentos mínima que permita garantizar la durabilidad de la solución entregada y a su vez justificar económicamente la solución escogida.

Una parte importante de los caminos de bajo volumen de tránsito se encuentra generalmente, en una proporción no pavimentados y otra proporción se encuentra con tratamientos superficiales o estructuras de pavimento asfáltico relativamente delgadas (pavimentos no convencionales o económicos).

Generalmente, para los caminos de bajo volumen de tránsito se proponen soluciones relativamente económicas en comparación a caminos que soportan mayores volúmenes, sin embargo, es común ver que para este tipo de caminos la economía se traduce en una reducción de estándares en general, así como la utilización de soluciones de pavimentación con limitado respaldo de estudios de ingeniería.

### 1.3.2 Pavimentos no convencionales o económicos

Las vías no pavimentadas en nuestro país constituyen por lo menos el 80% de la red vial nacional, ver el cuadro N° 1-1, muchas de ellas ni siquiera están inventariadas. Las vías afirmadas o enripiadas tienen muy poca durabilidad principalmente por su mala performance ante la pérdida de humedad de la calzada, lo cual no sólo origina problemas de visibilidad y contaminación, sino también elevados costos de mantenimiento. Otra característica de estas vías afirmadas es que poseen bajos volúmenes actuales de tránsito, debido en parte a que pueden resultar intransitables durante ciertos periodos del año. Esta situación hace que el análisis habitual de rentabilidad en función de los tránsitos actuales no pueda ser aplicado directamente, ya que en realidad deberían considerarse aportes de tránsitos derivados y/o inducidos, de más compleja estimación y que requieren estudios específicos. Como solución a este aspecto, puede pensarse en una consolidación inicial de la red vial que incluya estas vías y donde se planteen diseños de pavimentos económicos, de forma tal de establecer escenarios intermedios que puedan ser analizados en un futuro al mediano plazo, para establecer entonces políticas de pavimentación de mayores estándares.

Cuadro N° 1-1. Distribución de caminos de rutas nacionales en Km según su condición física y porcentaje de incidencia

	TOTALES (KM)	PAVIMENTADOS (KM)	AFIRMADOS (KM)	TROCHA (KM)
RUTAS NACIONALES	18 491,0	9 267,5	7 295,0	1 928,5
RED VIAL REGIONAL	14 266,5	1 500,0	10 991,0	1 775,5
RED VIAL RURAL O VECINAL	47 125,0	1 000,0	46 125,0	0,0
<b>RED VIAL NACIONAL</b>	<b>79 882,5</b>	<b>11 767,5</b>	<b>64 411,0</b>	<b>3 704,0</b>
<b>PORCENTAJE (%)</b>	<b>100</b>	<b>14,7</b>	<b>80,6</b>	<b>4,7</b>

Fuente: MTC / Elaborado por Pro-inversión – mayo 2006

Los caminos pavimentados de bajo volumen (pavimentos no convencionales o económicos) presentan otros problemas y condiciones especiales en comparación con los caminos pavimentados de redes principales:

- La vida útil de los pavimentos que se utiliza es relativamente corta.
- El control de pesos de camiones son escasos, produciéndose deterioros acelerados en períodos de invierno.
- Presentan alta incertidumbre respecto de los datos de tránsito.
- La calidad de los procesos constructivos tiende a ser menor, en particular cuando se utilizan técnicas constructivas semi-artesanales.
- La conservación se realiza por lo general a destiempo.
- Los sistemas de drenaje que se diseñan tienden a ser insuficientes en parte importante de la longitud del proyecto.
- Al término de su vida útil, por lo general, requieren ser re-construidos perdiendo gran parte de la inversión realizada.

Los pavimentos económicos son alternativas de solución principalmente en vías de bajo volumen de tránsito, que en el caso de Perú han cobrado especial importancia dentro del Proyecto Perú. Este pavimento económico, ver figura N° 1-1, fue constituido de la siguiente manera:

- Reconformación de la base existente.
- Reconformación de las obras de arte.
- Colocación de base estabilizada con emulsión asfáltica.
- Colocación de recubrimiento bituminoso.

Figura N° 1-1. Esquema de conformación de la plataforma en una sección transversal típica de pavimento económico.



La aplicación de pavimentos económicos puede tomar un papel preponderante, razón por la que se busca el diseño de una alternativa de solución en una vía típica representativa de la red vial nacional en zona andina, para que luego

pueda ser evaluada y adoptada como solución en otras que reúnan características similares.

### 1.3.3 Evaluación estructural a través de la Viga Benkelman

Los trabajos de conservación en carreteras, demandan de evaluaciones del tipo no destructiva (END), las mismas que durante los últimos años se han desarrollado mediante el empleo de la Viga Benkelman, este instrumento es obsoleto desde los años noventa en países desarrollados, pero en nuestro país se usa porque la adquisición de un equipo más moderno demanda una fuerte inversión.

La finalidad de este instrumento, la Viga Benkelman, es el medir la respuesta del conjunto pavimento-subrasante frente a una determinada sollicitación, carga de 8,2 Tn, ver foto N° 1-1, la medida obtenida por la viga se llama: deflexión.

La evaluación estructural, está basada en el análisis de las curvas de deflexiones medidas, utilizando para ello modelos mecanísticos y la teoría de la elasticidad. Se basa en que la deflexión máxima es un indicador de la capacidad de soporte del suelo de fundación. La base matemática para la evaluación estructural, la constituye el modelo bicapa elasto-lineal conocido como el modelo de Hogg, que es el instrumento teórico usado para la interpretación de las curvas de deflexiones.

Foto N° 1-1. Se muestra la Viga Benkelman y su instalación. Este instrumento forma parte de los equipos no destructivos.





#### 1.4 MODELAMIENTO DE SISTEMA DE GESTIÓN A NIVEL DE PROYECTO.

A continuación se detalla el proceso para la elaboración de un sistema de gestión para la conservación de una carretera a nivel de proyecto.

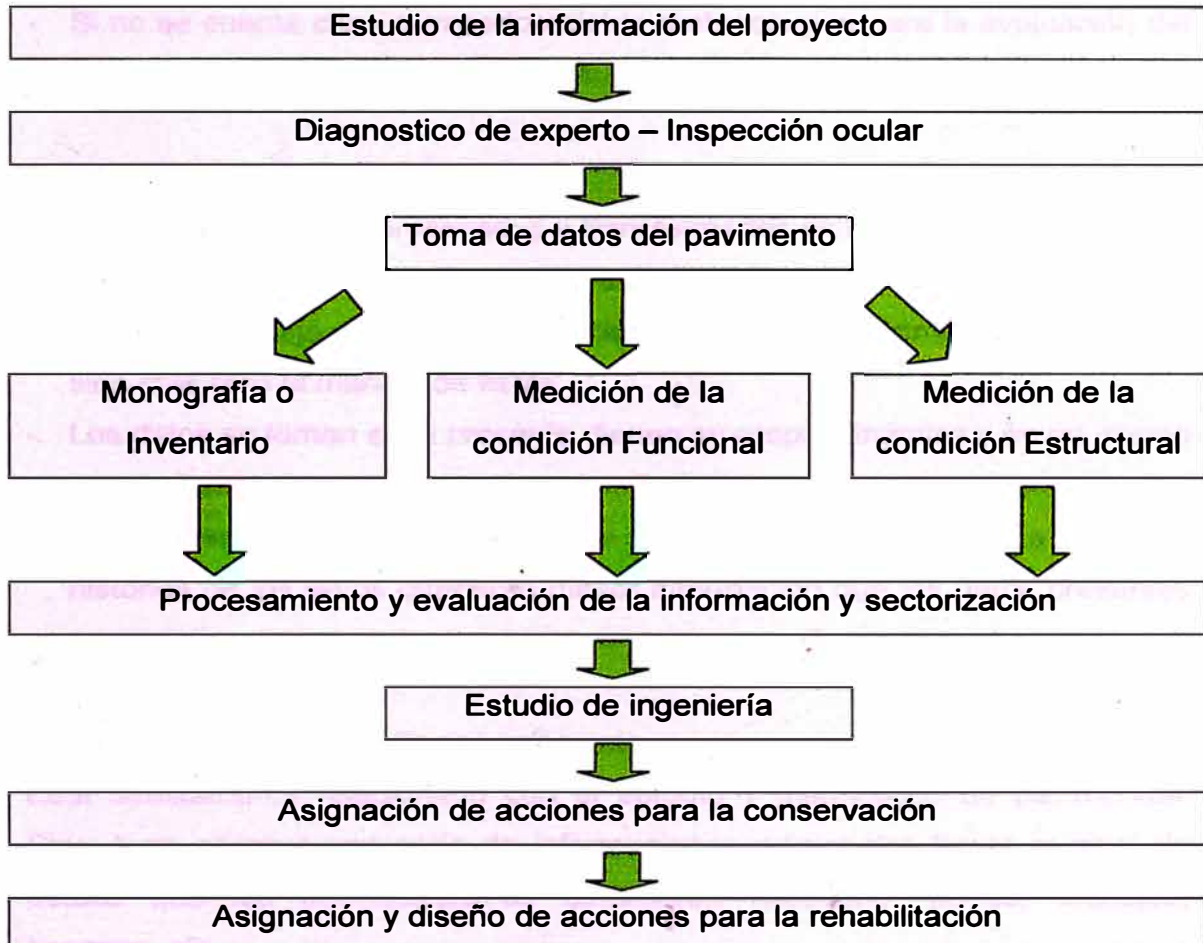


Figura 1-2. Esquema para la elaboración de un sistema de gestión para la conservación de carreteras.

##### A. Estudio de la información del proyecto.

El inventario del proyecto constituye los antecedentes de partida del estudio, el cual involucra:

- Documentación del proyecto de ingeniería.
- Documentación del proyecto de construcción, As Built.
- Mediciones realizadas en distintos periodos.
- Datos de tránsito.
- Otros, estudios y evaluaciones anteriores.

#### B. Evaluación del experto.

El objetivo de la pre-evaluación del experto es:

- Realizar un diagnóstico inicial que permita definir con mayor detalle el programa de estudio a seguir.
- Conocer y evaluar externalidades del proyecto.
- Si no se cuenta con un experto existen metodologías para la evaluación del terreno a través de la inspección visual.

#### C. Toma de datos.

- Los datos deben ser procesados y transformados en información.
- Se debe tener una intención real de usar los datos que se desean tomar.
- Lo más complejo de cualquier tipo de gestión no es la toma de datos en sí, sino más bien el manejo de estos.
- Los datos se toman en el presente, tienen su propia dinámica y en un mismo tramo. Esto hace que la construcción de la base de datos requiera ser muy sólida y este muy bien referenciada con los hitos de terreno. La variación histórica de los datos ofrecerán mayor información que los datos presentes por sí solo.

#### D. Inventario - Monografía del pavimento.

Está directamente relacionado con el estudio y diagnóstico de pavimentos. Sirve para obtener una serie de informaciones adicionales hasta el nivel de detalle que los administradores consideren necesario: portes, drenajes, barreras, etc.

Esta información debe estar a disposición de quien realiza el estudio de pavimentos pero, su utilidad se extiende más allá de la gestión de mantenimiento.

#### E. Evaluación de la condición funcional.

En este punto se necesita saber los siguientes aspectos:

- Rugosidad – IRI (confort)
- Resistencia a la fricción (seguridad)
- Efecto de lluvia (seguridad)
- Ahuellamiento (seguridad)
- Ruido (ambiental)

- Apariencia (Funcionalidad del diseño)

#### F. Evaluación de la condición estructural.

En este punto se necesita saber los siguientes aspectos:

- Deflectometría.
- Baches profundos.
- Evaluación del experto.

#### G. Procesamiento y Evaluación de la información y sectorización.

Se procesará la información recogida en los ítems anteriores para evaluar la situación actual de la infraestructura, y la proyección de lo que se quiere para el tiempo de vida que se estime brindar el servicio.

Una vez analizada sus condiciones y alcances a desarrollar se sectoriza el área del proyecto para brindar soluciones específicas según le corresponda, los siguientes aspectos a considerar para la tramificación son:

El tipo de estructura, tipo de tráfico o volumen, clima, suelo de fundación, número estructural, deflexión, rugosidad, etc.

#### H. Estudio de ingeniería.

El enfoque para los estudios son desde el punto de vista de su condición funcional y estructural, a este nivel se diseñan todas las infraestructuras que se piensa construir o aplicar para mejorar la serviciabilidad de la carretera a través del tiempo.

#### I. Asignación de acciones de conservación.

En este nivel se asignan las estrategias de cómo se desarrollara el proceso de conservación. La conservación se realizara de forma Periódica o Rutinaria, estas se pueden realizar de forma programada o condicionada.

- Programada, cuando se sigue un criterio fijo, como por ejemplo: cada año.
- Condicionada, cuando se sigue un criterio variable, como por ejemplo: cuando el IRI de la carretera aumente a 5.

#### J. Asignación y diseño de acciones de rehabilitación.

A este nivel se asignan las condiciones para las realizar los trabajos de rehabilitación y en qué momento aplicarlas.

### 1.5 MODALIDADES DE CONTRATACIÓN

En Iberoamérica se han detectado seis modalidades básicas de gestión para el mantenimiento vial, de las cuales la Dirección Nacional de Vialidad de Chile, elaboró un estudio denominado: “Nuevas modalidades de gestión del mantenimiento” que analiza dos de las seis formas de gestión, las cuales son:

- Contratos de conservación por niveles de servicio
- Contratos de conservación con microempresas

#### 1.5.1 Por niveles de servicio

“Los contratos de conservación por niveles de servicio, estándares o por resultados; se caracterizan porque el contratista debe mantener los caminos a su cargo siempre igual o mejor que el estado que se haya predefinido. Son contratos de gestión, en el sentido que se encomienda la determinación de las acciones que deben efectuarse con la finalidad de alcanzar resultados preestablecidos. En consecuencia, es el contratista el que decide qué tareas deben realizarse y en qué dimensión, debiendo disponer su ejecución antes de que se sobrepasen los límites fijados. Para ello, requiere contar con un buen sistema de planificación, que permita anticiparse a las necesidades, en un estilo de trabajo esencialmente preventivo y no reactivo, como ha tendido a ser la práctica de los organismos viales”<sup>1</sup>.

En nuestro país, dentro del Programa Proyecto Perú, se plantea la intervención de vías no pavimentadas con la tercerización de la conservación de la red vial nacional mediante la medición de niveles de servicio. Estos proyectos viales constituyen un nuevo modelo de contratación que implementa los conceptos de conservación contenidos en las “Especificaciones Técnicas Generales para la

---

<sup>1</sup> CEPAL - SERIE Recursos Naturales e Infraestructura N° 56 – Anexo 1

Conservación de Carreteras” y en el futuro Manual para la Conservación de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

### 1.5.2 Por microempresas

“Una microempresa de conservación vial es una entidad del sector privado, habitualmente de bajo capital y uso intensivo de mano de obra, dedicada a realizar conservación de caminos o calles. Desde el punto de vista de su organización, se distinguen dos tipos de microempresas:

- Cooperativas, en las cuales todos los miembros tienen iguales derechos y obligaciones, tomándose las decisiones en las asambleas. Esta forma se emplea en Bolivia, Colombia, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Perú y Venezuela.
- Empresa individual o sociedades de personas, que pueden o no emplear a trabajadores dependientes. Esta modalidad se emplea en Guatemala, donde algunas son propiedad de mujeres, Perú y Uruguay.

Ambas formas han demostrado ser apropiadas a los efectos perseguidos y han surgido debido a condiciones locales y a las preferencias de las entidades que han brindado asistencia en su creación, más que a un análisis acabado de las ventajas de una u otra.

En muchos casos, los integrantes son campesinos u otras personas que viven cerca de los caminos que mantendrán. En otros, se trata funcionarios del organismo vial que se retiran durante procesos de reestructuración. Éstos tienen la ventaja de conocer anticipadamente el tipo de trabajo que asumirán.

Aunque pudiera parecer que son precarias desde un punto de vista empresarial, las microempresas han tenido en general un excelente desempeño y han mostrado ser una forma viable, efectiva y económica de llevar a cabo la conservación vial, cumpliendo de paso importantes fines sociales”<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> CEPAL - SERIE Recursos Naturales e Infraestructura N° 56 – Anexo 2

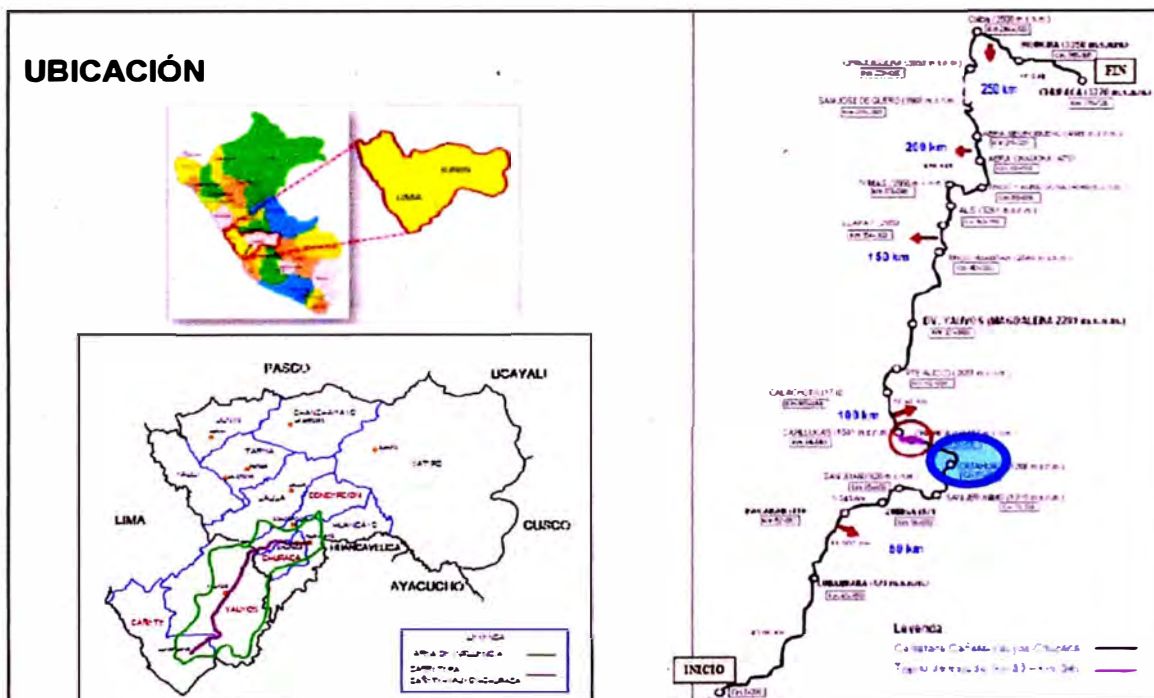
## CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARRETERA CAÑETE-CHUPACA DEL KM 74+000 AL KM 84+000

### 2.1 ESTADO DE LA CARRETERA

#### 2.1.1 Ubicación

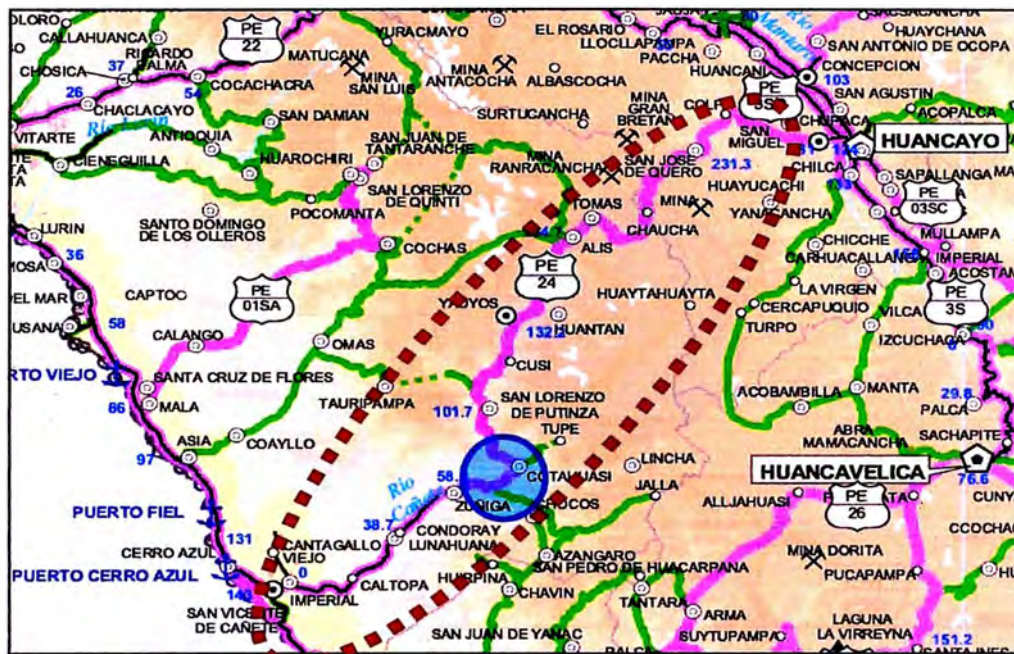
La carretera en estudio es una carretera de penetración perteneciente a la red vial nacional PE-24, que atraviesa el departamento de Lima (provincias de Cañete y Yauyos), hasta llegar al departamento de Junín (provincia de Concepción), ver las figuras N° 2-1 y N° 2-2, donde se aprecian la ubicación del proyecto.

Figura N° 2-1. Se aprecia la ubicación del proyecto



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Figura N° 2-2. El proyecto integral se encuentra encerrado por la línea entrecortada de color rojo, mientras que el área de estudio del presente informe se encuentra encerrada con color azul.



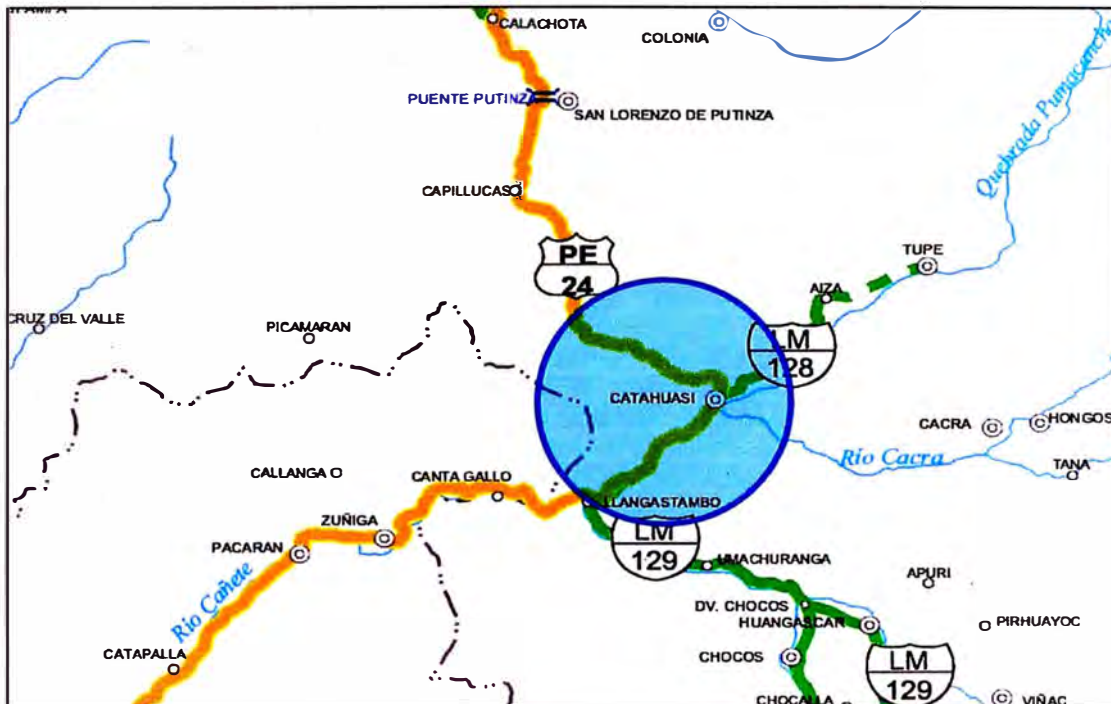
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

### 2.1.2 Geometría

Esta carretera inicialmente en el año 2008 se encontraba a nivel de afirmado en malas condiciones de serviciabilidad, mostrando huecos y hundimientos en la vía.

El tramo en estudio para el presente informe se inicia en el Km 74+000 y culmina en el Km 84+000, ver la figura N° 2-3, cubriendo una longitud total de 10 Km, a una altitud promedio de 1190 msnm, con un ancho de calzada variable que va desde los 3,20 m. hasta los 7,0 m.

Figura N° 2-3. Se aprecia un acercamiento de la zona en estudio del presente informe, entre los Km 74+000 hasta el Km 84+000

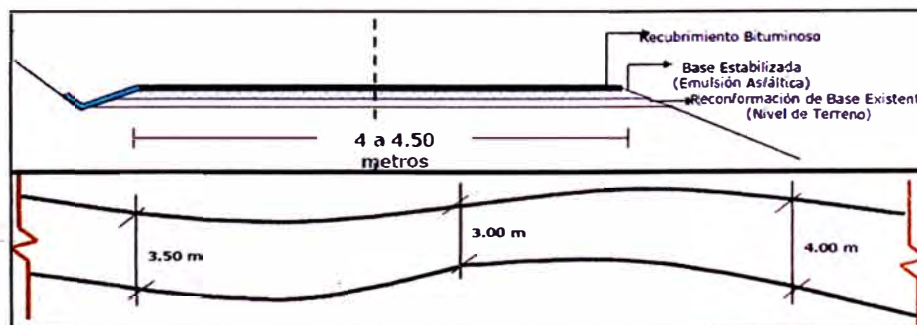


Fuente: Mapa elaborado por la Oficina de Estadística – OGPP – MTC

**Características adicionales de la carretera:**

- Velocidad directriz : < 40 Km/h
- Berma : sin berma
- Radio mínimo : 23,0 m
- Pendiente : 0,1 % – 8,5 %
- Bombeo : 0%
- Cunetas proyectadas : 1,00 x 0,50 m

Figura N° 2-4. Se aprecia un esquema de la sección típica de la carretera.



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras



Foto N° 2-1. Se aprecia la sinuosidad de la carretera  
y la variación en el ancho de la vía.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.3 Aspecto Estructural

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación.

Esta capacidad de portante debe ser obtenida a partir de las deflexiones obtenidas en campo utilizando cualquiera de las técnicas normalizadas (END).

La tipo de evaluación para el pavimento es mediante los métodos mecanísticos basados en modelos elásticos y para lo cual se requiere de más de dos lecturas de deflexiones.

#### A. Módulo de Elasticidad

La deformación es una medida del grado en que se deforma el cuerpo. Se ha encontrado que, para esfuerzos lo suficientemente pequeños, el esfuerzo es proporcional a la deformación. La constante de proporcionalidad depende del

material deformado y de la naturaleza de la deformación. Dicha constante de proporcionalidad se llama Módulo de Elasticidad.

A pesar que el módulo de elasticidad es un parámetro mecánico fundamental del subsuelo, se ha establecido, además, una relación entre este valor y el valor del CBR de la subrasante, para facilitar el diseño del refuerzo requerido o para chequear diseños usando métodos tradicionales. Esta relación ha sido establecida experimentalmente, comparando los valores de elasticidad obtenidos de la metodología de evaluación estructural, usando deflexiones medidas con la Viga Benkelman y valores de CBR obtenidos en sitio.

## B. CBR (California Bearing Ratio)

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo.

“El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la subrasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito”<sup>3</sup>.

Para la carretera en estudio, Cañete–Chupaca, se realizaron estudio a nivel de la subrasante antes que empiecen los trabajos de mejoramiento de la vía, los resultados de estos ensayos se muestran en el cuadro N° 2-1, donde se aprecia que se encuentran en tramos.

Cuadro N° 2-1. Descripción de los materiales de fundación

SUBSECTOR (KM-KM)	CBR (%) AL 95% DE MDS	CALIFICACIÓN
57+450 – 130+000	20	REGULAR
130+000 – 220+000	18	REGULAR
220+000 – 240+000	5	MALO

<sup>3</sup> Ponencia sobre pavimentos económicos en vías afirmadas, experiencia peruana- Ing. Wilder Rodríguez Mogollón.

Cuadro N° 2-1. Descripción de los materiales de fundación

SUBSECTOR (KM-KM)	CBR (%) AL 95% DE MDS	CALIFICACIÓN
240+000 – 248+000	15	REGULAR
248+000 – 258+000	4	MALO

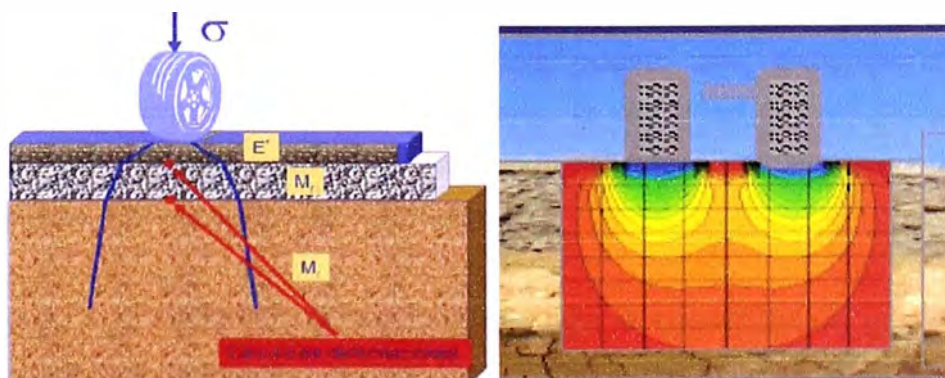
Fuente: Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica, Consorcio Gestión de Carreteras.

### C. Número Estructural

Para determinar los trabajos de rehabilitación y el espesor de refuerzo a colocar se deberá determinar el aporte estructural del pavimento existente. No tendrá un aporte como una estructura nueva, pero definitivamente las capas conformante y la superficie de rodadura aportan estructuralmente y por lo tanto el refuerzo sólo será el faltante para soportar las cargas de diseño.

“La evaluación del número estructural (SN) de un pavimento en servicio es útil ya que refleja su aptitud o deficiencia, y se presta a determinar directamente las necesidades estructurales. Obviamente, el valor de SN sólo no es suficiente y un valor bajo de SN no es necesariamente malo, dependiendo del tráfico y la capacidad portante de la subrasante. Si esta capacidad es alta y la demanda de tráfico es baja, entonces todo lo que se necesita es un SN bajo. De esta manera, la evaluación estructural es útil cuando esta proporciona el valor de SN conjuntamente con la capacidad portante de la subrasante”<sup>4</sup>.

Figura N° 2-5. Se muestra de izquierda a derecha, la incidencia de las deformaciones por cada capa de material y el bulbo de esfuerzos que genera una carga.



Fuente: Espectros de carga y daño para diseño de pavimentos, Paul Garnica Anguas

<sup>4</sup> Ponencia sobre Espectros de carga y daño para diseño de pavimentos, Paul Garnica Anguas

#### D. Modulo Resiliente.

“Cuando un vehículo circula sobre el pavimento, los neumáticos transmiten cargas que son absorbidas por la estructura, entonces un elemento diferencial de suelo ubicado en la subrasante, estará sometido a esfuerzos que a su vez inducen a un estado de deformaciones. Si se considera al material de subrasante, con un comportamiento elástico, hipótesis básica de la mecánica de suelos, los esfuerzos y deformaciones se relacionarán con el módulo de elasticidad, propios del material.

Pero la respuesta real, está en función de las características propias de los materiales que conforman el pavimento y donde las cargas impuestas por el tránsito tienen un carácter dinámico con muy cortos tiempos de aplicación. Luego la deformación total inducida, se recupera al cesar la carga aplicada.

Esto implica, que en estricto rigor, los materiales no presentan un comportamiento elástico, y por ello se introduce el término de modulo resiliente (MR), que corresponde a un “modulo elástico supuesto”, el cual relaciona las solicitaciones de cargas aplicadas con las deformaciones recuperables”<sup>5</sup>.

#### 2.1.4 Aspecto Funcional

En el caso de la evaluación funcional, la regularidad de la superficie de rodadura para la circulación de los vehículos permite ofrecer condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras. Tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en las llantas y el consumo de combustible.

De acuerdo a la AASHTO, la serviciabilidad es la capacidad de un pavimento que asegura una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido diseñado, por ello su apreciación depende del usuario, de las

---

<sup>5</sup> Ponencia de Ensayo de Modulo Resiliente – Ing° Wilfredo Gutiérrez

características propias del vehículo, de la velocidad de operación y de la condición del pavimento.

“Los criterios de falla de los métodos de diseño mecanicistas utilizados no se relacionan con el concepto de serviciabilidad PSI o IRI, por lo cual se recomiendan los siguientes criterios de serviciabilidad:

- Los pavimentos definidos como transitorios sólo se les exigirán estándares básicos de serviciabilidad tal que permitan llevar a cabo con seguridad el objetivo para los cuales han sido propuestos (control de polvo y transitabilidad).
- Para los pavimentos de bajo volumen de tránsito se recomienda un IRI inicial de máximo 3,0 m/km y un IRI terminal de máximo 8,0 m/km, sin perjuicio de poder utilizar estándares más exigentes”<sup>6</sup>.

“El estado superficial o transitabilidad según los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), a nivel de superficie de rodadura asfaltado clasifica el estado de la superficie de acuerdo a la tabla N° 2-1.

Tabla N° 2-1. Estado superficial en función del IRI

IRI	ESTADO
< 3	Bueno
3 – 4	Regular
4 – 6	Malo
6 – 10	Pésimo

El IRI, representa la rugosidad del pavimento, es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de sus irregularidades superficiales, con la comodidad de transitar sobre él. No tiene relación con la textura, apariencia o acabado superficial de la capa de rodadura sino más bien con las deformaciones que inciden en su perfil topográfico, como son las ondulaciones, los hundimientos, los ahuellamientos y los baches. Los fisuramientos tienen poca o ninguna incidencia en los resultados de rugosidad.

<sup>6</sup> Guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito, Guillermo Thenoux Z., Felipe Halles A., Álvaro González V.

El PSI, Por lo general sus límites de exigencia o diferencial entre el inicio y el final exigido, puede contemplarse en los términos de referencia emitidos por la entidad licitante, en este caso por el MTC. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el PSI guarda correspondencia con la rugosidad a través de la siguiente expresión:

$$IRI= 5,5 \text{ Ln } (5,0/PSI) \quad \dots(\text{Ec. 2-1})^7$$

#### 2.1.5 Cambio estándar

La finalidad principal de pavimentar una vía afirmada es la de dotar de un estándar superior a la superficie de rodadura, es decir, se busca darle a una vía afirmada o no pavimentada un paquete estructural económico adecuado a las características geotécnicas del terreno y que cumpla con las solicitudes de tránsito.

Para el presente informe, el cambio de estándar se refiere a la aplicación de un pavimento económico, para esto, se ha decidido generar una experiencia en cuanto a estos pavimentos, aplicando una solución económica de pavimentación de diseño propio sobre una vía de la sierra nacional. Básicamente la solución propuesta se compone de cambiar la superficie afirmada inicial por una base estabilizada con emulsión asfáltica más una superficie bituminosa final, analizando las experiencias constructivas durante la aplicación de la misma.

“Este cambio estándar se aplica sobre la superficie actual en vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, previamente reconformada, no se realizan cambios en la geometría por lo tanto no requiere de estudios de ingeniería profundos. En general se puede señalar que se tiene dos situaciones:

- A. Si la carpeta de afirmado existente soporta las solicitudes de tránsito.  
Se tiene dos alternativas:

---

<sup>7</sup> Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con fines de Análisis y Diseño en el Perú- Ing° Wilfredo Gutiérrez

Mantener el afirmado como superficie de rodadura, solo se agrega un estabilizante.

Cambiar la superficie de rodadura, colocando una capa delgada de asfalto a modo de protección. Un ejemplo ver la foto N° 2-2, se aprecia el colocado de esta delgada capa, en este caso un slurry seal.

- B. Si la carpeta de afirmado existente no soporta las solicitaciones de tránsito.  
Se tiene dos alternativas:

La adición de un material granular a fin de absorber las solicitaciones de tránsito.

Utilización de estabilizantes para mejorar las propiedades del afirmado-suelo existente entre ellas la capacidad de soporte. Se tiene entre los estabilizantes más conocidos al cemento, cal, emulsión asfáltica, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, cloruro de calcio, entre otros.

En estas dos últimas alternativas es recomendable que la superficie se recubra con una capa delgada de asfalto, similar a la indicada en el ítem anterior A<sup>8</sup>.

Foto N° 2-2. Colocación de lechada asfáltica (Slurry seal)



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

<sup>8</sup> Ponencia sobre pavimentos económicos sobre vías afirmadas experiencia peruana- Ing. Wilder Rodríguez Mogollón.

En la carretera en estudio, Cañete – Chupaca, el Consorcio Gestión de Carreteras encargado de la ejecución del cambio estándar y del mantenimiento realizó los estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica, analizando diversas alternativas (7) de intervención mediante tramos de pruebas, siendo estas:

- Afirmado (13 cm).
- Afirmado (13 cm) + una cubierta asfáltica (slurry seal).
- Afirmado (13 cm) estabilizado con aditivo Roadchem.
- Afirmado (13 cm) estabilizado con aditivo Roadchem + una cubierta asfáltica (slurry seal).
- Afirmado (8 cm) + una superficie estabilizada con emulsión (5 cm).
- Afirmado (8 cm) + una superficie estabilizada con emulsión (5 cm) + una cubierta asfáltica (slurry seal).
- Afirmado (8 cm) + una superficie estabilizada con emulsión (5 cm) + una cubierta monocapa asfáltica.

Finalmente concluyeron que la última alternativa era la más conveniente. Se optó por esta solución por la facilidad de encontrar en estas zonas canteras de agregados granulares para uso de base y lechada asfáltica.

El espesor de la estructura no es constante en todo lo largo de la vía, ver el cuadro N° 2-3, debido a que la resistencia del suelo no es homogénea, pero si conserva la distribución de las capas a cimentar, el bosquejo de dichas estructuras se aprecia en la figura N° 2-5 y N° 2-6:

- Subrasante granular de fundación compactada.
- Base estabilizada con asfalto  
Superficie de rodadura bituminosa sin aporte estructural (tipo lechada asfáltica o tratamiento superficial).

Al aplicar el cambio estándar, se colocaron diferentes superficies de rodaduras, tal como se muestra en el cuadro resumen N° 2-2.



Cuadro N° 2-2. Tipo de superficie de rodadura antes y después de la intervención

Carretera	Tramo	Vía	Tipo de superficie de rodadura (Antes)	Longitud (Km)
024	Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta asfáltica	40,95
024	Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	11,907
024	Pacarán-Zúñiga	Afirmada	Afirmado	3,743
024	Zúñiga-Dv.Yauyos	Afirmada	Afirmado	70,4
024	Dv.Yauyos-Ronchas	Afirmada	Afirmado	128,185
024	Ronchas-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16,541
Total :				<b>271,726</b>
Carretera	Tramo	Vía	Tipo de superficie de rodadura (Después)	Longitud (Km)
024	Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta asfáltica	40,95
024	Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	11,907
024	Pacarán-Catahuasi	Afirmada	Slurry Seal	24,143
024	Catahuasi-Dv.Yauyos	Afirmada	Monocapa	50,0
024	Dv.Yauyos-Tinco Alis-Ronchas	Afirmada	Monocapa (33km)- Afirmado (98,185km)	128,185
024	Ronchas-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16,541
Total :				<b>271,726</b>

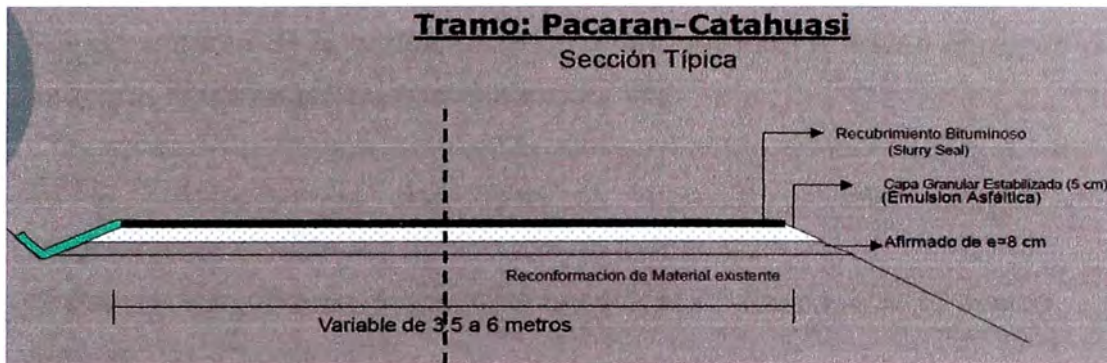
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Cuadro N° 2-3. Espesores de la estructura del pavimento por tramos, luego de la intervención.

SECTOR		Estructura del Pavimento		
		Superficie de Rodadura (cm)	Afirmado Estabilizado	Afirmado (cm)
Sector I: Zúñiga – Yauyos – Alis	57+450 – 130+000	0,9	5	8
	130+000 – 163+100	0,9	5	11
Sector II: Alis – San José de Quero	163+100 – 220+000	0,9	5	11
	220+000 – 229+300	0,9	5	30
Sector III: San José de Quero - Ronchas	229+300 – 240+000	0,9	5	26
	240+000 – 248+000	0,9	5	12
	248+000 – 255+185	0,9	5	42

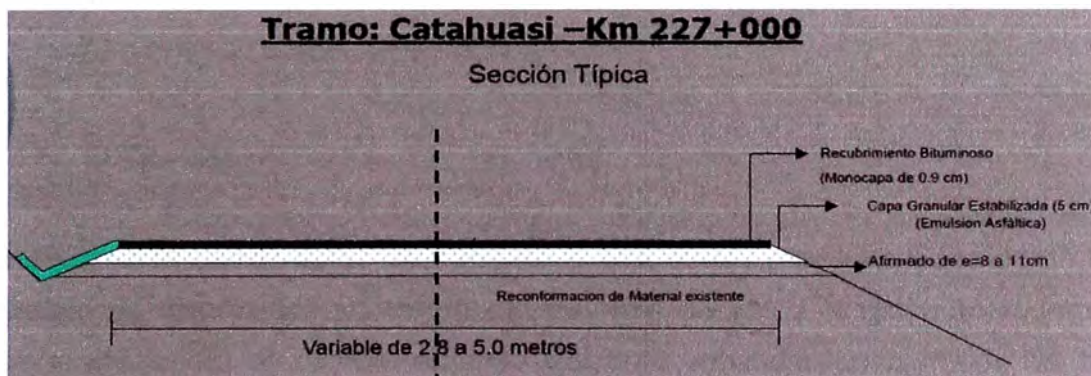
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Figura N° 2-6. Bosquejo de sección típica para el tramo Pacarán-Catahuasi



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Figura N° 2-7. Bosquejo de sección típica para el tramo Catahuasi-Km 227+000



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

### 2.1.6 Concesionaria

El Proyecto Perú, otorga la concesión del corredor Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Zúñiga - Dv Yauyos - Ronchas - Chupaca (281.73 Km.) para la conservación vial bajo la modalidad de "Niveles de Servicio" a la empresa Consorcio Gestión de Carreteras. Esta concesión se viene ejecutando desde el 01.Feb.08, por un plazo de 5 años y una inversión de S/. 131,59 millones. El presupuesto para el 2010 fue de: S/. 4,56 millones.

Las obligaciones del contratista conservador para este corredor vial, Cañete-Chupaca, son:

- Presentar un plan de conservación para los 5 años que dura el contrato. Incluye un plan de calidad, así como los estudios de manejo socio-ambiental.

- Conservación rutinaria en todo el tramo asfaltado.
- Conservación periódica del tramo asfaltado.
- Puesta a punto de la conservación rutinaria en todo el tramo afirmado para asegurar la transitabilidad en el corredor vial.
- Conservación periódica, colocación del pavimento económico, que consiste en la colocación de una base de material granular estabilizado y recubrimiento bituminoso en 200 Km de longitud.
- Conservación rutinaria después de la colocación del pavimento básico.
- Atención de emergencias.
- Gestión de la vía mediante el relevamiento de la información, inventarios viales, estudio del tráfico, origen-destino, etc.

## 2.2 ASPECTOS CONDICIONANTES

### 2.2.1 El Tránsito

La estimación de los flujos de tránsito es una de las etapas críticas durante el proceso de diseño estructural de pavimentos, debido a la gran incertidumbre que existe sobre el comportamiento del flujo vehicular en caminos de bajo volumen, luego del mejoramiento de estándar del camino. La estimación del tránsito generado que producen los cambios de estándar de caminos de bajo volumen de tránsito, son uno de los mayores problemas a los cuales se enfrenta el diseñador al momento de estimar los flujos futuros de tránsito. Si bien existen casos especiales en que este aspecto se transforma en un problema real, los estudios internacionales analizados en general no consideran este efecto significativo, debido a que la tasa de crecimiento tiende a estabilizarse en los años posteriores al cambio de estándar.

La carretera Cañete-Chupaca ha sido sectorizada con la finalidad de determinar el volumen de tráfico, esta data fue registrada en el año 2008. Para el tramo de estudio del km 74+000 al km 84+000 le corresponde un IMD de 569. Ver el cuadro N° 2-5.

Cuadro N° 2-5. Cuadro resumen de los IMD de tráfico por tramos, año 2008

2008	CAÑETE - LUNAHUANA	LUNAHUANA - PACARÁN	PACARÁN - ZÚÑIGA	ZÚÑIGA - CATAHUASI	CATAHUASI - CAPILLUCA	CAPILLUCA - DV. YAUYOS	DV. YAUYOS - COLPA	COLPA - HUARISCA	HUARISCA - CHUPACA
Tramo	ESTACIÓN LUNAHUANA	ESTACIÓN PACARAN	ESTACIÓN ZÚÑIGA	ESTACIÓN SAN JUAN	ESTACIÓN CHICHICAY	ESTACIÓN YAUYOS	ESTACIÓN COLPA	ESTACIÓN RONCHA	ESTACIÓN HUARISCA
Tipo de Vehículo	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
VL (Auto + SW + Camioneta)	707	210	223	200	292	21	-	217	336
Camioneta Rural + Micro	220	132	122	122	129	4	-	42	38
Ómnibus	11	10	8	16	14	8	-	8	9
Camión Unilario (2, 3, 4 ejes)	53	49	46	57	48	20	-	44	41
Camión acoplado	19	16	19	66	86	0	-	36	30
<b>IMDa (Veh/día) 2008</b>	<b>1010</b>	<b>417</b>	<b>418</b>	<b>461</b>	<b>569</b>	<b>53</b>	<b>-</b>	<b>347</b>	<b>454</b>

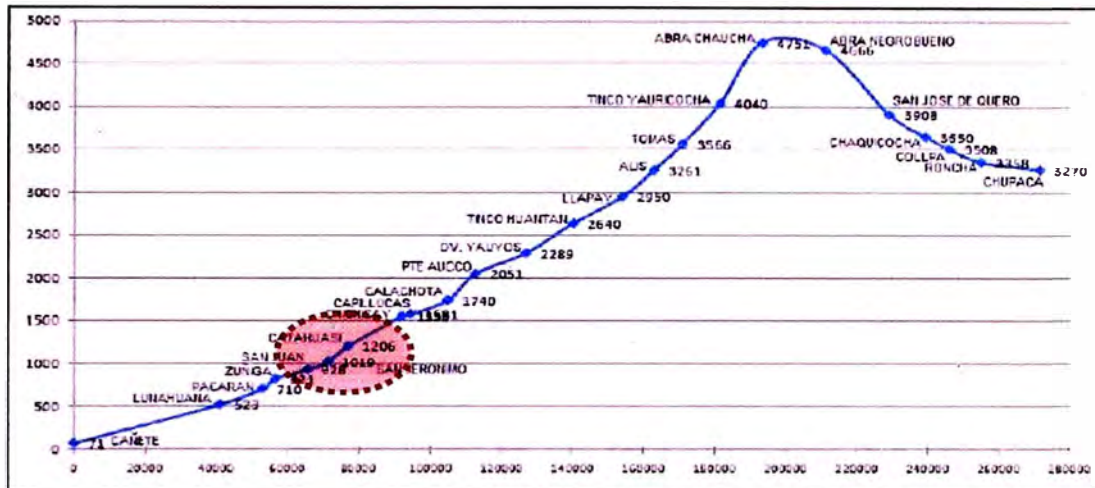
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras- Conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete-Lunahuana-Pacarán-Chupaca y rehabilitación del tramo Zúñiga-Dv. Yauyos-Ronchas

## 2.2.2 Aspecto climatológico

El proyecto general cubre varios niveles altitudinales, desde la costa hasta la sierra, varía desde los 500 hasta los 4800 msnm, el proyecto específico (tramo asignado) se encuentra ubicado a una cota promedio 1190 msnm, ver figura N° 2-3, en dicho gráfico se encierra con un círculo la zona del tramo asignado.

Tal altitud corresponde a la región Yunga, cuya característica principal es un clima cálido moderado, ligeramente húmedo, con escasas precipitaciones estacionales de verano, y se caracteriza por la presencia del sol en casi todo el año.

Figura N° 2-8. Se aprecia el perfil altitudinal del proyecto.



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras.

### 2.2.3 Aspectos geotécnicos

Se han realizado investigaciones de campo a través de calicatas, ensayos de campo y de laboratorio en todo lo largo del corredor. Para nuestro tramo del Km 74+000 al Km 84+000, se realizaron calicatas aproximadamente a cada 1000 m. y a profundidades variables.

Los ensayos de clasificación de suelos arrojan predominantemente que es un SC-SM según la clasificación SUCS y un A-1-b según la clasificación ASSHTO, el cual corresponde a una arena limosa, sub angular, color marrón oscuro, de baja humedad y plasticidad media y según el Ensayo Próctor Modificado arroja un CBR de 19,4 % al 95 % de MDS. Además cuenta con una densidad máxima de 2,121 gr/cm<sup>3</sup>.

### 2.2.4 Aspecto hidrológico

El proyecto integral se encuentra en la cuenca del río Cañete, para el estudio específico de los 10 Km se encontró una estación meteorológica en la coordenada 12°48" latitud sur y 75°53" longitud oeste con cota de 1 179 msnm,

llamada estación Catahuasi, dicha estación cuenta con una data histórica de 37 años, desde el año 1964 hasta el 2000, registro necesario para conocer la precipitación del área en estudio. Obteniéndose una precipitación media mensual de diseño de 8,3 mm/mes. Esta información es importante en la ejecución del programa HDM.

Cuadro N° 2-6: Resumen de precipitación mensual de la estación Catahuasi.

Unid.mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
mm	6.5	8.3	2.3	2.0	0.1	0.1	0.1	0.1	1.7	1.3	1.7	0.9

Fuente: Senamhi

### 2.3 SECTORIZACIÓN DEL PROYECTO

Para la tramificación se integra información proveniente de la evaluación deflectométrica. La transitabilidad es un valor cualitativo que proporciona el ingeniero evaluador y que lo registra a lo largo de la vía, en que tiene que evaluar la comodidad al paso del vehículo. También se analiza según sus niveles altitudinales. En la parte final se integra información del índice de la condición del pavimento y la condición misma.

Cada variable aporta una sectorización particular. Al inicio conviene sectorizarse de manera individual y luego integrarlos para definir el sectorizado final. El sectorizado corresponde a una etapa en la cual el profesional especialista aporta su experiencia para definir cuáles serán los sectores a tratar en el diseño a manera separada. Cada tramo tendrá un diseño independiente y la integración de todas las variables hará una propuesta sólida y coherente, difícil de rebatir y que permite el modelamiento geotécnico con fines de diseño del pavimento.

En el proyecto de conservación de la carretera Cañete-Chupaca, se sectorizó el tramo comprendido entre las progresivas Km 73+600 al Km 158+000, producto de la sectorización se obtuvieron varios sectores bien diferenciados, tanto en el carril izquierdo como derecho. En la figura N° 2-8 se aprecia los 5 aspectos a considerar para la tramificación, obteniéndose finalmente 21 tramos. En el cuadro N° 2-7, se observa la leyenda que rige en la tramificación hecha.

La sectorización tiene como finalidad lo siguiente:

- Decidir sobre las políticas de conservación, preservación o reconstrucción.
- Medir el cambio en un proyecto vial que ha sido intervenido

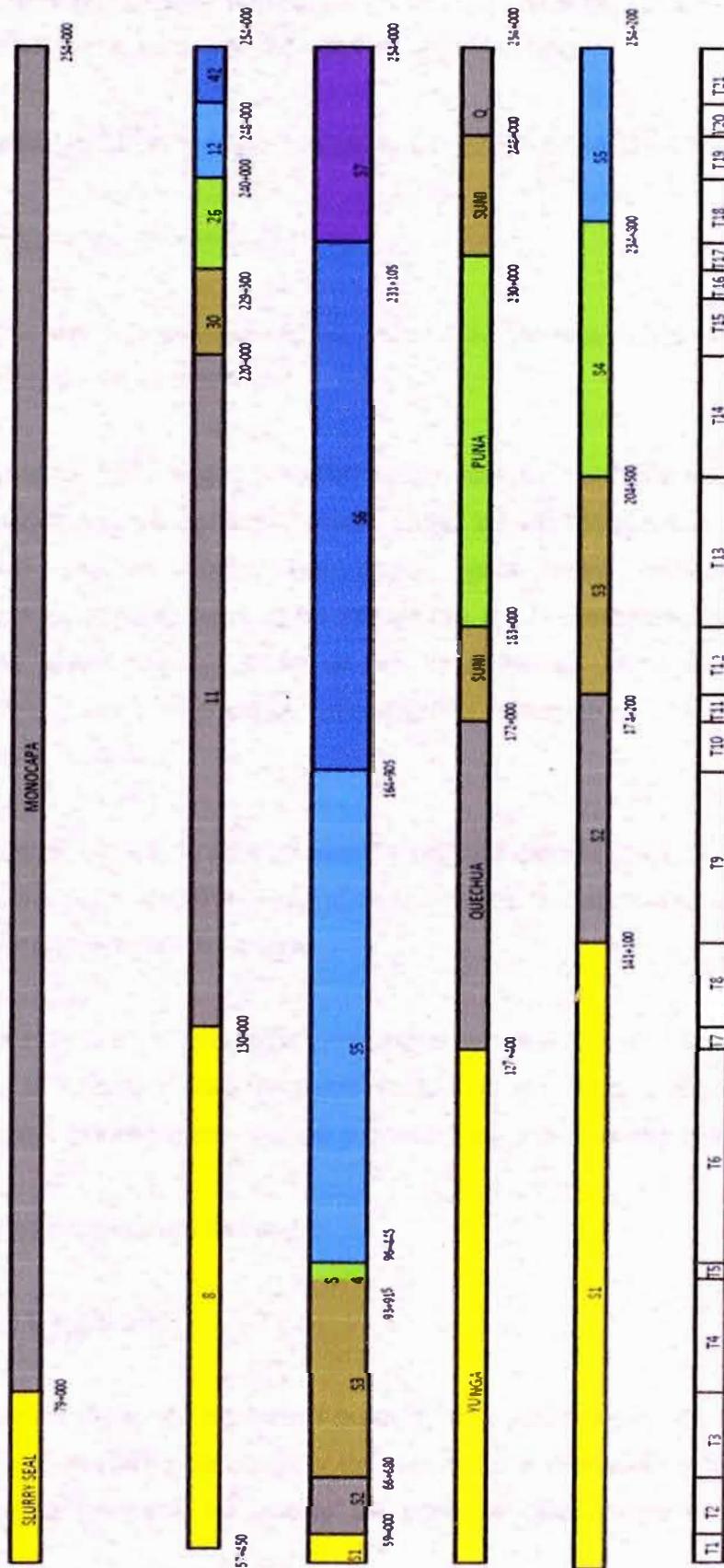
Cuadro N° 2-7. Cuadro leyenda de la figura N° 2-8.

e1 = 8cm	T1 = 418 (*)	D1=0,47mm	Yunga [500-2300] (**)
e2 = 11cm	T2 = 461	D2=0,63mm	Quechua [2300-3500]
e3 = 30 cm	T3 = 569	D3=0,70mm	Suni [3500-4000]
e4 = 26cm	T4 = 232	D4=0,70mm	Puna [4000-4800]
e5 = 12cm	T5 = 53	D5=0,50mm	
e6 = 42cm	T6 = 69		(**) = msnm
	T7 = 347		
	(*) = veh/dia		

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Sin embargo, dado que en este tipo de caminos no se realizan estudios geológicos, la baja periodicidad e inexactitud de los resultados podría derivar en la subestimación o sobre estimación de un tramo. Por otra parte, no se recomienda el uso de calicatas debido al alto costo relativo de estas considerando el tipo de caminos en análisis. Se recomienda la excavación de calicatas en tramos que se consideren críticos basado en el conocimiento de las condiciones locales.

Figura N° 2-9. Tramificación de carretera Cañete-Chupaca.



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras



## **CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA LA CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA CAÑETE-CHUPACA DEL KM 74+000 AL KM 84+000**

### **3.1 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CURVA DE DETERIORO.**

#### **3.1.1 Patologías del pavimento**

Las patologías de falla estructural se relacionan directamente con los criterios de falla adoptados en el diseño.

“El agrietamiento por fatiga y deformación de la subrasante, esto sucede cuando el pavimento se agrieta y pierde parte de su resistencia por lo cual las tensiones de trabajo sobre las capas granulares inferiores aumenta produciéndose una progresión más acelerada de la deformación. Además de aumentar las tensiones se produce un bombeo de finos lo cual también colabora con el incremento de la deformación, eventualmente produciendo el colapso de la estructura.

Por otra parte si la estructura presenta problemas de drenaje superficial la penetración del agua debilitará significativamente la capacidad de soporte de las capas inferiores no cementadas.

Una fatiga prematura se presenta por una o la combinación de las siguientes condiciones: problemas constructivos (material de baja calidad, espesores variables, otros), sobrecargas de uso y condiciones de drenaje mal resuelto”<sup>9</sup>.

#### **3.1.2 Sintomatologías del deterioro**

##### **A. Deterioro Localizado**

Este deterioro se presenta de forma puntual muy localizado o de forma puntual pero distribuido en forma aleatoria y no responde a ninguna sintomatología en especial. Por lo general, su causa es producto de situaciones singulares,

---

<sup>9</sup> Ponencia sobre evaluación y diagnóstico para el mantenimiento de la condición funcional y estructural de pavimentos a nivel de proyectos – Guillermo Thenoux

relacionadas a fallas locales de calidad o a la variabilidad natural de materiales utilizados, variabilidad esperada de los procesos constructivos (espesores, densidad, etc.) y variabilidad esperada del suelo de fundación.

Por tanto este tipo de deterioro es difícil de predecir y se debe contar con un plan de contingencia para reparar oportunamente cualquiera sea el tipo de falla que se presente, la cual debe ser correctamente diagnosticada para adoptar una solución de reparación adecuada.

#### B. Deterioro Generalizado

El pavimento presenta una sintomatología muy repetida, la cual, dependiendo del tipo de falla, se puede manifestar en forma continua o discreta pero con un patrón de repetitividad o con un patrón similar a lo largo del proyecto. Este tipo de deterioro por lo general es más fácil de diagnosticar y cuantificar, y según la intensidad que este se presenta al momento de la evaluación, puede resultar más difícil poder aislar la causa principal que dio origen al deterioro.

Es continua si el proceso de construcción se lleva a cabo bajo un programa de calidad controlada y se aun así se produce un deterioro prematuro, entonces la causa más probable de la falla se relaciona con una estimación errónea de las variables o parámetros de diseño. En este caso la sintomatología de las fallas presentará un patrón relativamente similar por tramo homogéneo de diseño.

Es discreta pero repetitiva cuando por lo general se debería relacionar con el proyecto de ingeniería, pero si es un error de construcción, este se relaciona con un proceso de calidad fuera de control entonces las fallas se presentan con un cierto patrón y con mayor frecuencia.

#### C. Origen del deterioro estructural

Puede originarse en los siguientes niveles:

En el Proyecto.

Se asume que el método de diseño como las hipótesis de diseño se cumplen mas no se considera los errores de cálculo como origen. Las hipótesis de diseño que se deben cumplir son:

La validación del método de diseño, muchas veces, las metodologías de resolución provienen del exterior, con la carga de particularidades que esto reviste en cuanto a condicionantes locales, y que muchas veces no cuentan con un respaldo sustentable en cuanto a su factibilidad de uso en el Perú. Por esta razón resulta fundamental contar con experiencias propias mediante tramos de prueba, que faciliten la realización posterior de un análisis y una evaluación, en busca de validar estas tecnologías o de incluirles modificaciones y/o mejoras que optimicen su empleo en el medio local.

Parámetros de diseño cumplen especificaciones e hipótesis de proyecto, conociendo el detalle del método se conoce que variables y parámetros pueden ser determinantes en el comportamiento del pavimento de mediano y largo plazo. En resumen los aspectos más importantes a indagar, en la etapa de diagnostico asociado el diseño son: el espesor, el drenaje, soporte de la sub rasante, transferencia de cargas.

En la construcción.

Un proyecto de ingeniería esta indefectiblemente sujeto a las variaciones naturales de cualquier proceso que realiza el hombre y como tal se espera un porcentaje de errores o fallos que se pueden traducir en la aparición de deterioros prematuros en el pavimento.

En su uso.

La vida estructural de un pavimento está relacionada con la cantidad y magnitud de cargas. Por tanto se debe realizar un control de pesos permanente, la sintomatología de las fallas se presentarán de forma sistemática y continua, para tramos homogéneos de pavimento.

En la conservación.

La ausencia o un mal programa de mantenimiento produce una progresión más acelerada de las fallas. El programa de mantenimiento considera no solo la conservación de la estructura de pavimento sino también el mantenimiento de los sistemas de drenaje.

### 3.1.3 Diagnostico del deterioro

La condición funcional se encuentra asociada con la calidad del rodado y seguridad de los vehículos. Se relaciona únicamente con las características superficiales del pavimento, aunque un pavimento colapsado estructuralmente producirá también problemas funcionales y por lo general de mayor severidad.

Por tanto los objetivos de esta condición son:

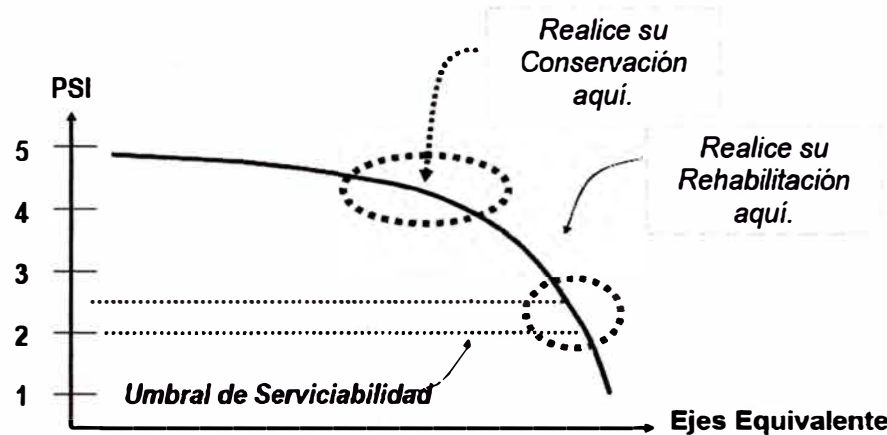
- El confort del usuario
- El costo operacional
- La seguridad del usuario
- El aspecto ambiente (Ruido)

La condición estructural, es el nivel de integridad física y estructural en que se encuentra una sección de pavimento en su conjunto y al estado de cada una de las capas que conforman la estructura, incluyendo la subrasante y terraplenes.

Por tanto los objetivos para esta condición son:

- El resistir mecánicamente las cargas inducidas para poder trasmitirla al suelo de fundación.
- El proveer condiciones para que la superficie de rodado pueda cumplir sus objetivos funcionales.

Figura N° 3-1. Se muestra la curva de deterioro y la ubicación del umbral de serviciabilidad.



Fuente: Ponencia sobre evaluación y diagnóstico para el mantenimiento de la condición funcional y estructural de pavimentos a nivel de proyectos – Guillermo Thenoux

En la práctica la condición funcional debería monitorearse y medirse con regularidad y a su vez verificar el cumplimiento de umbrales pre-establecidos. Por lo cual, la determinación del momento en que se debe realizar una acción de conservación lo determinan las mediciones y su modelo de progresión. La determinación del tipo de conservación es una decisión que depende no solo de la magnitud de la condición funcional sino que además de las causas de origen de deterioro y de las técnicas de conservación disponibles y aplicables según el tipo de proyecto y el tipo de pavimento.

En todo caso de diagnóstico a nivel de estudio de la condición funcional debe ser general y solo debe determinar si el origen del problema superficial que se observa es o no un problema estructural que comprometa la integridad física del pavimento. De ser así la acción de mantenimiento a asignar deberá ser una rehabilitación estructural.

#### Diagnostico de la condición estructural

Cuando se diseña estructuralmente un pavimento por un método no empírico, se verifica que las tensiones y deformaciones de trabajo sean inferiores a las de diseño y a su vez se verifica la durabilidad del pavimento a ciclos de carga repetida mediante modelos o ecuaciones de fatiga.

El diagnostico debe determinar si se cumple o no las hipótesis de diseño para evaluar objetivamente el progreso del deterioro y además debe identificar los tipos de falla para establecer si la falla se relaciona con el modo de deterioro esperado en la hipótesis de diseño estructural o no.

Si las hipótesis se verifican positivas entonces se podría determinar cuándo y qué tipo de rehabilitación es la más óptima. Sin embargo, si alguna de las hipótesis no se verifica entonces el diagnostico debe determinar las causas externas que producen el deterioro acelerado.

#### Perdida de la condición estructural

Es la pérdida de su integridad física de una o más de las capas que conforman el pavimento incluyendo la subrasante. El inicio del deterioro estructural por lo general no es perceptible del mismo modo que el deterioro funcional.

Una vez que el deterioro estructural es visible, en estricto rigor el pavimento ha llegado al término de su vida útil estructural lo que no significa necesariamente que el pavimento esta inutilizado.

#### 3.1.4 Evaluación de la curva de deterioro

Para la zona en estudio no es posible graficar una curva de deterioro, usando el parámetro de deflectometría, históricamente se cuenta con un solo dato, tomado en el año 2009 luego de los trabajos de intervención, para el desarrollo del presente informe se tomo un segundo dato, año 2010, correspondiente a los 10 Km asignados, del Km 74+000 al Km 84+000, bajo el criterio lógico de deterioro el valor de la deflexión obtenida en el año 2010, debió ser mayor que el obtenido en el 2009, pero sucede que dicho valor se ha mantenido constante, por tanto nos queda discutir el por qué de este evento.

A comienzos del año 2010 se realizaron trabajos de recapeo o de refuerzo, esta actividad ha hecho que la deflexión actual haya salido en promedio igual, este acontecimiento hace que no sea posible asumir este nuevo dato para la curva de deterioro, por tanto, al final solo contamos con un dato, con ello no es posible analizar el comportamiento de este pavimento a lo largo del tiempo.

Debido a que es insuficiente la información, para la elaboración de la curva de deterioro, es necesario buscar otra forma de cómo modelar el comportamiento de la carretera, para ello se utilizó el modelo del Banco Mundial, el HDM.

### 3.2 APLICACIÓN DEL HDM-III

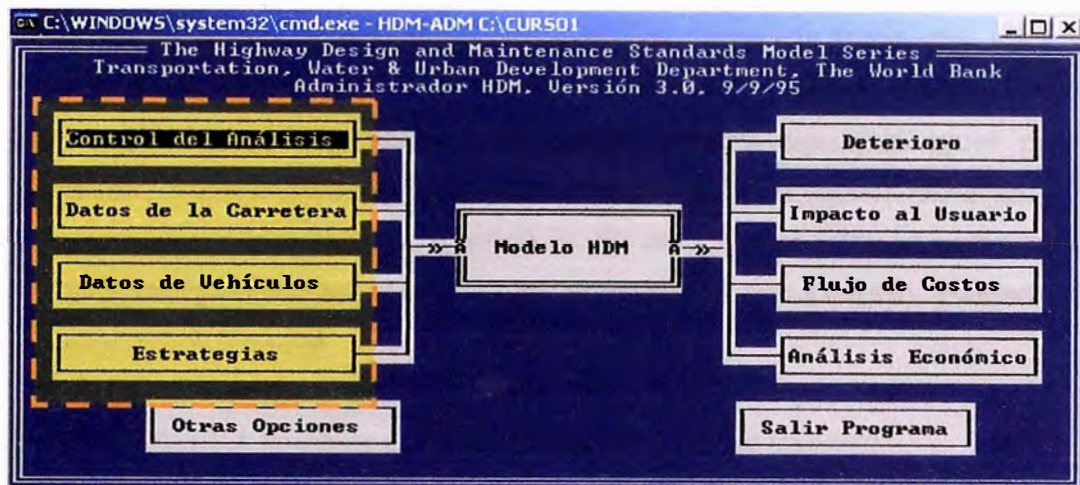
Este modelo permite la estimación, año por año para un período de hasta 30 años, de deterioro de las carreteras futuras, como resultado de los efectos de los volúmenes de tráfico que se espera y el clima. Para cada año del período evaluado, diferentes trabajos de mantenimiento físico son simuladas, que corresponde a cada política de conservación está siendo evaluado. Las alternativas de conservación para abarcar todas las modalidades técnicas que se utilizan actualmente. En general, el modelo HDM es muy útil en la simulación de la evolución de las condiciones del camino futuro durante el período analizado.

La carretera Cañete-Chupaca por la condición de ser una carretera de bajo volumen de tránsito además su geometría es variable en todo lo largo (tanto en sección con en sus radios de curvatura) y la estructura peculiar de su pavimento (base estabilizada con recubrimiento bituminoso), todos estos aspectos hace de ésta sea una carretera no convencional, el método a través del HDM, considera aspectos totalmente diferentes, pero para iniciar el análisis de deterioro, se adaptará algunas condiciones que pide el programa.

Para la ejecución del programa se asumirá que la estructura de la carretera es un pavimento de poca resistencia y con respecto a la geometría se asumirá que su sección es constante en todo lo largo.

El método contempla cuatro aspectos principalmente, ver figura N° 3-2, para la ejecución del programa, a continuación se detallas dichos aspectos.

Figura N° 3-2. Ventana de bienvenida del modelo, con la línea entrecortada se muestran los aspectos a analizar.



### 3.2.1 Control de Análisis.

En esta plantilla solo se registra los datos del proyecto, fecha de inicio del análisis, unidad monetaria y la tasa de descuento.

### 3.2.2 Datos de la carretera.

A este nivel se presentan tres plantillas:

#### A. Primera Plantilla.

Se ingresan los siguientes datos:

- Tipo de carretera, se asumió una del tipo pavimentada.
- Geometría; longitud de análisis (10 Km), ancho de calzada (4 m), ancho de berma (0,8 m), subida más bajada (50 m/Km), curvatura (120 grados/km)
- Medio Ambiente; altitud (1190 m), precipitación (0,0083 m/mes)

#### B. Segunda Plantilla.

- Superficie de Rodadura, tipo (se probaron todos los casos que contempla el modelo<sup>10</sup>, y todos arrojaron valores de funcionalidad muy parecidos, las más conservadora y por la cual optamos fue el Sello sobre tratamiento superficial), espesor de capa nueva (10 mm).

<sup>10</sup> El modelo contempla (7) tipos de superficie: Tratamiento superficial, Concreto asfáltico, Lechada sobre tratamiento superficial, Sello sobre tratamiento superficial, Sello sobre concreto asfáltico, Capa de mezcla en frío abierta y Sobrecarga o Lechada sobre concreto asfáltico.



- Base/Subrasante, tipo de base (se probaron todos los casos que contempla el modelo<sup>11</sup>, el más conservador y el que asumimos fue del tipo Granular), CBR de la subrasante (20 %), espesor de capa de base (50 mm) y el modulo de resiliencia del suelo-cemento (0 GPa).
- La resistencia del pavimento, es un parámetro opcional igual que su deflexión, se asumieron los valores de 3,5 y 0,5 mm, respectivamente.
- El estado de la carretera, se asumió un IRI de 3,6 y un 30% de peladuras.
- Historia del pavimento, edad de la capa superficial (1 año) y edad de la construcción (2 años).
- Factores de deterioro, todos un peso de 1.
- Mayor información sobre el ingreso de datos, ver el anexo A.

#### C. Tercera Plantilla.

- Tráfico, tráfico medio diario según el tipo de vehículo y el crecimiento vehicular anual en porcentaje, mayor detalle ver el anexo A.

### 3.2.3 Datos del vehículo.

A este nivel se presentan dos plantillas de parámetros:

#### A. Primera Plantilla.

- Características básicas; Peso bruto del vehículo, Número de ejes equivalentes (E4), número de ejes, número de neumáticos y número de pasajeros, cada uno diferenciado según el tipo de vehículo<sup>12</sup>. Mayor detalle ver el anexo A.
- Utilización de vehículo, vida útil, horas conducidas por año, horas conducidas por año, códigos de depreciación y utilización y la tasa de interés anual (%), cada uno diferenciado según el tipo de vehículo<sup>13</sup>. Mayor detalle ver el anexo A.

#### B. Segunda plantilla.

- Costos Económicos Unitarios, esta plantilla corresponde a precios del vehículo, neumático, mano de obra de mantenimiento, tripulación. Tiempo

---

<sup>11</sup> El modelo contempla (3) tipos de bases: Granular, Estabilizada con concreto y Bituminosa.

<sup>12</sup> Los tipos de vehículos que propone el modelo son: Auto, Pick-up, Bus, Camión ligero, Camión mediano, Camión pesado y Camión articulado.

<sup>13</sup> Los tipos de vehículos que propone el modelo son: Auto, Pick-up, Bus, Camión ligero, Camión mediano, Camión pesado y Camión articulado.

de pasajero y carga, cada uno diferenciado según el tipo de vehículo<sup>14</sup>.  
Mayor detalle ver el anexo A.

- También contempla el costo de combustible, petróleo y lubricantes.
- Todos estos valores se han asumido tal como se encuentran en el mercado peruano.

### 3.2.4 Estrategias.

A este nivel se muestran dos sub-entradas:

#### A. Costos de Operaciones.

En esta sub-entrada, encontramos los precios de las operaciones a realizar, por defecto para nuestra opción de carretera tipo pavimentada, el modelo considera: el bacheo (m<sup>2</sup>), el sellado (m<sup>2</sup>), el refuerzo (m<sup>2</sup>), la reconstrucción (m<sup>2</sup>) y el mantenimiento rutinario (Km por año), mayor detalle de los vaores ingresados ver el anexo A.

#### B. Definición de Estrategias.

Se han planteado cinco estrategias:

- Estrategia N° 1, contempla un mantenimiento rutinario y sellado al 30%. La actividad de sellado al 30%, significa permite hasta un 30% de área dañada para que se ejecute la intervención.
- Estrategia N° 2, contempla un mantenimiento rutinario y un bacheo al 0%. La actividad de bacheo al 0%, significa que no contempla ningún tipo de bache, apenas se muestra uno se aplicado el correctivo.
- Estrategia N° 3, contempla un mantenimiento rutinario, cacheo al 0% y un sellado al 30%. En este caso las actividades previstas son la suma de las estrategias N° 1 y N° 2.
- Estrategia N° 4, contempla un mantenimiento rutinario, cacheo al 0%, un sellado al 30% y un refuerzo. Este caso es similar al caso anterior (estrategia N° 3) pero en este caso se contempla adicionalmente la actividad de refuerzo que se ejecutará cuando sus valores de IRI del pavimento alcance el valor de 4, para ello se ha considerado la colocación de una

---

<sup>14</sup> Los tipos de vehículos que propone el modelo son: Auto, Pick-up, Bus, Camión ligero, Camión mediano, Camión pesado y Camión articulado.

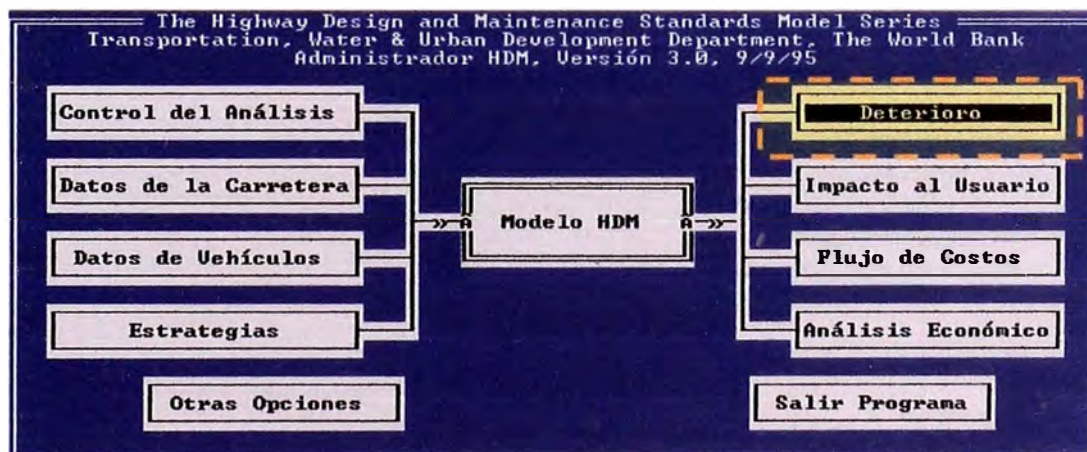
sobrecapa de 20 mm, con un coeficiente de resistencia de 0,2 y con una rugosidad final de 2,5.

- Estrategia N° 5, contempla solamente mantenimiento rutinario.

### 3.2.5 Salida de Datos

Luego del análisis de todas las estrategias, la estrategia N° 4, en donde intervienen el Mantenimiento Rutinario, el Bacheo al 0%, el Sellado de la superficie con una tolerancia del 30% (según los alcances del contrato), y un refuerzo de la superficie cuando el IRI indique valores de 4. Esta estrategia nos muestra un mejor comportamiento de la vía en un lapso de 10 años, para los 10 km en estudio. Desde el punto de vista económico también nos muestra un mejor panorama registrando una Tasa de Interés de Retorno de 56,6 % y unos beneficios netos de 4 911 dólares por km con una rugosidad media de 3,01.

Figura N° 3-3. Ventana de salida del programa HDM, con la línea entrecortada se muestra el aspecto a analizar.



### 3.3 COMPARACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

A continuación se muestran los comportamientos de los valores de IRI y del número estructural (SN) de cada estrategia propuestas, a través del tiempo y de los ejes equivalentes.

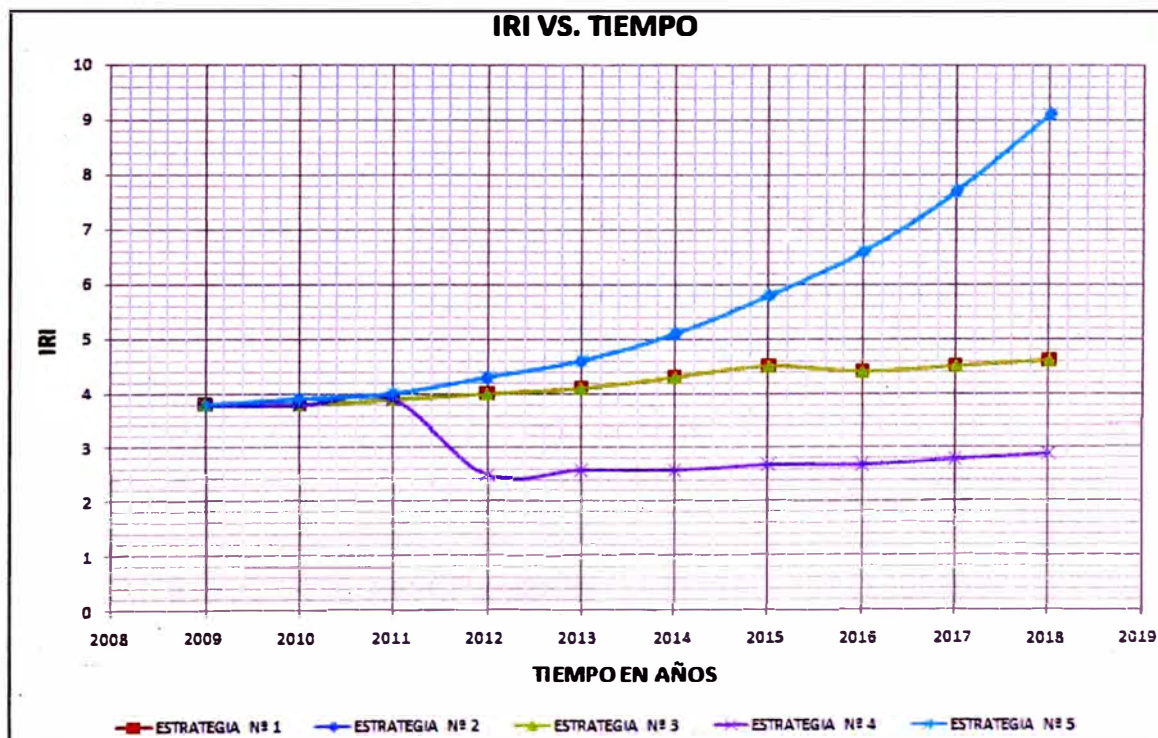
De la figura N° 3-4, se deduce lo siguiente:

La estrategia N° 2 y N° 5 muestran un mismo comportamiento ya que en ambos casos no se considera la actividad de sellado de la carretera, eso hace que a través del tiempo la carpeta va perdiendo su serviciabilidad.

A diferencia que en las estrategias N° 1 y N° 3, si se realiza dicha actividad, el sellado, mientras que en una de ellas no se considera el bacheo, por lo que se puede deducir, que los trabajos de sellados son más importantes que los trabajos de bacheos, ya que estos tienen más incidencia en la serviciabilidad de la carretera.

Finalmente la estrategia N° 4, presenta lo mismo que las dos anteriores pero se le agrego una actividad más, que es el refuerzo, actividad que logro bajar su valor como si fuera una estructura nueva, este trabajo se ha programado para el año 2012.

Figura N° 3-4. Se aprecia el comportamiento de los valores del IRI de cada estrategia a través del tiempo.

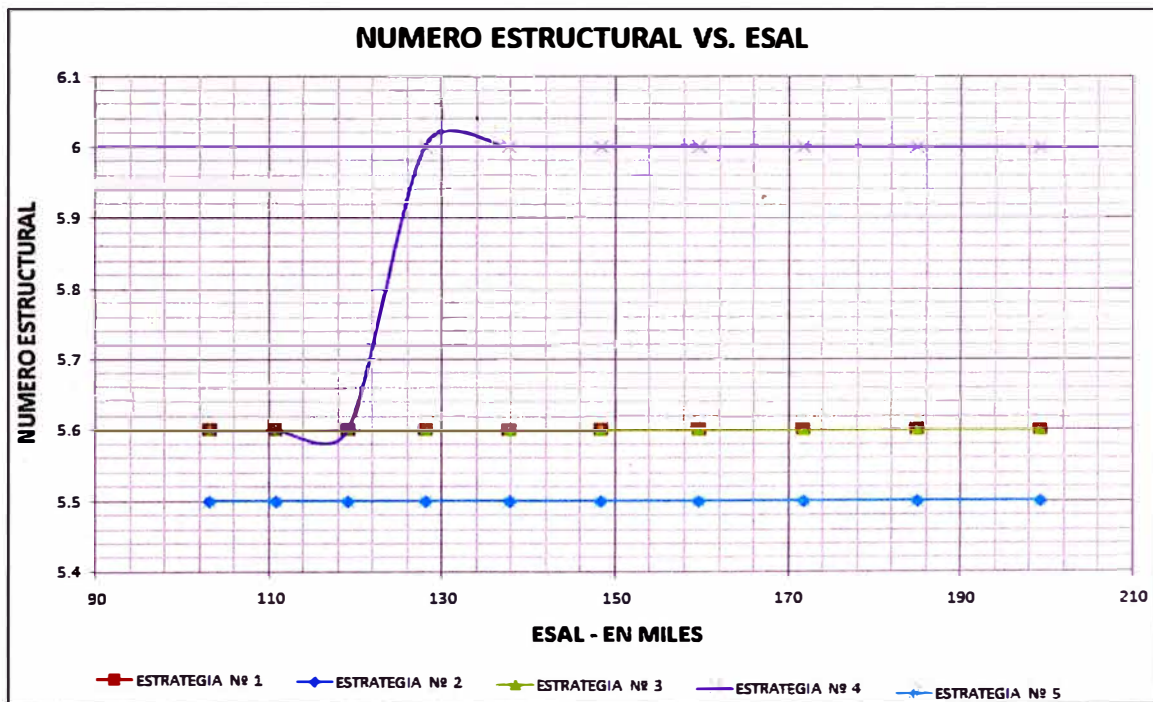


De la figura N° 3-5, se deduce lo siguiente:

Las estrategias N° 1, N° 2, N° 3 y N° 5, presentan una particularidad en su comportamiento, su número estructural a través de sus ejes equivalente proyectados se mantiene constante a través del tiempo, eso quiere decir que su condición estructural es buena, solo existen cambios sustanciales a nivel funcional.

La estrategia N° 4, es la única que presenta un cambio, pero es debido a que en dicha estructura cuenta en su estrategia una actividad de refuerzo, por ello se incrementa dicho parámetro.

Figura N° 3-5. Se aprecia el comportamiento de los valores del Número Estructural (SN) de cada estrategia con respecto al número de ejes equivalentes.

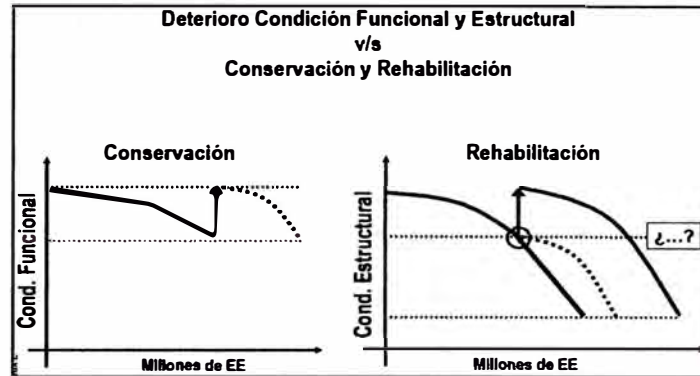


### 3.4 CRITERIOS DE CONSERVACIÓN

Según las figuras N° 3-4 y N° 3-5, en donde se pueden apreciar el comportamiento tanto funcional como el estructural, y de donde se dedujo que el aspecto estructural se mantiene constante a través del tiempo y a pesar de las solicitudes que tiene, el aspecto variable es el funcional, por tanto los

criterios de conservación que se hacen hincapié será en lo que refiere a la condición funcional.

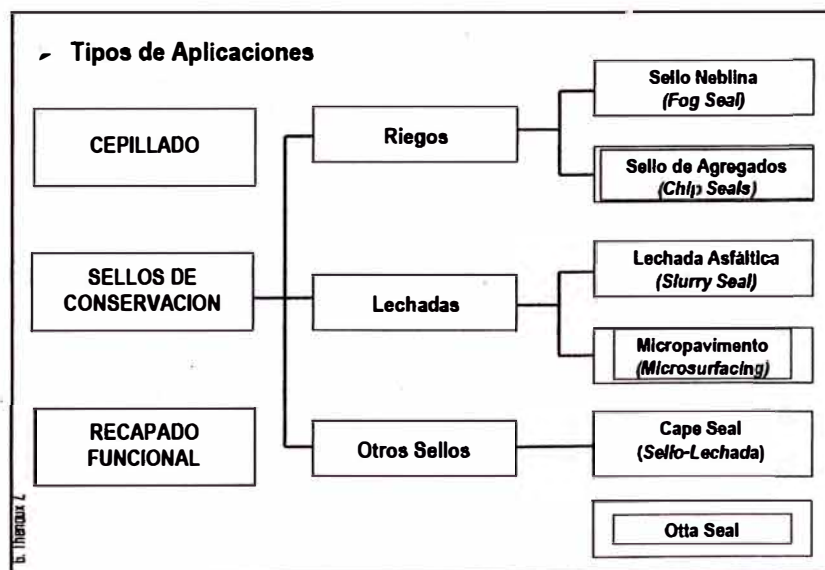
Figura N° 3-6. Comportamiento de las condiciones tanto funcional como estructural



La aplicación superficial con material asfáltico sobre un pavimento asfáltico existente. Por su limitado espesor, los sellos no aportan capacidad estructural al pavimento, como tampoco (la mayoría) corrigen el IRI. Los objetivos principales de los sellos de conservación son los siguientes:

- Reducir la tasa de deterioro actual
- Proteger el pavimento del agua
- Mejorar las propiedades funcionales como: el IRI, la resistencia al deslizamiento, efecto de la lluvia, ruido y la apariencia

Figura N° 3-7. Se muestra los tipos de tratamientos que se pueden aplicar.



De todas estas actividades propuestas para mejorar la carpeta de rodadura, solo dos fueron y siguen siendo aplicadas al tramo de estudio, estas son el sello de agregados (monocapa) y la lechada asfáltica (Slurry seal). Claro está esto es aparte de utilizar el sellado y el recapado.

A continuación se hará mención de las actividades que han sido contempladas ser ejecutadas durante el periodo de concesión, estas actividades han sido divididas en:

### 3.4.1 Mantenimiento Rutinario

Las actividades contempladas, por la empresa responsable de la concesión, para el mantenimiento rutinario son:

- Roce y 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 las Rutas contratadas, en material común o conglomerados (de hasta 200 m<sup>3</sup> por evento), incluido el acarreo a los botaderos autorizados.
- Sello de Fisuras.
- Bacheo superficial y profundo localizado.
- Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial.

Foto N° 3-1. Algunas actividades correspondientes al mantenimiento rutinario.



### 3.4.2 Mantenimiento Periódico

Las actividades contempladas, por la empresa responsable de la concesión, para el mantenimiento rutinario son:

- Bacheo de la carpeta asfáltica
- Tratamiento superficial
- Bacheo y tratamiento superficial
- Renivelación de la carpeta asfáltica
- Renivelación 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

#### Atención de emergencias viales extraordinarias

Se considera una emergencia a todo obstáculo o derrumbe mayor de 200 m<sup>3</sup> por evento, que impida el libre tránsito vehicular sobre la calzada.



Foto N° 3-2. Atención de Emergencias



### 3.5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Todas estas actividades realizadas con el fin de mejorar una carretera de bajo tránsito conformada sobre una vía afirmada no son nuevas, sino que se han constituido en alternativas viables en varios países y, por tanto, los resultados de mejorar la transitabilidad entre poblados son una realidad. Será necesario, sin embargo, realizar intervenciones frecuentes en la calzada cuando ésta lo requiera, en función del clima, del tránsito realmente generado, de las condiciones de drenaje y demás factores que puedan influir en su vida útil. Los mantenimientos periódicos y rutinarios son por tanto los esperados para que este tipo de soluciones económicas prolonguen su vida útil.

Con el cambio de la superficie de rodadura se logra una serie de mejoras en la seguridad vial como tener una carpeta más estable, sin deformaciones, con disminución ostensible o eliminación del polvo, etc. Pero, contrariamente, a esta mejora también se empiezan a notar problemas que tienen que ver con el comportamiento del conductor. Quien al contar con un camino mejorado empieza a aumentar la velocidad de circulación a niveles no deseados (figura N° 3-3 A). Por otro lado se tiene el comportamiento de los pobladores del lugar

de continuar usando el camino según costumbres anteriores al mejoramiento (figura N° 3-3 B). Estos dos comportamientos humanos son causas de accidentes, por lo que se debe actuar en ambos sentidos: con los conductores y con los lugareños mediante la participación ciudadana en los instructivos de seguridad vial.

Foto N° 3-3. Consecuencias debido al mejoramiento de la carretera.



(A) Exceso de velocidad

(B) Invasión de rebaños

## CONCLUSIONES

- No es posible graficar una curva de deterioro a través del método de las deflexiones (usando la Viga Benkelman) ya que históricamente se cuenta con un dato, y en el desarrollo del presente informe se tomó un segundo dato, por tanto con dos puntos no es posible definir el comportamiento de su curva de deterioro.
- Completando lo anterior citado, para conocer el comportamiento real de la carretera se debió haber evaluado dicha vía sin ningún trabajo de mantenimiento para conocer el deterioro real de la misma, caso que no fue posible, porque meses antes se realizaron trabajos de sellado, esto significa una mejora a nivel superficial.
- Según el análisis a través del programa HDM, se concluye que el programa tiene mayor sensibilidad en el aspecto funcional que en el aspecto estructural.
- Debido a la sensibilidad del programa en el aspecto funcional, las medidas preventivas (actividades de mantenimiento) a considerar se basan en la serviciabilidad del mismo, a través del sellado, tales soluciones son a nivel superficial, si no se aplican a tiempo tienden a dañar la estructura del pavimento. El programa HDM propone ejecutar en el año 2009 un sellado y en el 2011 se un refuerzo.
- El comportamiento estructural de la base estabilizada, según el modelo HDM, refleja tener un comportamiento homogéneo a través del tiempo, ya que su número estructural no sufre alteraciones, esto es una incongruencia con la realidad, bien sabemos que por el constante flujo vehicular se producirán efectos de fatiga en la estructura, por tanto se infiere que debe existir una variación de dicho número.
- El comportamiento estructural del pavimento, a través del método mecanístico, nos arroja un tiempo de deterioro aproximado de 4 años, por efecto de fatiga, este criterio es mucho más realista.

- Desde el punto de vista estructural, los resultados que arroja el programa HDM, versión 3.0, difieren mucho de los obtenidos por el método mecanístico. El método mecanístico no es determinante pero se ajusta mejor al comportamiento real de un pavimento, mientras que, el HDM contempla un deterioro casi nulo. Por tanto, para realizar la evaluación estructural de la carretera Cañete-Chupaca a través del método HDM, sería no recomendable.
- Y desde el punto de vista funcional, el programa HDM, si manifiesta un comportamiento real del pavimento. Por tanto, a este nivel si se recomienda su aplicación, previa calibración y adaptación a las condiciones de la vía.
- Una disminución de la calidad funcional de un pavimento “no afecta necesariamente” la calidad estructural, pero, un deterioro en la calidad estructural en muchos casos afecta la calidad funcional.
- El tiempo de concesión otorgada para esta carretera es de 5 años, es un tiempo prudencial de análisis, que permite evaluar su comportamiento futuro como alternativa de vía de penetración a la zona alto andina del Perú.
- El IMD registrado en los años 2008 y 2009, superan los 400 vehículos por día, requisito para que no se le siga considerando una carretera de bajo volumen de tránsito.
- El evaluación de una carretera a través de la Viga Benkelman, es un método que arroja poco margen de confiabilidad, debido a que existen muchos aspectos condicionantes, como el humano (memoria instantánea, ángulo de visión, sincronización de toma de datos, coordinación operador-chofer, etc.) y mecánico (calibración del equipo y condiciones mecánicas del vehículo usado para la prueba, presión de neumáticos, peso de la carga solicitada, etc.)
- Las nuevas concesiones para esta carretera deben ser en un plazo no menor de 10 años. Ya que la capacidad estructural del pavimento bajo las

condiciones de bajo volumen de tránsito, son óptimas para llegar a cubrir dicho tiempo.

- Los resultados que se presentan son de una primera aplicación del modelo, este trabajo servirá para futuros modelamientos ya sea en la versión 3.0 o en la versión 4 del HDM.
- La finalidad principal de la intervención económica, a través del HDM, es lograr un aumento significativo del tránsito para así tener un escenario intermedio que permita intervenciones de mayores estándares.

## RECOMENDACIONES

- Reformular los términos de referencia para las futuras contrataciones de conservación con respecto al mejoramiento de la geometría de la carretera. Considerando que por lo expuesto en una de las conclusiones, puede dejar de ser una carretera de bajo volumen de tránsito.
- Elaborar un estudio de costos y beneficios exógenos, los cuales incluyan todos las repercusiones sociales y económicas que se crearían al mejorar esta carretera y así poder justificar su nueva condición de no ser una vía de bajo volumen de tránsito.
- Se recomienda no descuidar el mantenimiento rutinario, en lo que respecta a la limpieza de alcantarillas, ya que en momentos de la inspección de observaron dos de éstas obstruidas.
- Se recomienda elaborar un registro de valores de deflexión, con datos semestrales de la carretera para poder elaborar la curva de deterioro que se necesita y para la interpretación y manejo de estos datos es muy importante tener la asesoría de un experto.

## BIBLIOGRAFÍA

Anchordo-Collao, Rodrigo; HDM Manager versión 3.0; The World Bank / 1995

Balboa Alarcón, Charles Robert; Monitoreo de la serviciabilidad de la carretera Cañete-Yauyos del Km 59+000 al Km 64+000 – Superficie de rodadura; Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2009

Cariapaza Nayhua, Oscar Martin; Mejoramiento de la carretera Cañete-Yauyos del Km 57+900 al Km 58+200 – Diseño de suelo reforzado; Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2008

Chang Albritres, Carlos y Meléndez Palma, José; Aplicación del modelo HDM-III en la evaluación de proyectos viales; XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil; 2 001

Gutiérrez Lázares, José Wilfredo; Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú; Tesis de maestría – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2007

Isla Alvarez, David Rogelio; Deterioro de Pavimentos y Gestión de Mantenimiento Vial; Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2002

Limaco Herrera, Ángel Alberto; Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo del km 162+900 hasta km 163+200, conservación, seguridad y señalización vial; Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2009

Ministerio de Transportes y Comunicación – Consorcio de Rehabilitación Vial CONREVIAL; Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – Volumen C

Ministerio de Transportes y Comunicación – Manual Técnico de Mantenimiento Periódico para la red vial departamental no pavimentada

Ministerio de Transportes y Comunicación – Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la red vial departamental no pavimentada

Ministerio de Transportes y Comunicación – Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial – Diario El Peruano – Feb 2006

Rodríguez Mogollón Wilder, Pavimentos económicos sobre vías afirmadas experiencia peruana, Colegio de ingenieros civiles de Costa Rica - Congreso CIC-2010, San José - Costa Rica, octubre 2010

Romero Coronado, Elvis Pablo; Aplicación de la Viga Benkelman en carreteras afirmadas, propuesta para su rehabilitación – Cusco-Quillabamba tramo II Carrizales-Alfamayo (km 66+600 al 84+400); Tesis – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2009

Thenoux Z. Guillermo, Guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito, Dirección de Vialidad Ministerio de Obras Públicas, Chile, enero 2002

Yancán Torres, Roberto Carlos; Modalidades ejecutivas para conservación de carreteras y su aplicación a la carretera Piura-Sechura; Tesis – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima-Perú / 2007

### **Páginas Webs Consultadas**

Banco Mundial (Worldbank)

[http://www.worldbank.org/transport/roads/rd\\_tools/hdm3.htm](http://www.worldbank.org/transport/roads/rd_tools/hdm3.htm)

Ministerio de Transportes y Comunicación – Reglamento Nacional de Vehículos – Decreto Supremo – 2003

<http://www.placas.pe/Documentos/DS-058-2003-MTC.pdf>

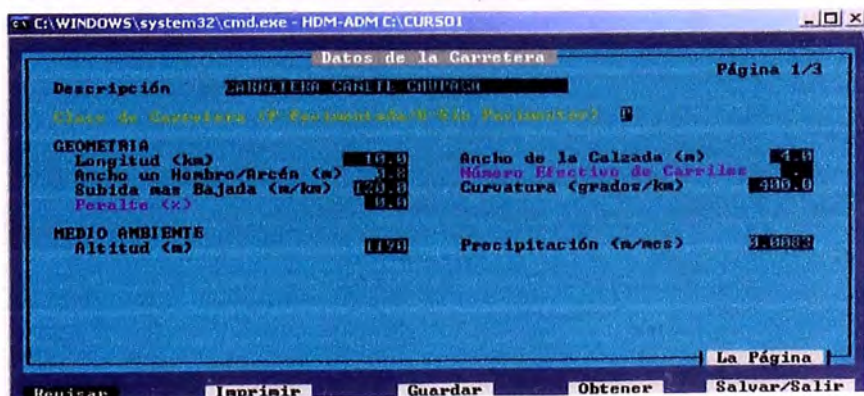
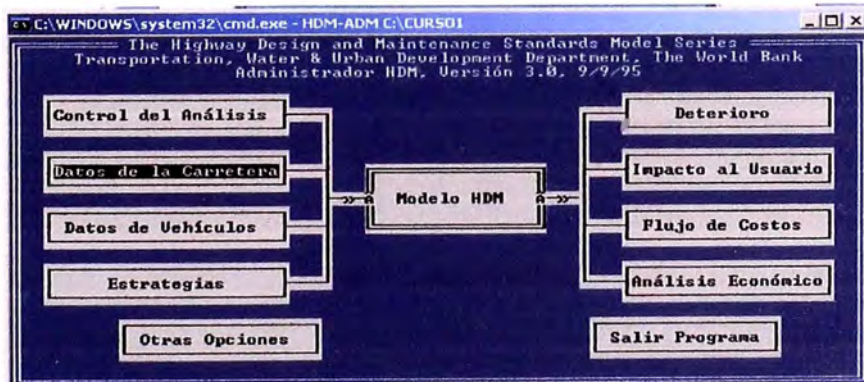
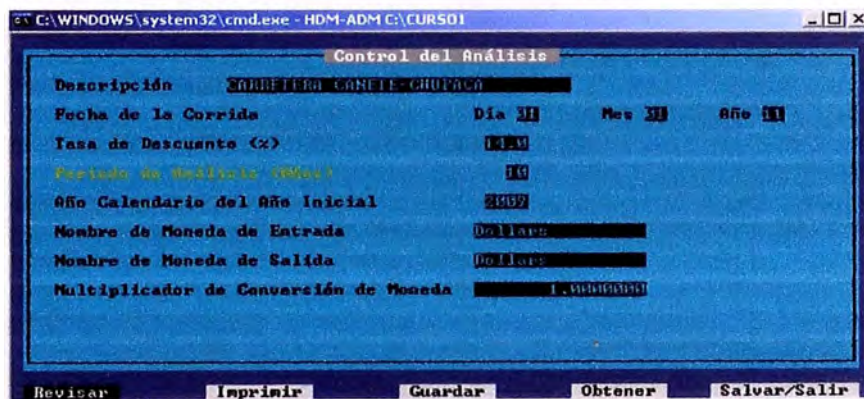
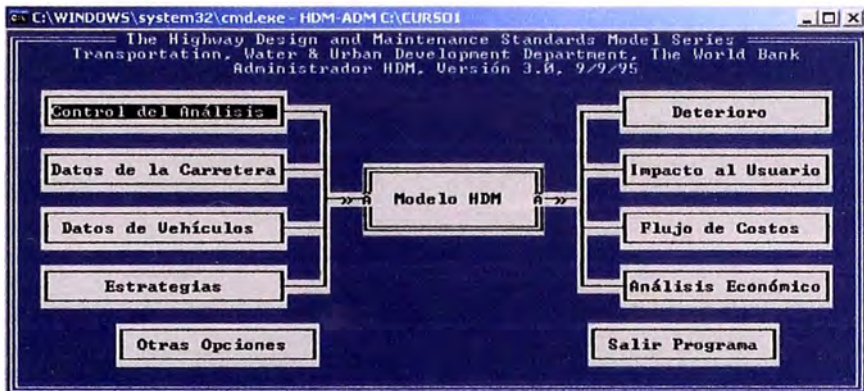
Provias Nacional, bases de los proyectos ejecutables para el 2010, <http://www.proviasnac.gob.pe/proyctoperu.html>



# ANEXOS

## Anexo A. Ejecución del programa HDM

### Ingreso de datos



C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

**Datos de la Carretera** Página 2/3

**SUPERFICIE** Tipo de Superficie:  Espesor de Capas Nuevas (mm):  Espesor de Capas Viejas (mm):

**BASE/SUBRASANTE** Tipo de Base:  CBR de la Subrasante (<x>):   
 Si Base es Cemento Estab.: Espesor de Capas de Base (mm):   
 Módulo Resiliencia Suslo-Cemento (GPa):

**RESISTENCIA** Número Estructural:  Deflexión Viga Benkelman (mm):

**ESTADO** Rugosidad (IRI):  Peladuras de Superficie:

Total de Grietas (<x>):  Grietas Anchas (<x>):  Hachas (<x>):   
 Peladuras (<x>):  Roderas (mm):  D. E. Roderas (mm):

**HISTORIA** Edad Capa Superficial (años):  Edad Construcción (años):   
 Si Hay Capas Viejas, Area de Grietas Anchas Anteriores (<x>):

**FACTORES DE DETERIORO**

Iniciación de Grietas: <input type="text" value="1.00"/>	Factor del Medio Ambiente: <input type="text" value="1.00"/>
Iniciación de Peladuras: <input type="text" value="1.00"/>	Progresión de Grietas: <input type="text" value="1.00"/>
Progresión de Hachas: <input type="text" value="1.00"/>	Progresión de Roderas: <input type="text" value="1.00"/>
	Progresión de Rugosidad: <input type="text" value="1.00"/>

La Página

Revisar    Imprimir    Guardar    Obtener    Salvar/Salir

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

**Datos de la Carretera** Página 3/3

**TRAFICO**

	Auto Pick-up	Bus	Camión Ligero	Camión Medio	Camión Pesado	Camión Articulado
Tráfico Medio Diario	<input type="text" value="290"/> 120	<input type="text" value="10"/> 50	<input type="text" value="60"/> 30	<input type="text" value="10"/> 50	<input type="text" value="50"/> 0	<input type="text" value="0"/> 0
Crecimiento Anual (<x>)	<input type="text" value="20.0"/> 12.0	<input type="text" value="5.0"/> 5.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="0.0"/> 0.0	<input type="text" value="6.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0

Cambiar Crecimiento Anual en Año:

Nuevo Crecimiento Anual:

**CONGESTION**

Incluir Congestión (V-E/C/M/Km):

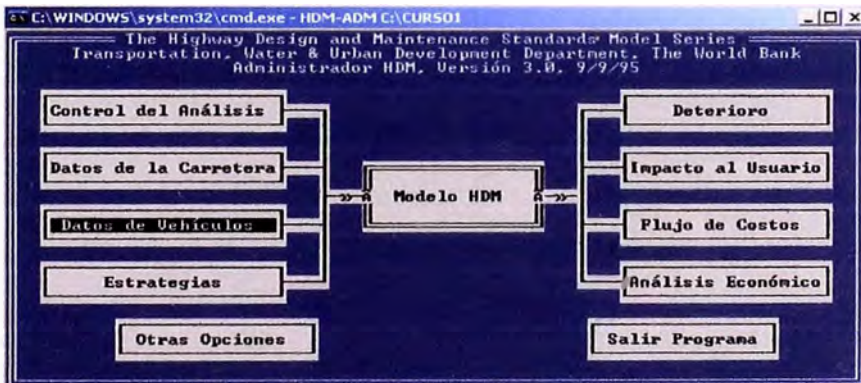
Tipo de Congestión:

Factor de Congestión:

Fricción Lateral en la Carretera:

La Página

Revisar    Imprimir    Guardar    Obtener    Salvar/Salir



C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

**Datos de Vehículos - Parámetros Requeridos** Página 1/2

Descripción	Auto Pick-up	Bus	Camión Ligero	Camión Medio	Camión Pesado	Camión Articulado
<b>CARACTERISTICAS BASICAS</b>						
Peso Bruto Vehicular (<t>)	<input type="text" value="1.270"/> 2.100	<input type="text" value="13.125"/> 6.850	<input type="text" value="15.400"/> 21.000	<input type="text" value="18.350"/> 38.350	<input type="text" value="4.350"/> 4.350	<input type="text" value="5"/> 5
N. Ejes Equivalentes (E4)	<input type="text" value="0.000"/> 2	<input type="text" value="1.850"/> 2	<input type="text" value="1.150"/> 2	<input type="text" value="2.750"/> 3	<input type="text" value="2.000"/> 3	<input type="text" value="1.000"/> 3
Número de Ejes	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2
Número de Neumáticos	<input type="text" value="4"/> 4	<input type="text" value="6"/> 6	<input type="text" value="6"/> 6	<input type="text" value="6"/> 6	<input type="text" value="10"/> 10	<input type="text" value="18"/> 18
Número de Pasajeros	<input type="text" value="1.00"/> 0.00	<input type="text" value="10.00"/> 1.00	<input type="text" value="1.00"/> 1.00	<input type="text" value="1.00"/> 1.00	<input type="text" value="1.00"/> 1.00	<input type="text" value="1.00"/> 1.00
<b>UTILIZACION DEL VEHICULO</b>						
Vida Útil (años)	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0	<input type="text" value="10.0"/> 0.0
Horas Conducidas por Año	<input type="text" value="400"/> 700	<input type="text" value="2400"/> 1400	<input type="text" value="1400"/> 2400	<input type="text" value="2400"/> 2400	<input type="text" value="2400"/> 2400	<input type="text" value="2400"/> 2400
KM Conducidos por Año	<input type="text" value="25000"/> 100000	<input type="text" value="120000"/> 600000	<input type="text" value="600000"/> 1000000	<input type="text" value="1000000"/> 1000000	<input type="text" value="1000000"/> 1000000	<input type="text" value="1000000"/> 1000000
Costo de Depreciación	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2	<input type="text" value="2"/> 2
Costo de Utilización	<input type="text" value="1"/> 1	<input type="text" value="1"/> 1	<input type="text" value="1"/> 1	<input type="text" value="1"/> 1	<input type="text" value="1"/> 1	<input type="text" value="1"/> 1
Tasa de Interés Anual (<x>)	<input type="text" value="0.10"/> 0.10	<input type="text" value="0.10"/> 0.10	<input type="text" value="0.10"/> 0.10	<input type="text" value="0.10"/> 0.10	<input type="text" value="0.10"/> 0.10	<input type="text" value="0.10"/> 0.10

La página

Revisar    Imprimir    Guardar    Obtener    Salvar/Salir

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Datos de Vehículos - Parámetros Requeridos Página 2/2

	Auto Pick-up	Bus Ligero	Camión Medio	Camión Pesado	Camión Artic.
<b>COSTOS ECONOMICOS UNITARIOS</b>					
Vehículo Nuevo (M)	11855	10579	17700	69000	103500
Pneumático Nuevo (M)	37.4	46.7	274.8	118.9	274.8
Mano de Obra Mant. (M/hr)	2.04	2.04	2.35	2.35	2.35
Tripulación (M/trip-hr)	0.00	0.28	2.74	1.65	2.12
Tiempo Pasajero (M/pa-hr)	1.40	1.40	0.72	0.72	0.72
Tiempo Carga (M/veh-hr)	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09
Precio Gasolina (M/lt)	1.29				
Precio Diesel (M/lt)	1.10				
Precio Lubricantes (M/lt)	5.03				

Nota: M es la moneda de entrada definida en el Control del Análisis

La página

Revisar    Imprimir    Guardar    Obtener    Salvar/Salir

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Costos de Operaciones

Definición de Estrategias

Estrategias

Banco de Datos de Políticas

- Políticas de Mant. Pavimentadas
- Políticas de Mant. No Paviment.
- Políticas de Construcción
- Políticas de Cst-Bnf Exógenos

Salida

Costos de Operación.

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Estrategias - Costos de Operaciones

Descripción **CAÑETE CHUPACA**

Operación	Costos Financieros	Costos Económicos
Perfilado (Moneda por km de camino perfilado)	791.0	591.3
Bacheo de Grava Localizado (Moneda por m3)	30.24	22.68
Reposición de Grava (Moneda por m3)	18.91	8.11
Mantenimiento de Rutina No Pav (Moneda por km por año)	1200	2037
Bacheo (Moneda por m2)	100.50	77.76
Esilo (Moneda por m2)	2.19	1.64
Refuerzo (Moneda por m2)	5.61	4.21
Reconstrucción (Moneda por m2)	0.00	0.00
Mantenimiento de Rutina Pavim. (Moneda por km por año)	21552	16164
Construcción (Miles de moneda por km)	145.0	300.0

Nota: La moneda de entrada es definida en el Control del Análisis

Revisar    Imprimir    Guardar    Obtener    Salvar/Salir

Definición de Estrategias.

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Costos de Operaciones

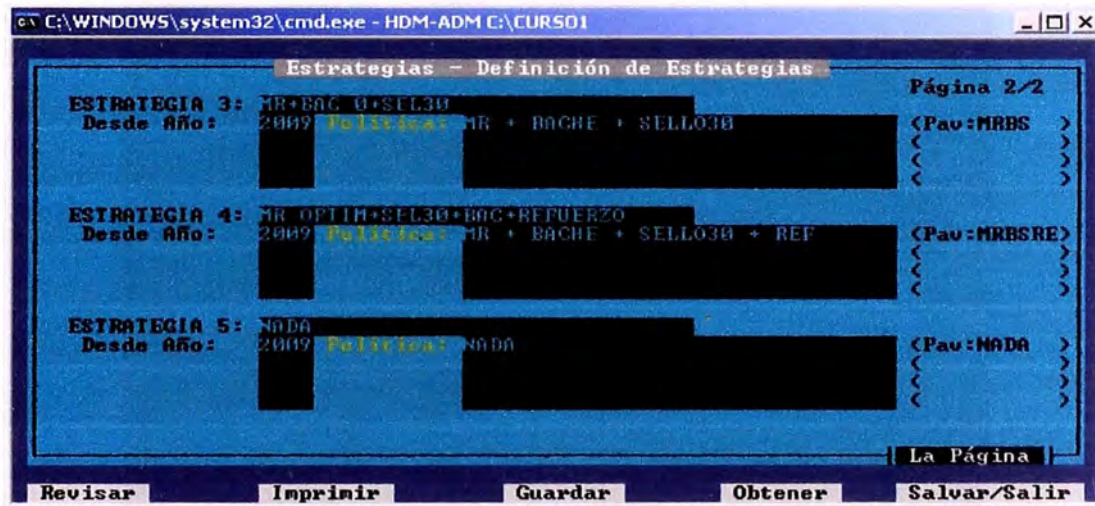
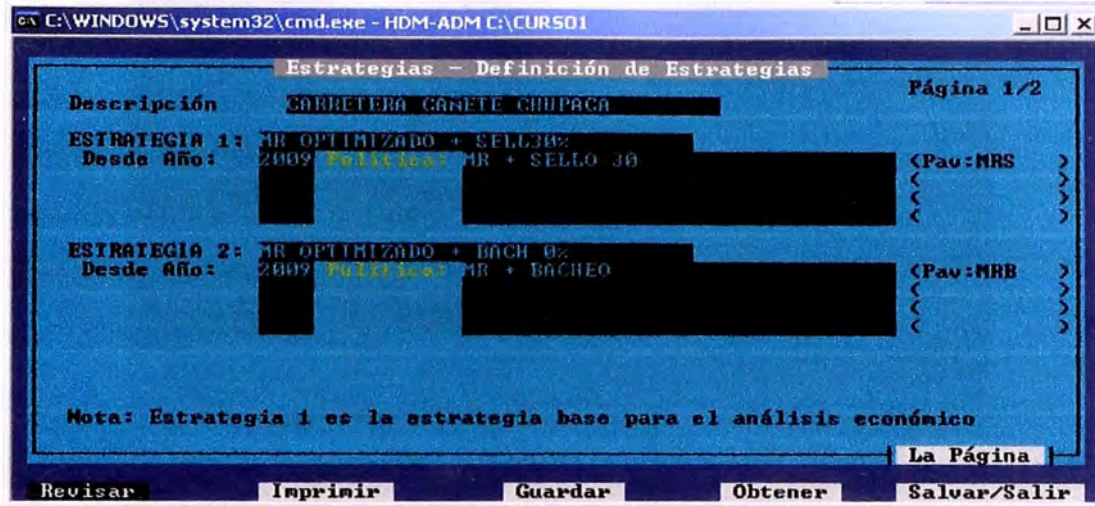
Definición de Estrategias

Estrategias

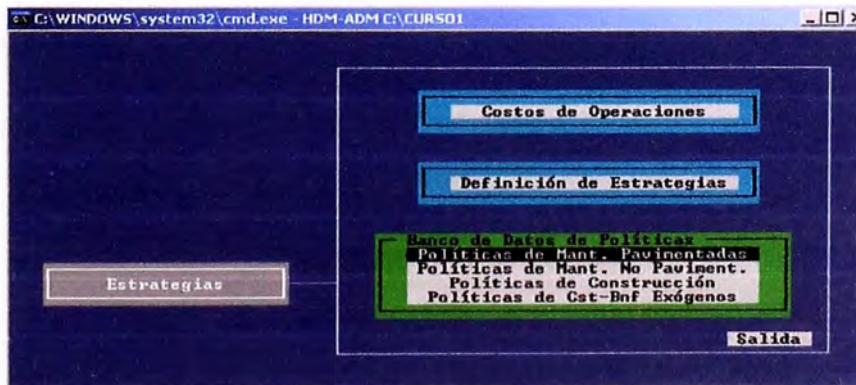
Banco de Datos de Políticas

- Políticas de Mant. Pavimentadas
- Políticas de Mant. No Paviment.
- Políticas de Construcción
- Políticas de Cst-Bnf Exógenos

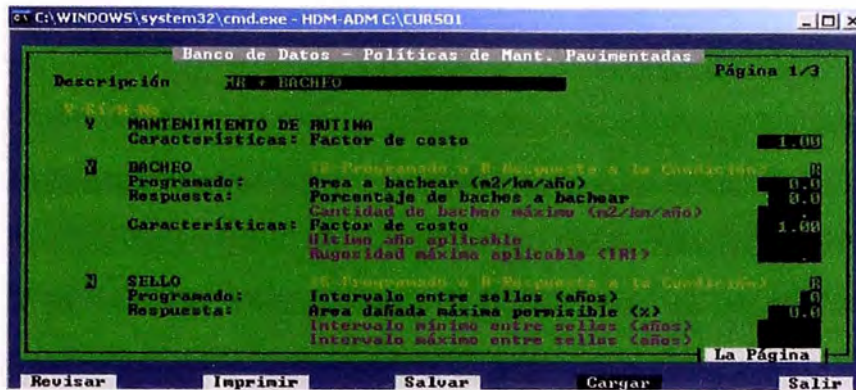
Salida



Definición de Políticas de Mantenimiento.



Mantenimiento Rutinario + Bacheo 0%



Mantenimiento Rutinario + Sellado 30%



Mantenimiento Rutinario + Bacheo 0% + Sellado 30%





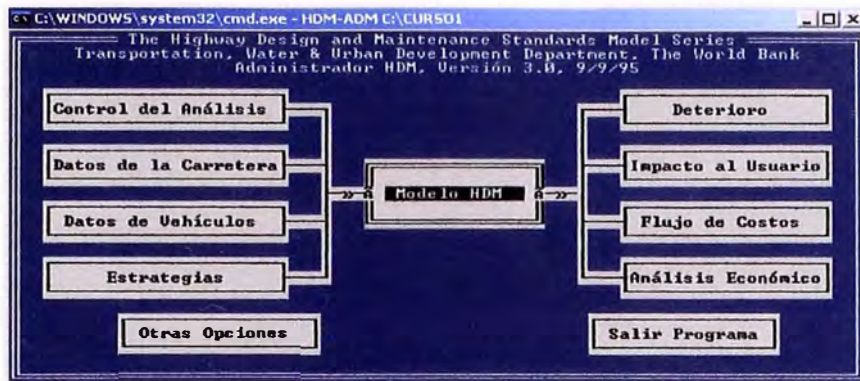
Mantenimiento Rutinario + Bacheo 0% + Sellado 30% + Refuerzo



Ninguna Actividad

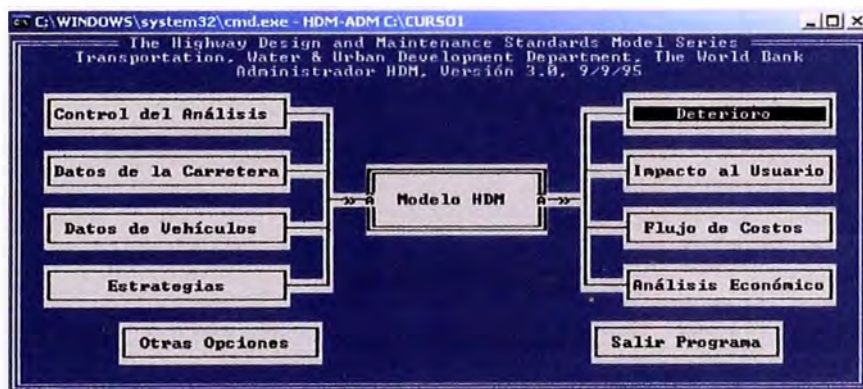


### Ejecución del Programa



### Salida de datos

### Análisis del Deterioro



### Resumen de la Estrategia 1

Primer Estrategia - MR OPTIMIZADO + SELL30%

Año	Operación	Rugosidad IRI	Total Grueso %	Grietas Ancho %	Peladuras %	Área Bacheos %	Rodajes %	M.S. Modif	Superficie	Grava 2-Dir mm	Anual 2-Dir TMD ESA	Anual 000
1 2009	RESE	3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	575	103.1	
2 2010		3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	672	110.8	
3 2011		3.9	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	789	119.1	
4 2012		4.0	1	0	0	0.00	2	5.6	SEST	929	128.1	
5 2013		4.1	5	0	0	0.00	2	5.6	SEST	1099	137.8	
6 2014		4.3	13	0	0	0.00	2	5.6	SEST	1305	148.3	
7 2015		4.5	28	21	0	0.00	2	5.6	SEST	1555	159.6	
8 2016	RESE	4.4	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	1858	171.8	
9 2017		4.5	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	2227	185.0	
10 2018		4.6	0	0	0	0.00	2	5.6	SEST	2670	199.3	

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir



### Resumen de la Estrategia 2

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CUR501

Segunda Estrategia - MR OPTIMIZADO + BACH 0%

Año	Operaciones	Rugosidad IRI	Tota Grietas %	Grietas Anchas %	Pela dura %	Area Bache %	Rode ras mm	N.S. Modi	Superrficie	Gra va mm	2-Dir TMD	Anual 2-Dir ESA 000
1 2009		3.8	3	0	76	0.00	2	5.5	SSST		575	103.1
2 2010		3.9	9	0	91	0.00	2	5.5	SSST		672	110.8
3 2011		4.0	22	7	78	0.00	2	5.5	SSST		789	119.1
4 2012		4.3	42	27	59	0.00	2	5.5	SSST		929	128.1
5 2013		4.6	66	63	34	0.00	2	5.5	SSST		1099	137.8
6 2014		5.1	82	82	17	0.00	2	5.5	SSST		1305	148.3
7 2015		5.8	92	92	6	1.90	2	5.5	SSST		1555	159.6
8 2016		6.6	96	96	0	3.50	2	5.5	SSST		1858	171.8
9 2017		7.7	94	94	0	5.70	2	5.5	SSST		2227	185.0
10 2018		9.1	91	91	0	0.60	2	5.5	SSST		2678	199.3

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

### Resumen de la Estrategia 3

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CUR501

Tercera Estrategia - MR+BAC 0+SEL30

Año	Operaciones	Rugosidad IRI	Tota Grietas %	Grietas Anchas %	Pela dura %	Area Bache %	Rode ras mm	N.S. Modi	Superrficie	Gra va mm	2-Dir TMD	Anual 2-Dir ESA 000
1 2009	RESE	3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		575	103.1
2 2010		3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		672	110.8
3 2011		3.9	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		789	119.1
4 2012		4.0	1	0	0	0.00	2	5.6	SSST		929	120.1
5 2013		4.1	5	0	0	0.00	2	5.6	SSST		1099	137.8
6 2014		4.3	13	0	0	0.00	2	5.6	SSST		1305	140.3
7 2015		4.5	20	21	0	0.00	2	5.6	SSST		1555	159.6
8 2016	RESE	4.4	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		1858	171.8
9 2017		4.5	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		2227	185.0
10 2018		4.6	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		2678	199.3

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

### Resumen de la Estrategia 4

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CUR501

Cuarta Estrategia - MR OPTIM+SEL30+BAC+REFUERZO

Año	Operaciones	Rugosidad IRI	Tota Grietas %	Grietas Anchas %	Pela dura %	Area Bache %	Rode ras mm	N.S. Modi	Superrficie	Gra va mm	2-Dir TMD	Anual 2-Dir ESA 000
1 2009	RESE	3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		575	103.1
2 2010		3.8	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		672	110.8
3 2011		3.9	0	0	0	0.00	2	5.6	SSST		789	119.1
4 2012	OVER	2.5	0	0	0	0.00	0	6.0	OCMS		929	128.1
5 2013		2.6	0	0	0	0.00	0	6.0	OCMS		1099	137.8
6 2014		2.6	0	0	0	0.00	0	6.0	OCMS		1305	148.3
7 2015		2.7	0	0	0	0.00	0	6.0	OCMS		1555	159.6
8 2016		2.7	0	0	0	0.00	0	6.0	OCMS		1858	171.8
9 2017		2.8	0	0	0	0.00	1	6.0	OCMS		2227	185.0
10 2018		2.9	0	0	0	0.00	1	6.0	OCMS		2678	199.3

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

### Resumen de la Estrategia 5

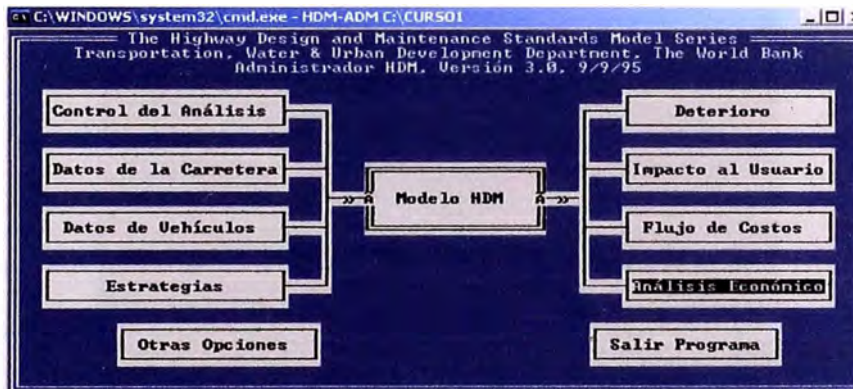
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Quinta Estrategia - NADA

Año	Operaciones	Rugosidad IRI	Total Grietas %	Grietas Anchas %	Pela dura %	Area Bache %	Roderos mm	N.S. Modi	Superficie	Grama	2-Dir TMD	Anual 2-Dir ESA 000
1 2009		3.8	3	0	76	0.00	2	5.5	SSST		575	103.1
2 2010		3.9	9	0	91	0.00	2	5.5	SSST		672	110.0
3 2011		4.0	22	7	78	0.00	2	5.5	SSST		789	119.1
4 2012		4.3	42	27	59	0.00	2	5.5	SSST		929	128.1
5 2013		4.6	66	63	34	0.00	2	5.5	SSST		1099	137.6
6 2014		5.1	82	82	17	0.00	2	5.5	SSST		1305	148.3
7 2015		5.8	92	92	6	1.90	2	5.5	SSST		1555	159.6
8 2016		6.6	96	96	0	3.50	2	5.5	SSST		1858	171.0
9 2017		7.7	94	94	0	5.70	2	5.5	SSST		2227	185.0
10 2018		9.1	91	91	0	8.60	2	5.5	SSST		2678	199.3

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

### Análisis Económico.



C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

-Valores Presentes al 14.8% Descuento (Millones de Dollars)	Primera Estrategia	Segunda Estrategia	Tercera Estrategia	Cuarta Estrategia	Quinta Estrategia
Sociedad	24.62	25.00	24.62	24.29	24.04
Agencia	1.09	0.96	1.09	1.14	0.00
Capital	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Recurrente	1.00	0.96	1.00	0.96	0.00
Usuarios	23.53	24.04	23.53	23.15	24.04
Operación Vehic.	19.15	19.67	19.15	18.70	19.67
Tiempo de Viaje	4.37	4.38	4.37	4.38	4.38
Cost-Bnf Exógenos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valor Presente Neto (Beneficios Netos)	0.00	-0.39	0.00	0.33	0.57
-Tasa Int. Ret. (%)	NR	48.7	NONE	74.6	-7.6

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - HDM-ADM C:\CURS01

Valores Anuales Equivalentes por km y Rugosidad Media

-Valores Anuales Equivalentes por km (Dollars por km)	Primera Estrategia	Segunda Estrategia	Tercera Estrategia	Cuarta Estrategia	Quinta Estrategia
Sociedad	413950	420475	413950	400468	404314
Agencia	10390	16195	10390	1222	0
Capital	1547	0	1547	3010	0
Recurrente	16051	16195	16051	16195	0
Usuarios	395619	404331	395619	389330	404331
Operación Vehic.	322062	330740	322062	315756	330740
Tiempo de Viaje	73550	73591	73550	73574	73591
Cost-Bnf Exógenos	0	0	0	0	0
Beneficios Netos	0	-6500	0	5466	9636
-Rugosidad Media IRI	4.19	5.49	4.19	3.03	5.49

Próxima Tbl | Previa Tbl | Escoger Tbl | Graficar Tbl | Extraer Tbl | Salir

## **Anexo B: Técnicas de conservación funcional para la base estabilizada con recubrimiento bituminoso**

### **Sello Neblina**

Los objetivos del sello neblina es sellar pequeñas fisuras impermeabilizando la superficie, enriquecer una superficie pobre en asfalto y rejuvenecer el asfalto oxidado de la superficie. El objetivo final de este riego es actuar como una medida de conservación del pavimento, frenando el deterioro y posponer la aplicación de una técnica de conservación más costosa.



Foto N° B-1. Se muestra la diferencia de las texturas, con o sin el sello de neblina

### **Sello de Agregados**

Este sello consiste en la aplicación de un riego de asfalto seguido de una capa de agregados de tamaño único, también es llamado sello monocapa. Esta aplicación tiene por objetivo:

- Proteger el pavimento existente
- Sellar las grietas
- Impermeabilizar
- Aumenta la resistencia al deslizamiento
- Reduce el efecto de llovizna

Existen diversos tipos de sello, los cuales resultan de combinar riegos de asfalto y capas de agregados.

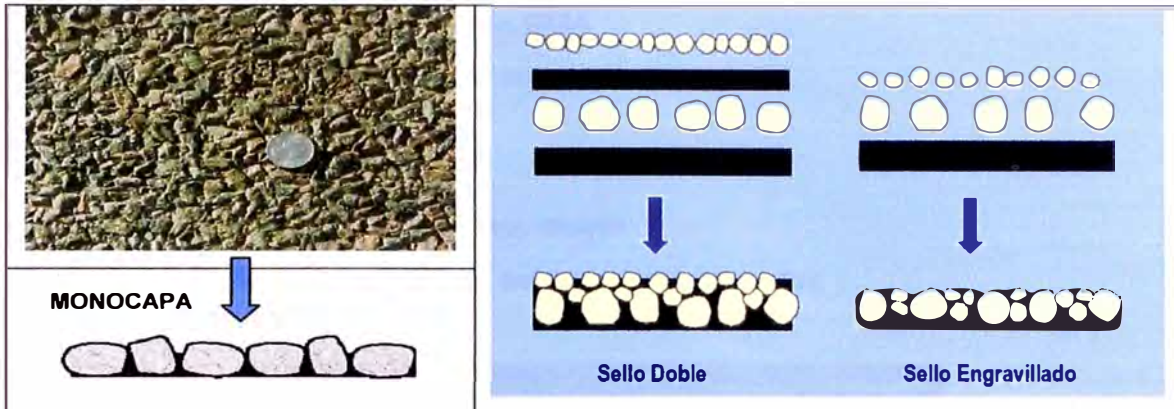


Foto N° B-2. Se aprecian los tres tipo de sellos con agregados.

### Lechada asfáltica.

La lechada asfáltica es una mezcla compuesta por emulsión asfáltica de quiebre lento, árido fino bien graduado (normalmente de tamaño máximo 10 mm), filler y agua. Eventualmente se puede incorporar algunos aditivos, si se requiere. Es una mezcla de consistencia fluida, capaz de penetrar y sellar grietas (mayores) y defectos menores. La lechada asfáltica no aporta capacidad estructural y no corrige la serviciabilidad del pavimento. Tiene como objetivo lo siguiente.

- Protege la carpeta
- Sella las grietas (mayores)
- Impermeabiliza
- Aumenta la resistencia al deslizamiento
- Modifica la macro y micro-textura
- Provee una superficie de desgaste
- Provee una apariencia uniforme

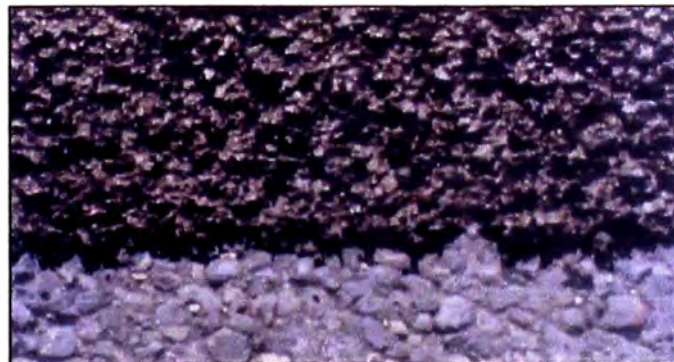


Foto N° B-3. Se aprecia la textura de la lechada asfáltica (Slurry seal)

### Micro Superficies en Caliente tipo SMA

Este tipo de sello proporciona lo siguiente:

- Mejora la fricción
- Recupera el IRI
- Sella y conserva por un período mayor
- Restituye algunos problemas estructurales menores



Foto N° B-4. Se aprecia la textura del sistema con SMA

### Cape Seal

Fue desarrollado en ciudad del Cabo. Esta técnica permite incorporar una mayor cantidad de asfalto en la superficie utilizando una combinación entre Tratamiento Superficial y Lechada. Se utiliza como una versión mejorada de los TSD.

- Mejora la Fricción
- Sella y rejuvenece

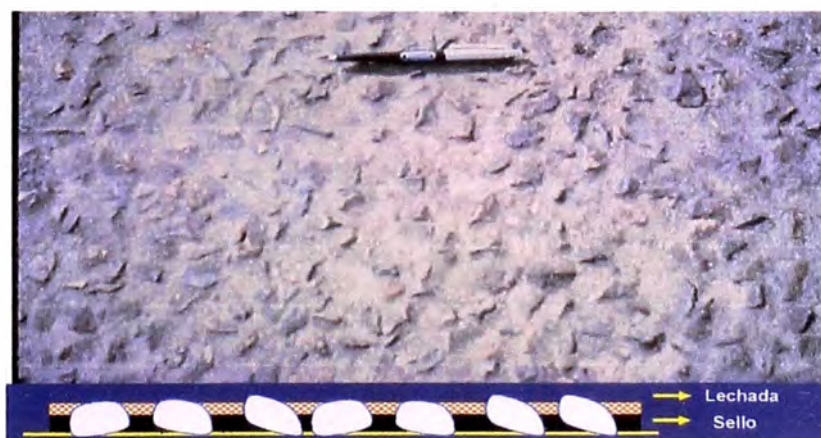


Foto N° B-4. Se aprecia la textura del sistema Cape Seal.

### Cepillado Superficial

- Mejora la fricción
- Recupera el IRI



Foto N° B-5. Se aprecia el resultado de la actividad de cepillado.

### Recapado Funcional

- Recupera el IRI
- No se debe considerar si la estructura de pavimento está en malas condiciones.



Foto N° B-6. Se aprecia el actividad de recapado o bacheo.