

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS –  
CHUPACA CON VIGA BENKELMAN – MÉTODO EMPÍRICO  
TRAMO KM. 64+000 – KM. 69+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**CARLOS MILTON ALVARADO RIVERA**

**Lima – Perú**

**AÑO 2009**

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	4
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>CAPITULO I.- GENERALIDADES</b>	
1.1 ANTECEDENTES.....	9
1.2 UBICACIÓN DE LA CARRETERA.....	10
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA .....	11
1.4 TRAMO EN ESTUDIO KM 64+000 – KM 69+000.....	15
<b>CAPITULO II.- ESTADO DEL ARTE</b>	
2.1 ESTADO DEL ARTE DEL METODO .....	18
<b>CAPITULO III.- MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL .....	20
3.2 DEFLECTOMETRÍA MÉTODO EMPÍRICO CONREVIAL.....	20
3.2.1 Deflexiones.....	20
3.2.2 Medición de deflexiones .....	21
3.2.3 Cálculo de deflexiones recuperables .....	25
3.2.4 Corrección por temperatura .....	26
3.2.5 Corrección por estacionalidad.....	26
3.2.6 Cálculo del radio de curvatura .....	27
3.2.7 Deflexión característica.....	28
3.2.8 Deflexión admisible.....	29
3.2.9 Deflectogramas .....	30
3.2.10 Juicio de la capacidad estructural del pavimento .....	30
3.2.11 Espesor de refuerzo .....	32

**CAPITULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 64+000 – KM 69+000**

4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS ..... 33

4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS ..... 33

**CAPITULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS**

5.1 GRÁFICOS DE DEFLECTOGRAMA ..... 37

5.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL..... 37

5.3 INTERACCIÓN CON OTROS TRAMOS ..... 38

**CONCLUSIONES..... 39**

**RECOMENDACIONES ..... 40**

**BIBLIOGRAFÍA..... 41**

**ANEXOS .....43**

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia está dirigido a evaluar estructuralmente el pavimento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca del tramo km 64+000 – km 69+000, mediante la medición de deflexiones elásticas empleando el deflectómetro conocido como “Viga Benkelman”.

La elección de la evaluación estructural del pavimento con Viga Benkelman, permite medir deflexiones elásticas, de una manera sencilla, práctica, económica y no destructiva, cuyos resultados serán procesados e interpretados por el método empírico del estudio CONREVIAl (Consortio de Rehabilitación Vial), el cual permite evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura del pavimento.

El tramo de la carretera Cañete- Yauyos – Chupaca Km 64+000 – 69+000 en estudio, ubicado entre la zona arqueológica de Cascajal y que pertenece al poblado de San Juan hasta la comunidad de Llangas, la cual se encuentra mejorada con la aplicación de una lechada asfáltica llamada Slurry Seal.

## LISTA DE CUADROS

<b>CUADRO N° 1.01. TRAMOS Y LONGITUDES DE LA CARRETERA EN ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>CUADRO N° 1.02. CLASIFICACION DEL CLIMA DE LA CARRETERA.....</b>	<b>13</b>
<b>CUADRO N° 1.03. TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PARA EL TRÁFICO.....</b>	<b>14</b>
<b>CUADRO N° 1.04. TRÁFICO VEHICULAR.....</b>	<b>15</b>
<b>CUADRO N° 3.01. FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESTACIONALIDAD.....</b>	<b>27</b>
<b>CUADRO N° 3.02. ANALISIS COMBINADO DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>CUADRO N° 4.01. CÁLCULO DE DEFLEXIONES ADMISIBLES.....</b>	<b>36</b>
<b>CUADRO N° 5.01. RESUMEN DE RESULTADOS DEL TRAMO EN ESTUDIO.....</b>	<b>37</b>
<b>CUADRO N° 5.02. INTERACCIÓN CON OTROS SECTORES.....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1.01.</b>	<b>MAPA DE UBICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA N° 1.02.</b>	<b>PLANO CLAVE DE LA RUTA 22.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA N° 1.03.</b>	<b>PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL TRAMO EN ESTUDIO.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA N° 1.04.</b>	<b>SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO EN ESTUDIO.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA N° 2.01.</b>	<b>PRUEBAS CON VIGA BENKELMAN (1952).....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA N° 3.01.</b>	<b>TIPOS DE DEFLEXIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA N° 3.02.</b>	<b>ESQUEMA Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA N° 3.03.</b>	<b>CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGA EN ENSAYOS CON VIGA BENKELMAN.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA N° 3.04.</b>	<b>ESQUEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEDICIÓN CON LA VIGA BENKELMAN.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA N° 3.05.</b>	<b>ESQUEMA CONCEPTUAL DEL RADIO DE CURVATURA.....</b>	<b>27</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

<b>CONREVIAl</b>	Consortio de Rehabilitación Vial.
<b>WASHO</b>	Western Association of State Highways Officials
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>MTC</b>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
<b>FWD</b>	Falling Weight Deflectometer.
<b>CBR</b>	California Bearing Ratio
<b>M.D.S.</b>	Máxima Densidad Seca
<b>S.U.C.S.</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>Dc</b>	Deflexión característica.
<b>Da</b>	Deflexión admisible
<b>Dprom</b>	Deflexión promedio
<b>N18</b>	Numero de ejes equivalente a 8.2 ton.
<b>IMD</b>	Índice Medio Diario
<b>FE</b>	Factor equivalente.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del Informe de Suficiencia tiene por objetivo principal, evaluar la condición de la capacidad estructural del pavimento, mediante la medición de deflexiones usando el deflectómetro conocido como Viga Benkelman.

Para lograr el objetivo principal, es necesario cumplir con tres objetivos específicos como; Recopilar datos de medición de deflexiones en campo, empleando la metodología del deflectógrafo conocido como Viga Benkelman; Procesar los datos de medición de deflexiones en gabinete, empleando el método empírico según el estudio CONREVIAL (Consortio de Rehabilitación Vial); Analizar e interpretar los resultados, para así poder determinar la condición estructural en que se encuentra el pavimento.

La elección de la Evaluación Estructural de un pavimento mediante la Viga Benkelman permite medir las deformaciones elásticas que sufre un pavimento flexible bajo la acción de una carga estática estándar, de una manera sencilla, práctica y económica. Mediante ella y usando métodos empíricos para interpretar los resultados, es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura del pavimento, debido a que los pavimentos durante la serviciabilidad y transitabilidad, presentan deterioros en su estructura, por una serie de causas originadas por el hombre y la naturaleza.

Lo que se describe en este informe, es una muestra de cómo se puede evaluar la condición de la capacidad estructural de un pavimento, usando una metodología sencilla, práctica, económica y no destructiva. Para lo cual este informe se ha dividido en cinco capítulos.

En el capítulo I se describe las generalidades de la carretera y del tramo en estudio, el estado de arte, ubicación y las características más importantes y del tramo en estudio del KM. 64+000 – KM. 69+000. En el capítulo II se detalla el estado del arte de la metodología a emplearse para realizar la evaluación estructural.

En el capítulo III se explica todos los conceptos relacionados a la evaluación estructural con Viga Benkelman mediante el método empírico, como el radio de curvatura, deflexión característica, deflexión admisible, deflectógramas y espesor de refuerzo.

El capítulo IV describe lo referente a la recopilación y procesamiento de datos de las medidas de deflexiones. Y en el capítulo V se analiza los resultados mediante la interpretación de gráficos, comparación de deflexiones (entre  $D_c$  y  $D_a$ ) y interacción con otros tramos en estudio.

## **CAPITULO I.- GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La carretera Cañete-Yauyos-Huancayo, fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, en estos años se avanzan los trabajos de construcción en el sector de la sierra; y por el lado de la costa durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 se avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944; quedando postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos-Huancayo. Hasta que en febrero de 1957 se prosiguieron los trabajos de la carretera en los tramos faltantes, terminándose los trabajos de la carretera y puesta en servicio en mayo de 1957.

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas adjudicó la buena Pro al Consorcio AYESA – ALPHA CONSULT para realizar el Servicio de Consultoría a Nivel de Estudio Definitivo de la Carretera Lunahuana - Huancayo.

En el año 2003, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León, la elaboración del Estudio de Pre inversión a Nivel de Perfil de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 245.15 km de longitud. Y en el año 2005, PROVIAS NACIONAL – MTC realizó el Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22, enfatizando el tema de Diseño Vial.

El Estado Peruano Mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, creó el Programa “Proyecto Perú”, viniendo a ser un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El Programa “Proyecto Perú” aspira a establecer políticas de mantenimiento para la conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las

prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2,007 celebrado con el PROVIAS NACIONAL, el Consorcio Gestión de Carreteras asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca (271 km) y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas a nivel de solución básica.

## 1.2 UBICACIÓN DE LA CARRETERA

La carretera de penetración y enlace entre Cañete-Yauyos-Chupaca, se encuentra ubicada entre los departamentos de Lima y Junín, y comprendidas entre las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca.



FIGURA N° 1.01. MAPA DE UBICACIÓN

(Fuente: MTC - PROVIAS Nacional – Proyecto Perú)

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca es una carretera de tercer orden y pertenece al corredor vial N°13, que atraviesa diferentes poblados y regiones del Perú, siendo entre los poblados principales, los que se puede observar en la FIGURA N° 2.1. Se considera como punto de inicio de la carretera, la ciudad de Cañete km 1+805 con una altitud de 71 msnm y como punto de término el poblado de Chupaca Km 273+531 con una altitud: 3270 msnm.

Esta carretera tiene una longitud de 271.73 Km. y se encuentra dentro de la cuenca del rio Cañete, presentando una pendiente promedio de 2%, sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es más pronunciada llegando hasta 8%, especialmente en la zona alta.

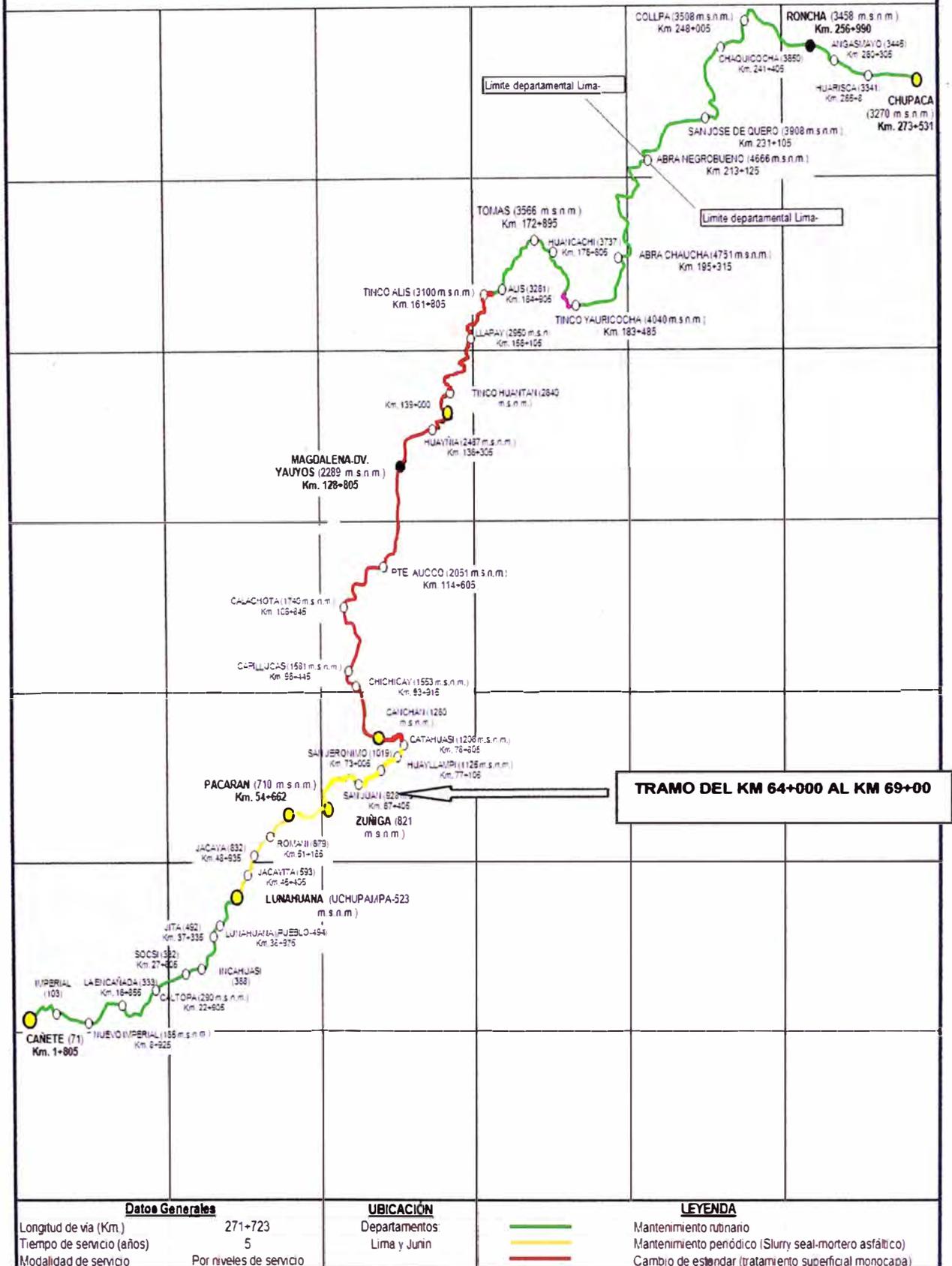
La carretera se encuentra dividida en seis tramos, de los cuales dos se encuentran pavimentadas con una infraestructura vial apropiada, y los otros 4 tramos se encuentran con tratamiento superficial y nivel afirmado que cuenta con una infraestructura vial insuficiente e inadecuada, esta tramificación se describe en el siguiente CUADRO N° 1.1 antes y después de la intervención del mantenimiento.

**CUADRO N° 1.01. TRAMOS Y LONGITUDES DE LA CARRETERA EN ESTUDIO**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Tipo de superficie de rodadura (antes)</b>	<b>Tipo de superficie de rodadura (actual)</b>
Cañete - Lunahuaná	40.950	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica
Lunahuaná - Pacarán	11.907	Tratamiento Superficial	Tratamiento Superficial
Pacarán - Zúñiga	3.743	Afirmado	Slurry Seal
Zúñiga - Dv. Yauyos	70.400	Afirmado	Monocapa
Dv. Yauyos - Roncha	128.185	Afirmado	Monocapa (33 Km.) - Afirmado (91.185 Km.)
Roncha - Chupaca	16.541	Afirmado	Afirmado

(Fuente: Elaboración Propia)

**CORREDOR VIAL: CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA**



**FIGURA N° 1.02. PLANO CLAVE DE LA RUTA 22**

(Fuente: MTC - PROVIAS Nacional – Proyecto Perú)

El clima que se presenta en la carretera en estudio es variable, pues el área comprometida en el estudio se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su "Geografía del Perú"). En el siguiente CUADRO N° 1.3 se señalan las temperaturas típicas y precipitaciones que se dan en estas regiones.

**CUADRO N° 1.02. CLASIFICACION DEL CLIMA DE LA CARRETERA**

<b>Región</b>	<b>Tem. mínima</b>	<b>Tem. media</b>	<b>Tem. Máxima</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Característica</b>
Yunga (500-2300 msnm)		20° a 27°C		Pprom=100- 150 mm	Sol dominante casi todo el año.
Quechua (2300-3500 msnm)	-4 a 7°C	11° a 16°C	22° a 29°C	Pprom=800- 1200 mm	Clima templado
Suni o Jalca (3500-4000 msnm)	-1 a -16°C	7° a 10°C	>20°C	Pprom.= 800 mm por año.	Clima frío
Puna (4000- 4800msnm)	-25° a -9°C	0° a 7°C	22°C	Pprom entre 200 mm y 1000 mm al año.	Clima muy frío

(Fuente: Recopilación del informe del cambio estándar y estudios de pre inversión a nivel de perfil para el rehabilitación y mejoramiento de la carretera - CGC)

La carretera tiene una topografía bastante sinuosa transformándose en agreste en la medida que se interna en la cordillera de los andes; mientras que se vuelve a ampliar, ya en la cima de la cordillera. El ancho de la actual plataforma vial es variable entre 3m y 8m.

La geomorfología de la zona en estudio, se encuentra conformada sobre las unidades sedimentarias volcánicas y metamórficas, en cuanto a las formaciones geológicas de la ruta se encuentran las formaciones de Cañete, Cerro Negro, Torán, Cocachacra y Pariatambo. La composición de los suelos tiene un 49% de material suelto, 33% de roca suelta y 18% de roca fija, en el tramo de Lunahuana

a Yauyos y en el Tramo Yauyos Chupaca se tiene 53% de material suelto, roca suelta 32% y roca fija 15%.

Análisis de la demanda.

Tasas de Proyección de Tráfico

Las tasas de proyección del tráfico fueron determinadas en función de parámetros socioeconómicos (tasa de crecimiento de PBI, tasa de crecimiento anual de población, tasa crecimiento anual ingreso per cápita), considerando las regiones Lima y Junín, obteniéndose los siguientes resultados:

La tasa de crecimiento para el tráfico liviano (Autos, camionetas, camioneta rural) será similar a la del crecimiento anual de Ingreso per cápita, la cual es de 2.6% (obtenido del promedio de los últimos 7 años para los departamentos de Lima y Junín).

La tasa de crecimiento para el tráfico de transporte público (micro, ómnibus) será similar a la del crecimiento anual de población, la cual es de 1.4% (obtenido del promedio de los últimos 7 años para los departamentos de Lima y Junín).

La tasa de crecimiento anual para el tráfico de transporte de Carga (camiones) será similar a la del crecimiento de PBI, la cual es de 4.6 % (obtenido del promedio de los últimos 7 años para los departamentos de Lima y Junín, considerando el escenario optimista).

**CUADRO N° 1.03. TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PARA EL TRÁFICO**

	<b>Autos, Camionetas</b>		<b>Micro, ómnibus</b>		<b>Camiones</b>	
	Crecimiento anual de Ingreso per cápita		Crecimiento anual de población		Crecimiento de PBI	
<b>OBS</b>	<b>JUNIN</b>	<b>LIMA</b>	<b>JUNIN</b>	<b>LIMA</b>	<b>JUNIN</b>	<b>LIMA</b>
2003	2.66 %	2.95 %	1.10 %	1.70 %	5.40 %	5.30 %
2004	2.66 %	2.95 %	1.10 %	1.70 %	5.30 %	5.20 %
2005	2.66 %	2.95 %	1.10 %	1.70 %	4.30 %	4.10 %
2006	2.21 %	2.58 %	1.10 %	1.70 %	4.40 %	4.20 %
2007	2.21 %	2.58 %	1.10 %	1.70 %	4.40 %	4.30 %
2008	2.21 %	2.58 %	1.10 %	1.70 %	4.40 %	4.30 %
2009	2.21 %	2.58 %	1.10 %	1.70 %	4.40 %	4.20 %

(Fuente: Elaboración Propia)

La demanda actual del proyecto está dada por el flujo vehicular existente en la actualidad, la misma que se muestra a través del cálculo del IMD (Índice Medio

Diario). Para el presente estudio, debido a que el conteo de vehículos fue realizado al año 2008, se actualizaron los datos al año 2009 considerando las tasas indicadas en el ítem anterior.

CUADRO N° 1.04. TRÁFICO VEHICULAR

TRAMO	CLASIFICACIÓN VEHÍCULOS	LIGEROS						PESADOS			TOTAL
		AUTOS	CAMIONETAS	CAMIONETA RURAL	MICRO	OMNIBUS 2E	OMNIBUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E/4E	ARTICULADOS	
ZUNIGA DV. YAUYOS	IMD 2005 (*)	1	7	1	0	13	0	7	5	1	35
ZUNIGA DV. YAUYOS	IMD 2008 (**)	1	8	1	0	14	0	9	6	1	40
ZUNIGA DV. YAUYOS	IMD 2009 (***)	8	46	7	2	86	0	26	36	16	227

(\*) Fuente: Estudio de Trafico del Consorcio de Gestión de Carreteras del 2005

(\*\*) Fuente: Estudio de Trafico del consorcio de Gestión de Carreteras del 2008

(\*\*\*) Fuente: Datos referenciales obtenidos en la visita de campo, estos datos fueron completados con los porcentajes de tráfico estimados de los estudios anteriores.

#### 1.4 TRAMO EN ESTUDIO KM 64+000 – KM 69+000

El tramo en estudio de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca Km. 64+000 – Km. 69+000, presenta las siguientes características que a continuación se describen.

Este tramo de la carretera en estudio se inscribe desde la zona arqueológica de Cascajal del centro poblado de San Juan ubicado en el Km. 67+405 a una altitud de 928 msnm hasta la comunidad de Llangas, ambos poblados pertenecen a la región Yunga. Como ya se ha mencionado en el CUADRO N° 1.3 este tramo presenta un clima caluroso. Temperatura varía entre 20°C y 27°C durante el día y en las noches son frescas a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

La topografía en este tramo se desarrolla sobre media ladera y terrenos deleznable, cuya plataforma consta de una calzada con un solo carril de dos sentidos de circulación y con un ancho que varía de 3.5 a 5.0m, y pendientes en el rango de 7 % a 10 %. Este tramo se encuentra geológicamente en la

quebrada del río Cañete, conformado por material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

El tipo de suelo de fundación se clasifica según el Sistema SUCS, detalle en la FIGURA 1.03, para la progresiva descrita.

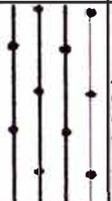
REGISTRO DE EXCAVACION											
Proyecto	CAMBIO DE ESTANDAR DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO						Calicata	C-01			
Ubicación	MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE						Fecha de excavación	05/09/2009			
KM	67+375						Profundidad total (m)	1.30			
LADO	IZQUIERDO						Prof. nivel freático (m)	-			
PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	ANALISIS GRANULOMETRICO				LIMITES DE ATTERBERG			No DE MUESTRA
			AASHTO	% QUE PASA				%			
				Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	LP	I.P.	
1.30		Arena limosa color marón, humedad media, medianamente compresible, material fino con materia orgánica, con presencia de grava, 10% de bolonera tamaño máximo 8".	SM A-2-4(0)	68.1	59.1	36.6	20.9	18.5	NP	NP	M-1

FIGURA Nº 1.03. PERFIL ESTRATIGRAFICO

(Fuente: MTC - Provias Nacional – Proyecto Perú)

El sistema de drenaje en este tramo se presenta en forma inadecuada, con presencia de tramos críticos debido a huaycos. En la actualidad En el tramo en estudio de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca Km. 64+000 – Km. 69+000, se han realizado los trabajos de mantenimiento y conservación Vial (esta dado por el Slurry Seal, que es una solución básica en la que se estabiliza la plataforma con material granular con recubrimiento bituminoso), estos trabajos fueron ejecutados entre febrero y marzo del 2009 por la concesionaria CGC.

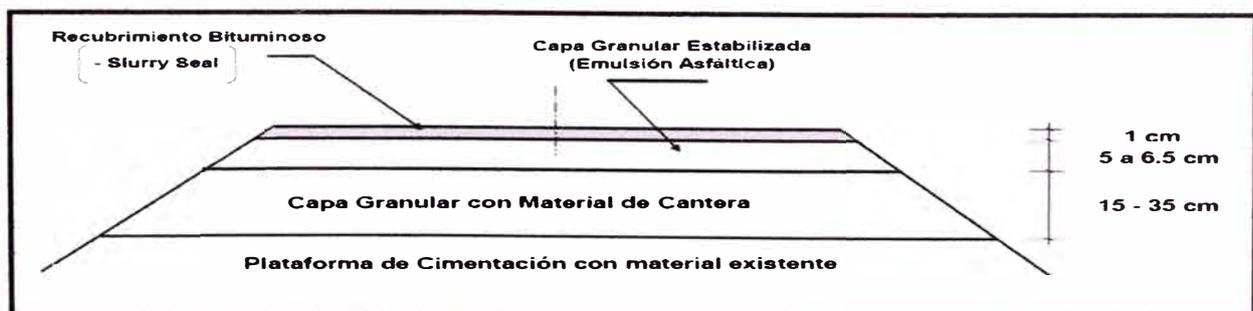


FIGURA Nº 1.04. SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO EN ESTUDIO

(Fuente: MTC - PROVIAS Nacional – Proyecto Perú)

Se tiene datos de acuerdo al estudio técnico para el Cambio de estándar de afirmado a solución básica de la concesionaria CGC proyectado para el periodo del 2009 al 2013 como los siguientes:

EAL (Número de ejes equivalentes a 8.2tn) = 1.69 E+06.

IMDA = 53 veh/día

Tasa de Crecimiento = 3.6%

CBR (al 95% del MDS) = 20% Buena capacidad portante del terreno.

Modulo Resiliente  $M_r = 13,201$  psi

Coefficiente de Drenaje (CD) = 1.

## CAPITULO II.- ESTADO DEL ARTE

### 2.1 ESTADO DEL ARTE DEL METODO

Las mediciones de deformación para evaluar la integridad estructural de los pavimentos se remonta al menos a 1938, cuando la División de carreteras de California utilizaba medidores eléctricos implantados en las carreteras para medir desplazamientos inducidos por cargas de los camiones.

En 1940 se introdujo la Viga Benkelman, el cual fue desarrollado por Alvin Carlton BenKelman, que era un ingeniero civil bien conocido en la investigación de pavimentos en American Association of State Highway Officials (AASHO) que posteriormente se convirtió en AASHTO. Las pruebas con la Viga Benkelman fueron inicialmente desarrolladas en los Estados Unidos en la Asociación occidental de las organizaciones de la carretera estatal (WASHO) en pruebas de carretera en 1952.



**FIGURA N° 2.01. PRUEBAS CON VIGA BENKELMAN (1952)**

(Fuente: Internet, <http://strongfamilytree.org>)

Durante los últimos 40 años los dispositivos de ensayos no destructivos para la evaluación estructural del pavimento, se han desarrollado significativamente pasando de ser dispositivos bajo la acción de carga estática a dispositivos de

desviación de carga dinámica, el cual se introdujo por primera vez a principios de 1960.

En los años 1983 la Viga Benkelman fue utilizada en el Perú; en los estudios de rehabilitación de la Panamericana Norte, a cargo del Consorcio de Rehabilitación Vial conformada por empresas argentinas y canadienses. Se evaluó un tramo de dicha carretera y con los resultados obtenidos se elaboró el estudio llamado CONREVIAL, por tal motivo el MTC sugiere el empleo de este estudio, ya que corresponde a una inversión considerable en aquellos años.

En el año 2000 la evaluación estructural de la Carretera Piura – Sullana – Macará, se aplicó la toma de datos con el deflectómetro de impacto (FWD), que registra deformaciones dinámicas, las mismas que posteriormente tuvieron que ser transformadas a estáticas para cumplir con las exigencias de los términos de referencia dispuestos por el MTC.

En la actualidad en otros países es utilizado el llamado deflectómetro de impacto FWD (Falling Weight Deflectometer). En el Perú se sigue utilizando la Viga Benkelman, ya que el MTC lo dispone en todos los términos de referencia en los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de carreteras.

## **CAPITULO III.- MARCO TEÓRICO**

### **3.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de estudiar el comportamiento estructural 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, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil.

Para el logro de este objetivo se empleo el procedimiento deflectometrico dado que involucra las medidas de deflexiones de pavimentos y su análisis con respecto al tráfico, este procedimiento tiene la ventaja de medir directamente las respuestas de la estructura del pavimento para cargas de tráfico.

### **3.2 DEFLECTOMETRÍA MÉTODO EMPÍRICO CONREVIAL**

#### **3.2.1 Deflexiones**

La deflexión es de carácter elástico, pero intervienen esfuerzos plásticos. Los primeros desaparecen en cuanto se renuevan las cargas y los segundos son permanentes y su acumulación a través de las reiteraciones de las cargas produce las distorsiones de ahuellamiento en la superficie del pavimento. Por este motivo, se distingue tres tipos de deflexiones:

- a. Deflexión Total ( $D_t$ ): Es la deformación vertical puntual de una superficie bajo la acción de una carga.
- b. Deflexión recuperable o elástica ( $D_r$ ): Es la recuperación elástica de la superficie que se produce al retirar la carga. Es la que se utiliza para el cálculo de refuerzo del pavimento.
- c. Deflexión permanente o residual ( $D_p$ ): es la diferencia entre la posición original de la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla.

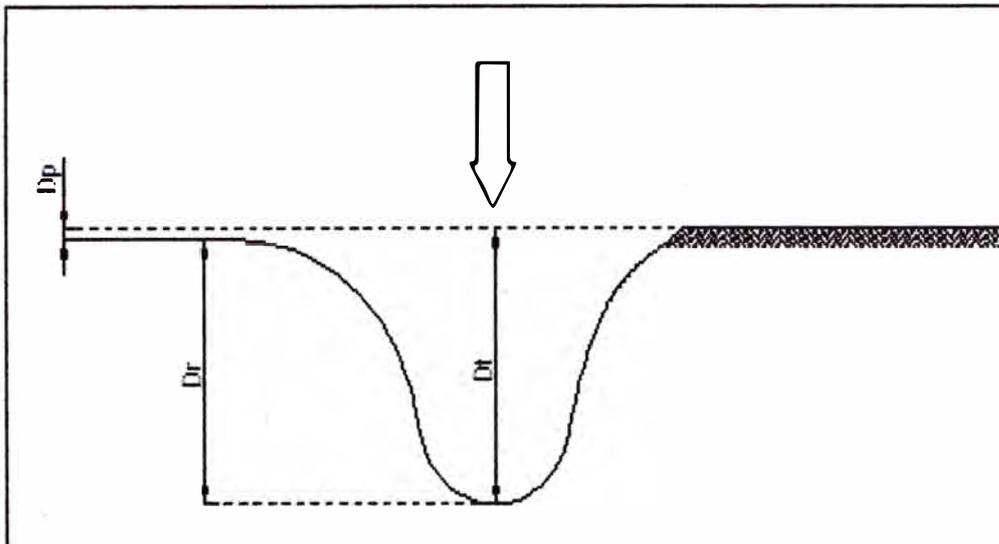


FIGURA N° 3.01. TIPOS DE DEFLEXIONES

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

### 3.2.2 Medición de deflexiones

Las mediciones de deflexión en la superficie del pavimento se pueden realizar con el equipo portátil denominado Viga Benkelman, cuya evaluación permite conocer los diferentes estados y propiedades del pavimento, de gran utilidad para el diseño, construcción y conservación de su estructura.

La Viga Benkelman es un dispositivo mecánico que mide el desplazamiento de un punto de contacto colocado entre las ruedas duales de un camión bajo el eje de carga, con una determinada presión de inflado en los neumáticos y una carga pre-establecida en el eje.

#### a. Relación de Equipos

- Camión volquete de 8-12 m<sup>3</sup> de capacidad, llantas 12-20 (11-20) de 16 lonas en óptimo estado, 80 psi presión de inflado de llantas, eje trasero con 8.2 Ton de peso.
- Balanza de plataforma para pesado del eje trasero del camión volquete.
- Viga Benkelman con sistema de bloqueo de brazo pivotante y sistema de vibración. Con dial indicador para toma de lecturas.
- Varilla guía para referenciar la medición en los puntos indicados.

- Termómetro electrónico digital para la medición de la temperatura del asfalto.
- Equipo para perforación de pavimento asfáltico, para medición de temperatura (cincel o punzón de acero y combo de 10 libras)
- Tablero de campo con formatos para toma de datos.
- Juego de herramientas básicas (plomada de albañil, martillo, desarmador, alicate, alambre negro de construcción, marcador de tinta indeleble, cinta plástica, tiza blanca, lápices, clavos de 2" y 3").
- Elementos de seguridad (Chalecos de seguridad fosforescentes para todo el personal y 2 o 3 banderolas de tela roja).
- Tope de madera para trabar llanta de camión en subidas.
- Colchoneta para apoyo del operador de la Viga Benkelman sobre el pavimento.

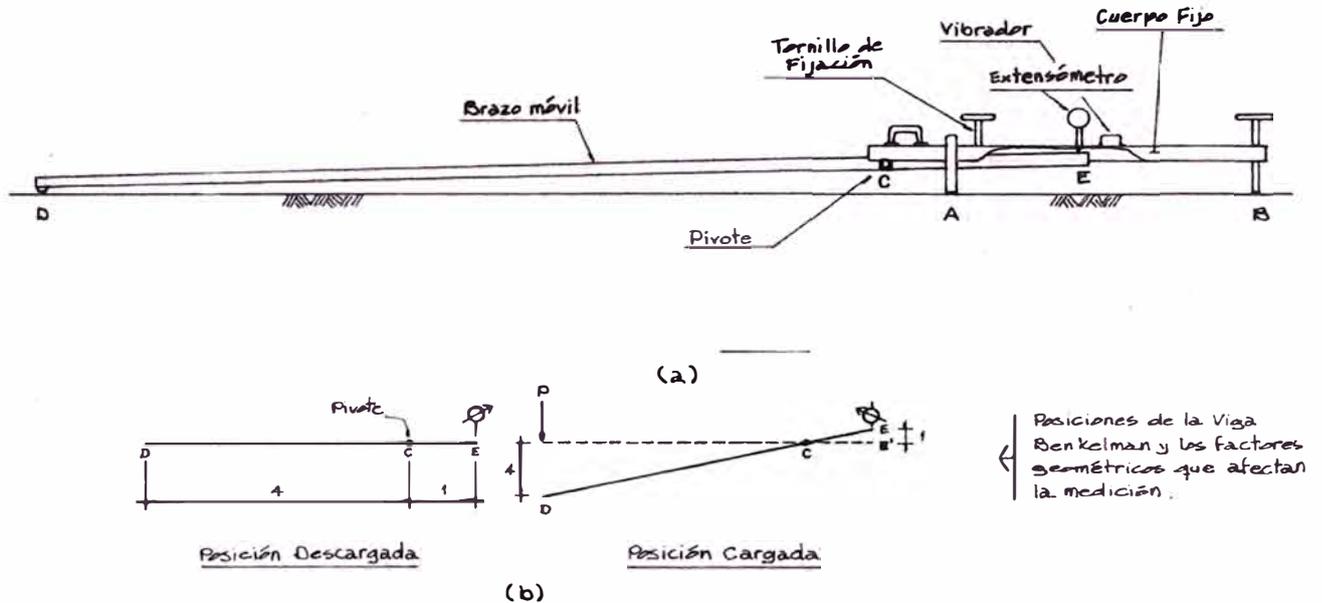
#### b. Relación de Personal

- Ingeniero de campo.
- Técnico de laboratorio para ejecución de lecturas.
- Técnico de laboratorio para anotación de datos de ensayos.
- Auxiliar de laboratorio para medición de temperaturas.
- Ayudante para transporte y colocación de Viga Benkelman.
- Chofer de volquete.
- Ayudante para seguridad (2).

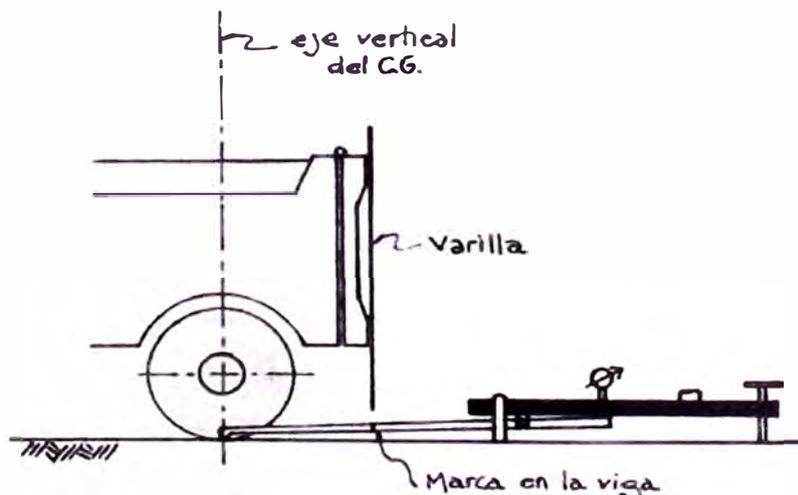
#### c. Procedimiento de medición en campo

La Viga Benkelman es un instrumento que funciona según el principio de una palanca, uno de cuyos extremos se apoya en el pavimento deformado ante la aplicación de una carga, mientras que el otro está en contacto sensible con un deformímetro de precisión, con dial de lecturas graduado en centésimas de mm. Dependiendo de la relación de brazos del equipo y de la factibilidad que el dial proporcione la verdadera magnitud de las medidas, en forma automática, se establece si es necesario corregir o no las lecturas.

La carga de ensayo, del orden de 8.2 Ton, que la proporciona el eje posterior simple de llanta doble de un camión. La presión de inflado de las llantas debe verificarse en 80 psi. Eventualmente la carga usada en los ensayos puede tener una variación en el orden de  $\pm 1\%$ .



**FIGURA N° 3.02. ESQUEMA Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN**  
(Fuente: Estudio CONREVIAL)



**FIGURA N° 3.03. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGA EN ENSAYOS CON VIGA BENKELMAN.**  
(Fuente: Estudio CONREVIAL)

La Viga Benkelman, de acuerdo a procedimientos estandarizados, no mide la deformación elástica del pavimento en un proceso de carga directa sino que, partiendo de un estado inicial en que el pavimento se encuentra cargado, mide la recuperación que éste experimenta al ser descargado progresivamente. Para ello se coloca la punta del instrumento, en un punto "A" seleccionado, bajo el centro de gravedad de una de las llantas dobles del camión que aplica la carga, y que inicialmente se encuentra estacionado. El pavimento, en consecuencia, por efecto del peso aplicado por las llantas experimenta una deformación elástica. En esa posición se gradúa el dial en "cero", que se asume como 100 o 200.

Una vez anotada la primera lectura que corresponde al inicio del ensayo, se procede a mover el camión a una velocidad constante de 1 cm/seg, como consecuencia el punto "A" del pavimento, donde está apoyada la punta de la Viga Benkelman, es liberado progresivamente de la carga a la que inicialmente estaba sometido, y por lo tanto, el pavimento en ese punto empieza igualmente a recuperarse del estado de deformación en que se encontraba. Cuando el camión avanza 25 cm, el pavimento en el punto "A" seguirá todavía parcialmente deformado; en esa posición se tomará una segunda lectura. Finalmente, la llanta del camión se aleja completamente del punto "A" dejándolo completamente liberado de la influencia de su carga, y, en consecuencia, el pavimento en dicho punto se recuperará completamente del estado inicial de deformación, condición en la cual se toma una última lectura en el dial del deflectómetro.

Como las lecturas que se toman en el dial corresponden a componentes de deformación en un proceso de "descarga", el valor final será menor que el inicial.

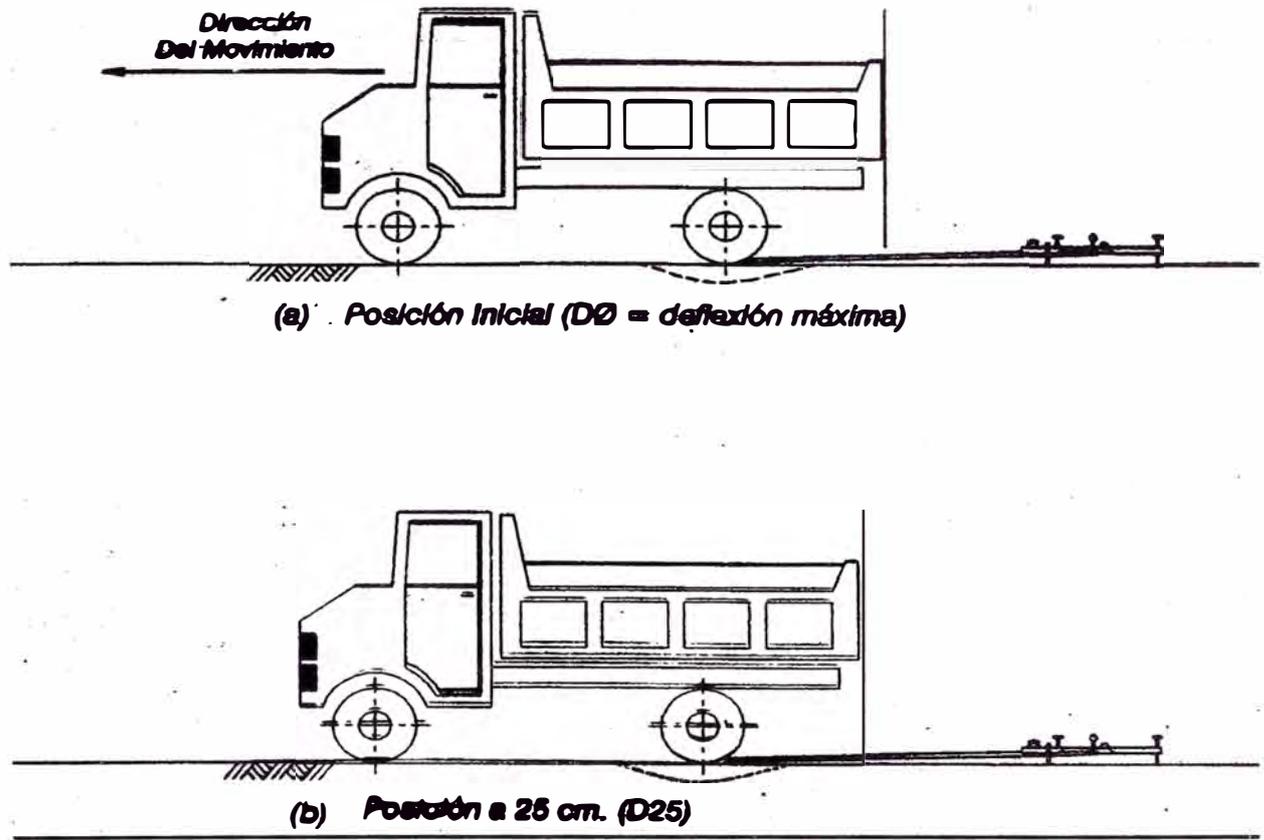


FIGURA N° 3.04. ESQUEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEDICIÓN CON LA VIGA BENKELMAN.

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

### 3.2.3 Cálculo de deflexiones recuperables

El procedimiento para el cálculo de las deflexiones es simple. Para el caso de la deflexión máxima, se debe calcular la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final.

Para el caso de la deflexión a 25 cm, se debe encontrar la diferencia entre la lectura a 25 cm y la lectura final.

Las diferencias en ambos casos se multiplican por la relación de brazos de la Viga Benkelman empleada.

### 3.2.4 Corrección por temperatura

Partiendo de la premisa que la temperatura de la capa asfáltica de rodadura influencia en el valor de la deflexión, las deflexiones medidas sobre la superficie de un pavimento asfáltico deben ser corregidas en función a la temperatura media que la capa experimenta durante la ejecución del ensayo, la cual varía durante el transcurso del día.

A fin de referir todas las deflexiones a una temperatura standard de 20°C, se emplea la siguiente expresión:

$$D_{20} = D_t / k (t - 20^\circ) e + 1$$

Donde:

$D_{(20^\circ\text{C})}$  : Deflexión a la temperatura standard 20°C

$D_t$  : Deflexión a la temperatura t (0.01 mm)

K : coeficiente igual a  $1 \times 10^{-3}$  (1/cm x°C)

t : temperatura del asfalto medida para cada ensayo.

e : espesor de la carpeta asfáltica en cm.

### 3.2.5 Corrección por estacionalidad

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable que la medición de deflexiones se realice durante la estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. De no ser así, se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto.

Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección según estudios basados en Brasil, considerando el tipo de suelo de subrasante y la época en que se realizaron los ensayos.

CUADRO N° 3.01. FACTORES DE CORRECCION POR ESTACIONALIDAD

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

## ANALISIS DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MÉTODO EMPÍRICO (CONREVIAL)

### 3.2.6 Cálculo del radio de curvatura

El radio de curvatura permite determinar la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas asfálticas al flexionar bajo la acción de las cargas de tránsito. El método para determinar el radio de curvatura se basa en la hipótesis de que la línea de deflexiones de la distancia hasta el eje de carga, se aproxima a una parábola hasta una distancia superior a 25 cm sufriendo luego una inflexión para tender asintóticamente hacia la horizontal. La curvatura de la parábola queda entonces definida por su parámetro, el cual en la zona de máxima curvatura se confunde con el radio del arco oscular en dicho punto, o sea exactamente bajo el centro del eje de la rueda cargada. El radio de curvatura según la metodología francesa se expresa mediante la siguiente fórmula:

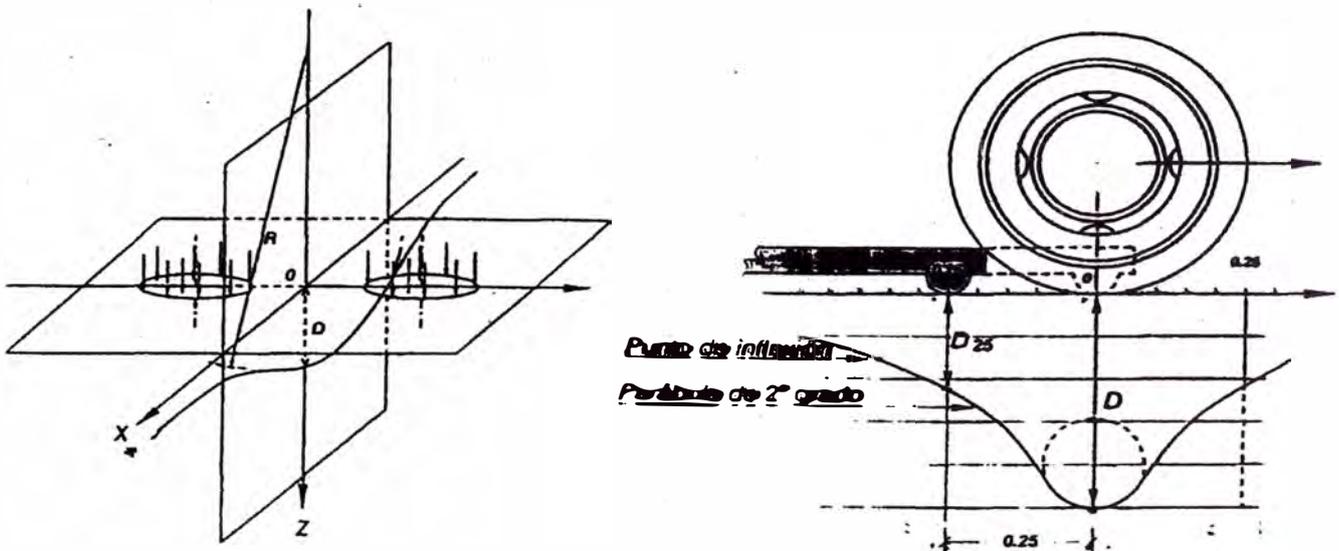


FIGURA N° 3.05. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL RADIO DE CURVATURA

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

$$R_c = \frac{10 \times 25^2}{2(D_0 - D_{25})} = \frac{6250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Donde:

$R_c$  : Radio de curvatura (m)

$D_0$  : Deflexión máxima corregida por temperatura (0.01 mm)

$D_{25}$  : Deflexión a 25 cm corregida por temperatura (0.01 mm)

10 : coeficiente por cambio de unidades.

### 3.2.7 Deflexión característica

La deflexión característica es un parámetro estadístico empleado para la caracterización representativa de la magnitud de deformación de los pavimentos. Para su determinación es necesario contar con una base de datos de deflexiones máximas, del tramo que se requiere evaluar, y establecer los parámetros estadísticos de dichos datos.

La deflexión característica ( $D_c$ ) se define mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

$D_c$  : deflexión característica

$\bar{D}$  : Deflexión promedio de los valores individuales de  $D_0$  corregidos por temperatura y estacionalidad

$\sigma$  : desviación estándar

$t$  : coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica  $D_c$ .

En el estudio del CONREVIAl se utiliza un valor  $t = 1.645$  que corresponde al 95%, lo que equivale a considerar que, sólo un 5% del área total del pavimento, tendrá deflexiones mayores a  $D_c$ .

Dado que el estudio de deflexiones recuperables ha demostrado que las deflexiones medidas en una sección de pavimento, presentan una distribución de frecuencias que se asemejan a una distribución normal. Por ende, a partir de las

deflexiones individuales, asumiendo que se hallan distribuidas de acuerdo a la ley de Gauss se ha determinado la deflexión media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Usando las siguientes expresiones.

a. Deflexión media

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$D_i$  : Valor individual de un ensayo

$n$  : numero de ensayos individuales

b. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n-1)^*}} \quad (* n \text{ para } n > 30)$$

c. Coeficiente de variación

$$Cv = \frac{\sigma}{\bar{D}} \times 100$$

### 3.2.8 Deflexión admisible

La deflexión admisible es un parámetro definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión característica por encima del cuál no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el período considerado. La expresión analítica que define este parámetro es según la metodología del Dr. C. Ruiz (Argentina):

$$Da = \left( \frac{1.15}{N18} \right)^{1/4}$$

Donde:

$Da$  = deflexión admisible inicial (en mm)

$N18$  = Número total de eje equivalentes a 18 k (en millones)

La determinación del número de ejes equivalentes soportados se detalla en el ANEXO 03 del presente informe, el cual sigue las normas establecidas en el manual de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC.

### **3.2.9 Deflectógramas**

El deflectógrama constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural. Donde se podrá diferenciar secciones de distinta capacidad estructural en un mismo tramo. Con este deflectógrama se identificará; Secciones de diferente capacidad estructural y/o comportamiento, las que posteriormente serán procesadas estadísticamente; valores extremos aislados, los que distorsionan los resultados y se identifica los sectores donde se realizarán las perforaciones representativas de buen y mal comportamiento

### **3.2.10 Juicio de la capacidad estructural del pavimento**

Una vez finalizadas las distintas tareas de campo y procesamiento de datos de campo, y obtenido los resultados necesarios, se debe llevar a cabo un análisis de los mismos que conduzca a establecer la capacidad estructural del pavimento en relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Para lo cual existe la necesidad de establecer el tipo de rehabilitación requerida, de acuerdo a tres situaciones representativas que se resumen en:

Estructura adecuada, requiere mejora superficial.

Estructura de fatiga, requiere un refuerzo estructural.

Estructura deficiente, requiere reconstrucción parcial o total.

**CUADRO N° 3.02. ANALISIS COMBINADO DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN**

DEFLECTOMETRIA	ESTADO VISUAL	ESTADO ESTRUCTURAL	RECOMENDACIÓN
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son elevados o aceptables (en relación a la estructura). <b>Dc &gt; Dadm</b>	No hay fallas de origen estructural	Estructura infradiseñada, que necesita con <b>urgencia un refuerzo estructural para resistir el transito futuro. Es necesario realizar perforaciones que avalen los espesores, naturaleza y estado de las capas.</b> La capacidad portante de las capas decrece en profundidad. (No existe capa débil inmediatamente debajo capa asfáltica.	Examinar fecha y tipo de las últimas obras ejecutadas, para justificar estado del pavimento.... <b>1CASO.</b>
	Hay fallas de origen estructural generalizadas a causa ajenas a la presencia de un espesor de base débil.		Hay acuerdo entre todas las variables. a) Las deflexiones son empleadas para el cálculo de refuerzo. b) Para deflexiones muy fuertes analizar económicamente reconstrucción. Verificar refuerzo con métodos de diseño..... <b>2°CASO</b>
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son pequeños (aún para deflexiones reducidas). <b>Dc &gt; Dadm</b>		Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas (Relación entre módulos de elasticidad menor de 1). La fallas por fatiga (agrietamiento, fisuras, tipo cuero de cocodrilo) observadas derivan de este caso.	Se trata de neutralizar el efecto de la capa que falla, ya sea por reconstrucción parcial, o refuerzo. No es conveniente emplear la deflexión ya que puede no ser representativa. <b>3°CASO</b>
La deflexión característica es inferior a la admisible. Los radios de curvatura son reducidos. <b>Dc &lt; Dadm</b>	Hay fallas de origen estructural por fatiga (Fisuras tipo piel de cocodrilo).	Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas.	Analizar fecha de mediciones y tipo estructura. Neutralizar el efecto de la capa débil (reconstrucción o refuerzo). De ninguna manera se pueden considerar las deflexiones para el proyecto; emplear métodos de diseño <b>3°CASO</b>
La deflexión característica es inferior a la admisible. <b>Dc &lt; Dadm.</b>	Hay fallas de origen estructural: deformaciones permanentes de la fundación	Estructura degradada no adecuada para fundación.	Evaluar aporte estructural de la calzada existente (reconstrucción o refuerzo). La deflexión no es representativa..... <b>4°CASO</b>
	No hay fallas de origen estructural.	Estructura bien diseñada.	Corregir fallas de origen superficial, las soluciones dependerán de los defectos observados y sus causas. Mejora superficial... <b>5°CASO.</b>

(Fuente: José Wilfredo Gutiérrez L, Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, Lima Perú, 2007)

### 3.2.11 Espesor de refuerzo

Sabiendo que para la determinación de los espesores de refuerzo, se utiliza el método de reducción de las deflexiones con varias fórmulas que propone el documento CONREVIAl, se puede indicar que este método se basa sobre la reducción de la elongación vertical sobre la subrasante provista por una capa adicional de carpeta asfáltica de espesor "h". Ella sola es utilizable, si esta elongación es representativa del modo de ruptura del pavimento y de su daño, es decir, solamente en el caso de pavimentos flexibles con pocos espesores de carpeta asfáltica que continúan flexibles después del refuerzo. Es el caso de la mayoría de las carreteras en su primera rehabilitación.

Para el cálculo del espesor de refuerzo, en los casos 1° y 2°, se emplea la Fórmula de Ruiz (Argentina), cuya expresión es:

$$h = \frac{R}{0.434} \log \frac{D_o}{D_h}$$

Donde:

h : Espesor de refuerzo (cm).

D<sub>o</sub> : Deflexión característica antes del refuerzo (1/100 mm).

D<sub>h</sub> : Deflexión característica luego del refuerzo (1/100mm); (D<sub>adm</sub> de diseño)

R : Coeficiente con dimensiones de un espesor.

Estos espesores se determinarán con la fórmula ya mencionada, utilizando 18 como valor del coeficiente R recomendado por CONREVIAl para los espesores de refuerzo del orden de 5 y las deflexiones vecinas de 0,70 mm; como se conocen las deflexiones características, faltará encontrar las deflexiones admisibles.

Para los casos 3° y 4°, se emplearán métodos racionales para diseño de pavimentos, como por ejemplo el método AASHTO

## **CAPITULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 64+000 – KM 69+000**

### **4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS**

En la visita efectuada en campo a la carretera en estudio, se recopiló las mediciones de deflexiones recuperables con la Viga Benkelman con la relación de brazos de 4:1 y con un dial de precisión de 0.02 mm; Esta base de datos se encuentra en el ANEXO 04. Conjuntamente con los datos de temperatura, espesor del tratamiento aplicado a la superficie de rodadura, ahuellamiento, para cada progresiva ensayada, para estas mediciones ya estaba graduado el camión volquete con la carga de 8,200 kg, describiéndose en las observaciones del formato, que desde la progresiva 59+00 hasta la progresiva 80+100 el tipo de tratamiento es con Slurry Seal, desde la progresiva 80+200 hasta la progresiva 98+200 el tratamiento empleado es monocapa, desde la ultima progresiva mencionada hasta el final del tramo en estudio el tratamiento de la superficie de rodadura es con Slurry Seal.

### **4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS**

El objetivo de la evaluación estructural, es encontrar tramos constantes en función de las deflexiones, que nos pueda dar una idea del comportamiento estructural de los pavimentos.

Para una mayor comprensión se cita a continuación un ejemplo completo del procesamiento de datos de medición de deflexiones elásticas o recuperables, recopilados en campo.

#### **Paso 1.-**

Se calcula las deflexiones elásticas recuperables de cada estación restando la deflexión máxima a cada una de ellas.

Para el tramo en estudio en la Prg 66+600, se tiene que la deflexión máxima es  $32 \times 10^{-2}$  mm, la deflexión inicial (D0) es cero y la deflexión a 25cm (D25) es  $8.00 \times 10^{-2}$  mm.

$$D0 = (32.00 - 0.00) = 32.00 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D25 = (32.00 - 8.00) = 24.00 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

### Paso 2.-

Dado que la Viga Benkelman tenía una relación de brazos de 4:1, todas las lecturas de deflexiones recuperables de campo se deberán multiplicar por 4.

Para el tramo en estudio en la Prg 66+600 se tiene:

$$D0 = (32.00) \times 4 = 128.00 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D25 = (24.00) \times 4 = 96.00 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

### Paso 3.-

Dado que el tramo evaluado presentaba cambios de temperatura y espesor variable, se realizará la corrección por temperatura a las deflexiones halladas en el paso 2.

Para el tramo en estudio en la Prg 66+600, se tiene una temperatura de 43°C y el espesor de la carpeta es 1.40 cm:

$$D_{020} = 124.01 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D_{2520} = 93.01 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

### Paso 4.-

Dado que el ensayo fue realizado en una estación seca, se aplicara la corrección por estacionalidad, a las deflexiones halladas en el paso 3.

Para el tramo en estudio la Prg 66+600, pertenece a la Región Yunga con un clima con sol dominante casi todo el año, descrito según el CUADRO N° 1.02, Clasificación del clima de la carretera y según la FIGURA N° 1.03, existe presencia de arenas, se concluye según el CUADRO N° 3.01, que el valor de corrección por estacionalidad se considere 1.1.

$$D0 = 124.01 \times 1.1 = 136.41 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$D25 = 93.01 \times 1.1 = 102.31 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

**Paso 5.-**

Se calcula la deflexión característica para el tramo en evaluación, para ello se procesarán mediante análisis estadísticos.

Se tienen los siguientes datos de deflexiones que ya han sido corregidos por temperatura y estacionalidad D0 y D25 los cuales se detalla en el ANEXO 05 del presente informe.

Km. 66+600	D0 = $136.41 \times 10^{-2}$ mm	D25= $102.31 \times 10^{-2}$ mm
Km. 66+700	D0 = $51.93 \times 10^{-2}$ mm	D25= $25.96 \times 10^{-2}$ mm
Km. 66+800	D0 = $42.57 \times 10^{-2}$ mm	D25= $25.54 \times 10^{-2}$ mm
Km. 66+900	D0 = $75.57 \times 10^{-2}$ mm	D25= $33.59 \times 10^{-2}$ mm
Km. 67+000	D0 = $51.59 \times 10^{-2}$ mm	D25= $25.80 \times 10^{-2}$ mm

$$D0 \text{ promedio} = 71.61 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$\sigma = 38,23 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$Dc = 71,61 + (1.645 \times 38,23) = 134.50 \times 10^{-2} \text{ mm.}$$

**Paso 6.-**

Construcción de gráficos de deflectogramas para tramos homogéneos.

Se gráfica el deflectograma con los resultados (ver ANEXO 08) obtenidos del paso anterior, para luego sectorizar en tramos según la homogeneidad encontrada en toda la vía en estudio (Ver ANEXO 06).

**Paso 7.-**

Se calcula la deflexión admisible, en función del tráfico proyectado. Para ello se calcula el número de ejes equivalentes (N18).

Para los tramos sectorizados según el tipo de tratamiento, se usara los IMD del 2009, según los Estudios Técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica carretera: Cañete - Lunahuaná - Pacarán - dv. Yauyos - Ronchas – Chupaca tramo: Zúñiga - Dv. Yauyos – Ronchas. Los cálculos de los N18 y la deflexión admisible se detallan en los ANEXO 03.

Para:  $n = 1$  año,  $Da = (1.15/0.243)^{1/4} = 147.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$

**CUADRO N° 4.01. CÁLCULO DE DEFLEXIONES ADMISIBLES**

n (años)	EAL	N18 (en millones)	Da (x 10-2 mm)
1	4,86E+05	0,243	147,5
2	9,90E+05	0,495	123,5
3	1,51E+06	0,756	111,0
5	2,62E+06	1,309	96,8

(Fuente: Elaboración propia)

### **Paso 8.-**

Calculo de Radio de curvatura  $R = 6250 / 2 \times (D0-D25)$

Se calcula el radio de curvatura para cada estación de todo el tramo evaluado y luego se calcula el radio de curvatura promedio para cada sector, ver ANEXO 07.

$$R_{\text{prom}} = 106.2 \text{ m}$$

El desarrollo completo paso a paso del procesamiento de datos, para la evaluación estructural se presenta en los ANEXOS. Todos estos pasos se simplifican empleando una hoja de cálculo en Excel, en la cual se ingresan los datos tomados en campo los cuales deben ser verificados e interpretados para considerarlos como validos.

## CAPITULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 GRÁFICOS DE DEFLECTOGRAMA

Con los datos procesados se graficará el deflectograma, que está en función de la progresiva vs la deflexión recuperable inicial del tramo en estudio. Adicionalmente se grafican las deflexiones admisibles, características y promedio. Estos gráficos se encuentran dentro del ANEXOS del presente informe.

### 5.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL

Con los resultados obtenidos de  $D_c$  y  $D_a$  y las graficas de Deflectograma, se realiza el juicio de la capacidad estructural del pavimento en el tramo comprendido entre Km. 64+000 – Km. 69+000, que esta extendido hasta la progresiva 91+300 de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, por ser un tramo constante, por lo cual se presenta los siguientes casos:

CUADRO N° 5.01. RESUMEN DE RESULTADOS DEL TRAMO EN ESTUDIO

Descripción	Unidad	Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca Km. 64+000 - Km. 69+000			
		1	2	3	5
AÑO DE ANALISIS (n)	años				
DEFLEX. CARACT. ( $D_c$ )	$\times 10^{-2}$ mm	127.5	127.5	127.5	127.5
DEFLEX. ADMISIBLE ( $D_a$ )	$\times 10^{-2}$ mm	147.5	123.5	111.1	96.8
RADIO DE CURVATURA ( $R_c$ )	m	106.2	106.2	106.2	106.2
<b>ESPESOR DE REFUERZO</b>	<b>cm</b>	<b>-2.483</b>	<b>0.538</b>	<b>2.338</b>	<b>4.682</b>
<b>ESP. DE REFUERZO RECOMENDADO</b>	<b>mm</b>	<b>NR</b>	<b>6.0</b>	<b>25.0</b>	<b>50.0</b>

(Fuente: Elaboración propia)

#### Primer Caso

Se observa que para un periodo de evaluación de  $n=1$  año, la deflexión característica ( $D_c=127.5 \times 10^{-2}$  mm) es menor que la deflexión admisible ( $D_a=147.5 \times 10^{-2}$  mm), por lo tanto se considera que la capacidad estructural del pavimento tendrá un comportamiento adecuado, además el radio de curvatura

( $R_c = 106.2\text{m}$ ) por lo tanto el pavimento en este sector tiene un adecuado comportamiento.

### Segundo Caso

Para un periodo de evaluación de 2 años, se tiene que la deflexión característica ( $D_c = 127.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ) es mayor que la deflexión admisible ( $D_a = 123.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ), por lo tanto se considera que la capacidad estructural del pavimento tendrá un comportamiento inadecuado.

### Segundo Caso

Para un periodo de evaluación de 3 años, se tiene que la deflexión característica ( $D_c = 127.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ) es mayor que la deflexión admisible ( $D_a = 111.0 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ), por lo tanto se considera que la capacidad estructural del pavimento tendrá un comportamiento inadecuado.

### Tercer Caso

Para un periodo de evaluación de 5 años, se tiene que la deflexión característica ( $D_c = 127.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ) es mucho mayor que la deflexión admisible ( $D_a = 96.8 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ), por lo tanto en esta etapa se debe realizar una evaluación integral del pavimento para prever el tipo de refuerzo a ejecutar.

## 5.3 INTERACCIÓN CON OTROS TRAMOS

CUADRO N° 5.02. INTERACCION CON OTROS SECTORES

Descripción	n (años)	Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca Km. 59+000 - Km. 104+000		
		I	II	III
SECTOR				
PROGRESIVA INICIAL		59+300	66+600	91+400
PROGRESIVA FINAL		60+300	91+300	101+000
DEFLEX. CARACT. $\times 10^{-2}$		<b>187.4</b>	<b>127.5</b>	<b>208.3</b>
DEFLEX. ADMISIBLE $\times 10^{-2}$	1	152.2	147.5	271.1
	2	127.4	123.5	226.9
	3	114.6	111.1	204.1
	5	99.9	96.8	178.0
RADIO DE CURVATURA $R_c$ (m)		<b>74.7</b>	<b>106.2</b>	<b>72.1</b>

(Fuente: Elaboración propia)

Se observa en el CUADRO N° 5.02, que en el tramo en estudio Km. 64+000 – Km. 69+000 que en el primer año tiene un comportamiento adecuado, ya que las deflexiones son menores con respecto a otros tramos.

## CONCLUSIONES

Para el primer año resulta una deflexión característica de  $127.5 \times 10^{-2}$  mm., siendo menor que la deflexión admisible que es  $147.5 \times 10^{-2}$  mm., indicando que la estructura del pavimento tiene un comportamiento adecuado.

Del análisis al deflectógrafo, ANEXO N° 08, sectorizados en tres tramos, resulta el mas representativo el sector II, por ser una carretera nueva, se debe discriminar las deflexiones elevadas en las estaciones Km. 59+300 a Km. 60+300 y las estaciones del Km. 66+700 a Km. 77+000 que tiene deflexiones bajas.

A temperaturas altas el factor de corrección por temperatura, tiende a uno, por lo tanto no influye para espesores variables que resultan del tratamiento superficial sea Slurry Seal o Monocapa).

El radio de curvatura de 106.2 m, calculado para el sector II, es alto lo que determina que el comportamiento del pavimento es bueno.

Del ANEXO 07, CUADRO N° 2, para dos años de servicio la deflexión característica es del orden de la deflexión admisible del tramo analizado, lo que se determina que existen zonas que esta fallando la estructura del pavimento.

Dentro de los tres años y cinco años de servicio la deflexión característica es mayor que la deflexión admisible del tramo del análisis, según el ANEXO 07, CUADRO N° 2, indicando que la estructura del pavimento, ha fallado para la demanda vehicular proyectada para estos años.

Se debe normar este tipo de carreteras porque existen varias de las mismas características en el país, que requieren ejecutar un mejoramiento y continuar con la operación y el mantenimiento, así se tendrán carreteras con transitabilidad y servicialidad.

## RECOMENDACIONES

Para el sector Km. 64+000 al Km. 69+000, se recomienda mejorar el sistema de drenaje, con cunetas y alcantarillas, para que el agua no deteriore la estructura del pavimento y por consiguiente la transitabilidad.

Antes de llegar a los dos años de servicio para el tramo evaluado, se recomienda realizar una evaluación estructural adecuada con Viga Benkelman, para identificar el tipo de mejoramiento a aplicar.

Para los cinco años de servicio de la carretera, se recomienda realizar una evaluación integral del tramo en estudio, que incluye la evaluación estructural con Viga Benkelman, para dar soluciones a la transitabilidad y serviciabilidad, que será una alternativa de conexión entre Lima y Huancayo.

Para el sector III, se recomienda realizar ensayos destructivos puntuales calicatas, para analizar las características de la capa granular, e identificar y mejorar las zonas con deficiente comportamiento estructural del pavimento.

Se debe asegurar de realizar las mediciones a lo largo de toda la carretera en estudio y con personal especializado para tener valores confiables.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Auris Cortez Carlos Manuel, Evaluación y rehabilitación del pavimento empleando el método de la deflectometría en el aeropuerto de Huamanga – Ayacucho, Informe de Ingeniería, Perú, 2002.
2. Consorcio de Rehabilitación Vial, Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País, Perú, 1982.
3. Consorcio Gestión de Carreteras, Plan de Conservación Vial de la Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga - Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Junio 2008.
4. Consorcio Gestión de Carreteras, Estudios Técnicos para el cambio estándar de afirmado a solución básica Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga - Dv Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Setiembre 2008.
5. Gutiérrez Lazares, José Wilfredo , Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, Tesis para optar el Grado de Magíster en Ciencias con Mención en Ingeniería Geotécnica, Perú, 2007.
6. Gonzalo Rojas, Pablo, Evaluación Superficial no Destructiva Aplicando la Viga Benkelman, Lima 2005.
7. Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Transito.
8. Manual de Conservación de Obras Viales, Mantenimiento Vial, México 2008
9. Melchor Areche José Ignacio, Evaluación Integral del Pavimento, Experiencia Profesional, Perú, 1999.
10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, Perú, 2007.
11. Montejo Fonseca Alfonso, Ingeniería de Pavimentos, Evaluación estructural obras de mejoramiento y nuevas tecnologías, Colombia, 2006.
12. <http://strongfamilytree.org>
13. <http://www.cetanz.org.nz>
14. <http://books.google.com.pe>
15. Sánchez Sabogal, Fernando. Empleo de la viga Benkelman en la Evaluación de Pavimentos Flexibles, Primer Simposio Colombiano sobre Ingeniería de pavimentos, Medellín, 1976.

16. Vigo Jáuregui, Fernando, Metodología para la Evaluación Integral de pavimentos Flexibles Carretera Central Cocachacra – Matucana, Lima-Peru, 1999.
17. [www.camineros.com](http://www.camineros.com)
18. [www.proviasnac.gob.pe](http://www.proviasnac.gob.pe)

**ANEXO 01 - ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS**  
**CUADRO N° 1: DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL**

Tipo de Vehículo	IMD 2008 (*)				Tasa de crecimiento i (%)	IMD 2009 (**)		
	Zúñiga 56+600 - P. Nuevo 66+580	P. Nuevo 66+580 - Chichicay 92+110	Chichicay 92+110 - Capillucas 94+640	Capillucas 94+640 - Dv. Yauyos 127+000		Zúñiga 56+600 - P. Nuevo 66+580	P. Nuevo 66+580 - Capillucas 94+640	Capillucas 94+640 - Dv. Yauyos 127+000
Automóvil	6	3	2	1	2.6	6	3	1
Camioneta	194	289	58	20	2.6	199	297	21
Combi Rural	74	61	18	4	2.6	76	63	4
Micro	48	68	8	0	1.4	49	69	0
Ómnibus 2E	15	14	13	8	1.4	15	14	8
Ómnibus 3E	1	0	1	0	1.4	1	0	0
Camión 2 Ejes	47	42	30	9	4.6	49	44	9
Camión 3 Ejes	9	4	2	11	4.6	9	4	12
Camión 4 Ejes	1	2	2	0	4.6	1	2	0
Semitraylers	28	53	98	0	4.6	29	55	0
Traylers	38	33	0	0	4.6	40	35	0
<b>TOTAL</b>						475	585	55

(\*) Fuente: Conservación Vial Por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zúñiga - DV. Yauyos - Ronchas

**ANEXO 02 - ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS**  
**CUADRO N° 3: CRITERIO PARA EL CÁLCULO DE EQUIVALENCIA DE CARGA**

Tipo de eje	Eje equivalente (EE <sub>2 Tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples	$EES1 = [ P / 6.6 ]^4$
Eje Simple de ruedas dobles	$EES2 = [ P / 8.2 ]^4$
Eje Tándem de ruedas dobles	$EETA = [ P / 15.1 ]^4$
Ejes Tridem de ruedas dobles	$EETR = [ P / 22.9 ]^4$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

**CUADRO N° 4: DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA**

Nro.	Tipo de vehículo	Descripción	Eje delantero	Ejes posteriores				EE <sub>2 Tn</sub>
				1er eje	2do eje	3er eje	4to eje	
1	Ómnibus 2E	Carga (Tn)	7	11				18
		F.E.C.	1.265	3.238				4.504
2	Ómnibus 3E	Carga (Tn)	7	18				25
		F.E.C.	1.265	2.019				3.285
3	Camión 2E-L	Carga (Tn)	7	7				14
		F.E.C.	1.265	1.265				2.531
4	Camión 2E-P	Carga (Tn)	7	11				18
		F.E.C.	1.265	3.238				4.504
5	Camión 3E	Carga (Tn)	7	18				25
		F.E.C.	1.265	2.019				3.285
6	Camión 4E	Carga (Tn)	7	23				30
		F.E.C.	1.265	1.018				2.283
7	Semitrayler 2S2	Carga (Tn)	7	11	18			36
		F.E.C.	1.265	3.238	2.019			6.523
8	Semitrayler 2S3	Carga (Tn)	7	11	25			43
		F.E.C.	1.265	3.238	1.420			5.924
9	Semitrayler 3S1	Carga (Tn)	7	18	11			36
		F.E.C.	1.265	2.019	3.238			6.523
10	Semitrayler >= 3S3	Carga (Tn)	7	18	25			50
		F.E.C.	1.265	2.019	1.420			4.705
11	Traylers C2R2	Carga (Tn)	7	11	11	11		40
		F.E.C.	1.265	3.238	3.238	3.238		10.980

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Nota: Los pesos de los ejes se han determinado utilizando el reglamento de pesos y medidas máximas permitidas del MTC

**ANEXO N° 03**  
**CÁLCULO DE N18 Y DEFLEXIÓN ADMISIBLE (Da)**

<b>CUADRO N° 1: Tramo Zúñiga 66+600 - P. Nuevo 66+581</b>													
Tipo de vehículo	Factor de Carga	IMD <sub>2000</sub>	Tasa de crecimiento (i%)	Proyección									
				n (años)	EAL <sub>2010</sub>	n (años)	EAL <sub>2011</sub>	n (años)	EAL <sub>2012</sub>	n (años)	EAL <sub>2015</sub>		
Micro	4.504	49	1.4	1	80009	2	161137	3	243402	5	411402		
Ómnibus 2E	4.504	15	1.4	1	25003	2	50355	3	76063	5	128563		
Ómnibus 3E	3.285	1	1.4	1	1216	2	2448	3	3698	5	6251		
Camión 2 Ejes	4.504	49	4.6	1	80814	2	165346	3	253766	5	442995		
Camión 3 Ejes	3.285	9	4.6	1	11286	2	23092	3	35440	5	61867		
Camión 4 Ejes	2.283	1	4.6	1	872	2	1783	3	2737	5	4778		
Semitraylers	6.523	29	4.6	1	69730	2	142668	3	218961	5	382237		
Traylers	10.980	40	4.6	1	159301	2	325931	3	500225	5	873234		
Nota: N <sub>18</sub> , numero total de ejes equivalentes a 18 klb o 8.2 ton (en millones)				EAL		4.28E+05		8.73E+05		1.33E+06		2.31E+06	
				N <sub>18</sub>		0.214		0.436		0.667		1.156	
				Da (x 10-2 mm)		152.2		127.4		114.6		99.9	

<b>CUADRO N° 2: Tramo P. Nuevo 66+580 - Chichicay 92+111</b>													
Tipo de vehículo	Factor de Carga	IMD <sub>2000</sub>	Tasa de crecimiento (i%)	Proyección									
				n (años)	EAL <sub>2010</sub>	n (años)	EAL <sub>2011</sub>	n (años)	EAL <sub>2012</sub>	n (años)	EAL <sub>2015</sub>		
Micro	4.504	69	1.4	1	113346	2	228278	3	344820	5	582820		
Ómnibus 2E	4.504	14	1.4	1	23336	2	46998	3	70992	5	119992		
Ómnibus 3E	3.285	0	1.4	1	0	2	0	3	0	5	0		
Camión 2 Ejes	4.504	44	4.6	1	72217	2	147756	3	226769	5	395868		
Camión 3 Ejes	3.285	4	4.6	1	5016	2	10263	3	15751	5	27496		
Camión 4 Ejes	2.283	2	4.6	1	1743	2	3567	3	5474	5	9556		
Semitraylers	6.523	55	4.6	1	131989	2	270050	3	414462	5	723520		
Traylers	10.980	35	4.6	1	138341	2	283045	3	434406	5	758335		
Nota: N <sub>18</sub> , numero total de ejes equivalentes a 18 klb o 8.2 ton (en millones)				EAL		4.86E+05		9.90E+05		1.51E+06		2.62E+06	
				N <sub>18</sub>		0.243		0.495		0.756		1.309	
				Da (x 10-2 mm)		147.5		123.5		111.0		96.8	

<b>CUADRO N° 1: Tramo Capiliucas 94+640 - Dv. Yauyos 127+001</b>													
Tipo de vehículo	Factor de Carga	IMD <sub>2000</sub>	Tasa de crecimiento (i%)	Proyección									
				n (años)	EAL <sub>2010</sub>	n (años)	EAL <sub>2011</sub>	n (años)	EAL <sub>2012</sub>	n (años)	EAL <sub>2015</sub>		
Micro	4.504	0	1.4	1	0	2	0	3	0	5	0		
Ómnibus 2E	4.504	8	1.4	1	13335	2	26856	3	40567	5	68567		
Ómnibus 3E	3.285	0	1.4	1	0	2	0	3	0	5	0		
Camión 2 Ejes	4.504	9	4.6	1	15475	2	31662	3	48593	5	84829		
Camión 3 Ejes	3.285	12	4.6	1	13794	2	28223	3	43315	5	75615		
Camión 4 Ejes	2.283	0	4.6	1	0	2	0	3	0	5	0		
Semitraylers	6.523	0	4.6	1	0	2	0	3	0	5	0		
Traylers	10.980	0	4.6	1	0	2	0	3	0	5	0		
Nota: N <sub>18</sub> , numero total de ejes equivalentes a 18 klb o 8.2 ton (en millones)				EAL		4.26E+04		8.67E+04		1.32E+05		2.29E+05	
				N <sub>18</sub>		0.021		0.043		0.066		0.115	
				Da (x 10-2 mm)		271.1		226.9		204.1		178.0	

**ANEXO 04**  
**MEDICIÓN DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN**

SECTOR : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA  
TRAMO : Km. 59+000 - Km. 104+000  
FECHA : 03/10/2009 RESPONSABLE : UNI  
CARRIL : Derecho OPERADOR : UNI

SUPERFICIE : Leary Seal  
CARGA EJE : 8200 Kg  
PRESIÓN : 80 PSI  
R. BRAZOS : 1 a 4

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 <sup>-2</sup> mm)				Espesor Asfalto (m)	Ahueamiento (mm)			Temperatura Asfalto (°C)	Observaciones
	L <sub>25</sub>	L <sub>40</sub>	L <sub>70</sub>	L <sub>max</sub>		Ahue 1	Ahue 2	Prom		
59+300	6.00	12.00	16.00	28.00	0.010	3.0			29.0	SLURRY SEAL
59+400	8.00	14.00	16.00	18.00	0.007	4.0			38.0	
59+500	8.00	12.00	16.00	18.00	0.006	-			44.0	
59+600	8.00	10.00	16.00	20.00	0.008	-			44.0	
59+700	10.00	14.00	14.00	20.00	0.007	4.0			46.0	
59+800	12.00	20.00	22.00	26.00	0.007	3.0			48.0	
59+900	8.00	12.00	18.00	20.00	0.006	3.0			48.0	
60+000	12.00	16.00	24.00	26.00	0.009	2.0			49.0	
60+100	14.00	32.00	34.00	36.00	0.006	3.0			49.0	
60+200	14.00	34.00	36.00	38.00	0.006	4.0			48.0	
60+300	16.00	32.00	44.00	48.00	0.005	4.0			40.0	
66+600	8.00	14.00	26.00	32.00	0.014	6.0			43.0	
66+700	6.00	8.00	10.00	12.00	0.007	2.0			44.0	
66+800	4.00	6.00	8.00	10.00	0.014	3.0			44.0	
66+900	10.00	14.00	16.00	18.00	0.020	3.0			44.0	
67+000	6.00	8.00	10.00	12.00	0.009	3.0			46.0	
71+500	6.00	8.00	10.00	12.00	0.011	2.0			40.0	
71+600	8.00	14.00	16.00	18.00	0.012	2.0			40.0	
71+700	8.00	12.00	16.00	22.00	0.013	4.0			39.0	
71+800	6.00	8.00	10.00	12.00	0.007	3.0			43.0	
71+900	8.00	14.00	18.00	20.00	0.006	4.0			44.0	
76+600	8.00	16.00	22.00	24.00	0.015	4.0			49.0	
76+700	8.00	16.00	22.00	24.00	0.010	1.0			48.0	
76+800	4.00	8.00	10.00	12.00	0.008	3.0			50.0	
76+900	8.00	12.00	16.00	18.00	0.020	4.0			50.0	
77+000	8.00	12.00	16.00	18.00	0.016	2.0			52.0	
80+100	6.00	10.00	14.00	18.00	0.013	1.0			55.0	
80+200	8.00	12.00	20.00	26.00	0.009	2.0			52.0	
80+300	10.00	16.00	24.00	30.00	0.011	4.0			56.0	
80+400	8.00	18.00	24.00	26.00	0.011	3.0			56.0	
80+500	12.00	18.00	28.00	32.00	0.011	2.0			54.0	
84+600	6.00	12.00	14.00	18.00	0.011	3.0			54.0	
84+700	4.00	6.00	8.00	8.00	0.009	5.0			56.0	
84+800	6.00	8.00	14.00	14.00	0.012	1.0			57.0	
84+900	8.00	12.00	18.00	20.00	0.013	1.0			60.0	
85+000	8.00	10.00	14.00	16.00	0.013	3.0			61.0	
91+100	10.00	16.00	20.00	22.00	0.009	5.0			54.0	
91+200	8.00	14.00	20.00	22.00	0.011	3.0			53.0	
91+300	8.00	14.00	18.00	24.00	0.007	4.0			53.0	
91+400	12.00	16.00	20.00	48.00	0.009	-			54.0	
91+500	8.00	14.00	16.00	20.00	0.012	1.0			54.0	
97+800	20.00	28.00	40.00	50.00	0.004	1.0			52.0	
97+900	12.00	18.00	20.00	22.00	0.004	3.0			55.0	
98+000	8.00	12.00	14.00	16.00	0.004	1.0			57.0	
98+100	8.00	10.00	12.00	14.00	0.005	3.0			58.0	
98+200	14.00	24.00	28.00	30.00	0.005	3.0			50.0	
100+500	8.00	10.00	14.00	16.00	0.006	3.0			52.0	
100+600	12.00	14.00	20.00	22.00	0.007				53.0	
100+700	8.00	10.00	12.00	12.00	0.010	2.0			54.0	
100+800	12.00	14.00	32.00	44.00	0.007	10.0			54.0	
100+900	12.00	20.00	24.00	28.00	0.008	5.0			54.0	
101+000	8.00	20.00	28.00	30.00	0.010	7.0			52.0	

**ANEXO 05**  
**PROCESAMIENTO DE DATOS DE DEFLEXIONES**

SECTOR : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA  
TRAMO : Km. 59+000 - Km. 104+000  
FECHA : 03/10/2009

CARRIL : variado  
SUPERFICIE : Learry Seal  
R. BRAZOS : 1 : 4

Nº	Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 <sup>-3</sup> mm)			Espesor (m)	Temp. C.A. (°C)	Obs	Factor Corrección		DEFLEXIONES CORREGIDAS		Radio Curvatura R <sub>c</sub> (m)
		L <sub>inicial</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>final</sub>				Factor Temp.	Factor Estac.	D <sub>0</sub> (x 10 <sup>-2</sup> mm)	D <sub>25</sub> (x 10 <sup>-2</sup> mm)	
1	59+300	0.00	6.00	28.00	0.010	29.0	SLURRY SEAL	0.9911	1.1	122.10	95.94	119.44
2	59+400	0.00	8.00	18.00	0.007	38.0		0.9876	1.1	78.21	43.45	89.90
3	59+500	0.00	8.00	18.00	0.006	44.0		0.9858	1.1	78.08	43.38	90.06
4	59+600	0.00	8.00	20.00	0.008	44.0		0.9812	1.1	86.34	51.81	90.48
5	59+700	0.00	10.00	20.00	0.007	46.0		0.9821	1.1	86.43	43.21	72.32
6	59+800	0.00	12.00	26.00	0.007	48.0		0.9808	1.1	112.20	60.42	60.35
7	59+900	0.00	8.00	20.00	0.006	48.0		0.9835	1.1	86.55	51.93	90.27
8	60+000	0.00	12.00	26.00	0.009	49.0		0.9746	1.1	111.49	60.03	60.73
9	60+100	0.00	14.00	36.00	0.006	49.0		0.9829	1.1	155.69	95.14	51.61
10	60+200	0.00	14.00	38.00	0.006	48.0		0.9835	1.1	164.44	103.86	51.58
11	60+300	0.00	16.00	48.00	0.005	40.0		0.9901	1.1	209.11	139.41	44.83
12	66+600	0.00	8.00	32.00	0.014	43.0		0.9688	1.1	136.41	102.31	91.64
13	66+700	0.00	6.00	12.00	0.007	44.0		0.9835	1.1	51.93	25.96	120.36
14	66+800	0.00	4.00	10.00	0.014	44.0		0.9675	1.1	42.57	25.54	183.52
15	66+900	0.00	10.00	18.00	0.020	44.0		0.9542	1.1	75.57	33.59	74.43
16	67+000	0.00	6.00	12.00	0.009	46.0		0.9771	1.1	51.59	25.80	121.14
17	71+500	0.00	6.00	12.00	0.011	40.0		0.9785	1.1	51.66	25.83	120.98
18	71+600	0.00	8.00	18.00	0.012	40.0		0.9766	1.1	77.34	42.97	90.91
19	71+700	0.00	8.00	22.00	0.013	39.0		0.9759	1.1	94.47	60.12	90.97
20	71+800	0.00	6.00	12.00	0.007	43.0		0.9842	1.1	51.96	25.98	120.28
21	71+900	0.00	8.00	20.00	0.006	44.0		0.9858	1.1	86.75	52.05	90.06
22	76+600	0.00	8.00	24.00	0.015	49.0		0.9583	1.1	101.20	67.47	92.64
23	76+700	0.00	8.00	24.00	0.010	48.0		0.9728	1.1	102.72	68.48	91.26
24	76+800	0.00	4.00	12.00	0.008	50.0		0.9766	1.1	51.56	34.38	181.82
25	76+900	0.00	8.00	18.00	0.020	50.0		0.9434	1.1	74.72	41.51	94.11
26	77+000	0.00	8.00	18.00	0.016	52.0		0.9513	1.1	75.34	41.86	93.32
27	80+100	0.00	6.00	18.00	0.013	55.0		0.9565	1.1	75.75	50.50	123.76
28	80+200	0.00	8.00	26.00	0.009	52.0	0.9720	1.1	111.20	76.98	91.34	
29	80+300	0.00	10.00	30.00	0.011	56.0	0.9619	1.1	126.97	84.65	73.84	
30	80+400	0.00	8.00	26.00	0.011	56.0	0.9619	1.1	110.04	76.18	92.29	
31	80+500	0.00	12.00	32.00	0.011	54.0	0.9639	1.1	135.72	84.83	61.40	
32	84+600	0.00	6.00	18.00	0.011	54.0	0.9639	1.1	76.34	50.90	122.80	
33	84+700	0.00	4.00	8.00	0.009	56.0	0.9686	1.1	34.10	17.05	183.31	
34	84+800	0.00	6.00	14.00	0.012	57.0	0.9575	1.1	58.98	33.70	123.63	
35	84+900	0.00	8.00	20.00	0.013	60.0	0.9506	1.1	83.65	50.19	93.39	
36	85+000	0.00	8.00	16.00	0.013	61.0	0.9494	1.1	66.84	33.42	93.51	
37	91+100	0.00	10.00	22.00	0.009	54.0	0.9703	1.1	93.93	51.23	73.20	
38	91+200	0.00	8.00	22.00	0.011	53.0	0.9650	1.1	93.41	59.44	92.00	
39	91+300	0.00	8.00	24.00	0.007	53.0	0.9774	1.1	103.22	68.81	90.83	
40	91+400	0.00	12.00	48.00	0.009	54.0	0.9703	1.1	204.93	153.70	61.00	
41	91+500	0.00	8.00	20.00	0.012	54.0	0.9608	1.1	84.55	50.73	92.40	
42	97+800	0.00	20.00	50.00	0.004	52.0	0.9874	1.1	217.22	130.33	35.97	
43	97+900	0.00	12.00	22.00	0.004	55.0	0.9862	1.1	95.46	43.39	60.01	
44	98+000	0.00	8.00	16.00	0.004	57.0	0.9854	1.1	69.37	34.69	90.09	
45	98+100	0.00	8.00	14.00	0.005	58.0	0.9814	1.1	60.45	25.91	90.47	
46	98+200	0.00	14.00	30.00	0.005	50.0	0.9852	1.1	130.05	69.36	51.49	
47	100+500	0.00	8.00	16.00	0.006	52.0	0.9812	1.1	69.07	34.54	90.48	
48	100+600	0.00	12.00	22.00	0.007	53.0	0.9774	1.1	94.61	43.01	60.55	
49	100+700	0.00	8.00	12.00	0.010	54.0	0.9671	1.1	51.06	17.02	91.80	
50	100+800	0.00	12.00	44.00	0.007	54.0	0.9768	1.1	189.10	137.53	60.59	
51	100+900	0.00	12.00	28.00	0.008	54.0	0.9735	1.1	119.94	68.54	60.80	
52	101+000	0.00	8.00	30.00	0.010	52.0	0.9690	1.1	127.91	93.80	91.62	

**ANEXO 06**  
**PROCESAMIENTO DE DATOS POR SECTORES**

<b>Tramo Total</b> <b>Km. 59+000 - Km. 104+000</b>	<b>Deflexiones</b>	<b>Rc</b>
Mínimo	34.10	35.97
Máximo	217.22	181.82
Promedio	98.08	90.99
Desviación	42.44	39.81
Coeficiente de Variación	0.43	0.44
Característico	167.90	156.48
Percentil 85	56.52	51.60

<b>SECTOR I</b> <b>Km. 59+300 - Km. 60+300</b>	<b>Deflexiones</b>	<b>Rc</b>
Mínimo	78.08	44.83
Máximo	209.11	119.44
Promedio	117.33	74.69
Desviación	42.58	23.08
Coeficiente de Variación	0.36	0.31
Característico	187.38	112.65

<b>SECTOR II</b> <b>Km. 66+600 - Km. 91+300</b>	<b>Deflexiones</b>	<b>Rc</b>
Mínimo	34.10	61.40
Máximo	136.41	183.52
Promedio	82.00	106.17
Desviación	27.64	31.83
Coeficiente de Variación	0.34	0.30
Característico	127.47	158.53

<b>SECTOR III</b> <b>Km. 91+400 - Km. 101+000</b>	<b>Deflexiones</b>	<b>Rc</b>
Mínimo	51.06	35.97
Máximo	217.22	92.40
Promedio	116.44	72.10
Desviación	55.82	19.52
Coeficiente de Variación	0.48	0.27
Característico	208.27	104.21

**ANEXO 07**

**CUADRO N° 1: RESUMEN DE VALORES DE DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA**

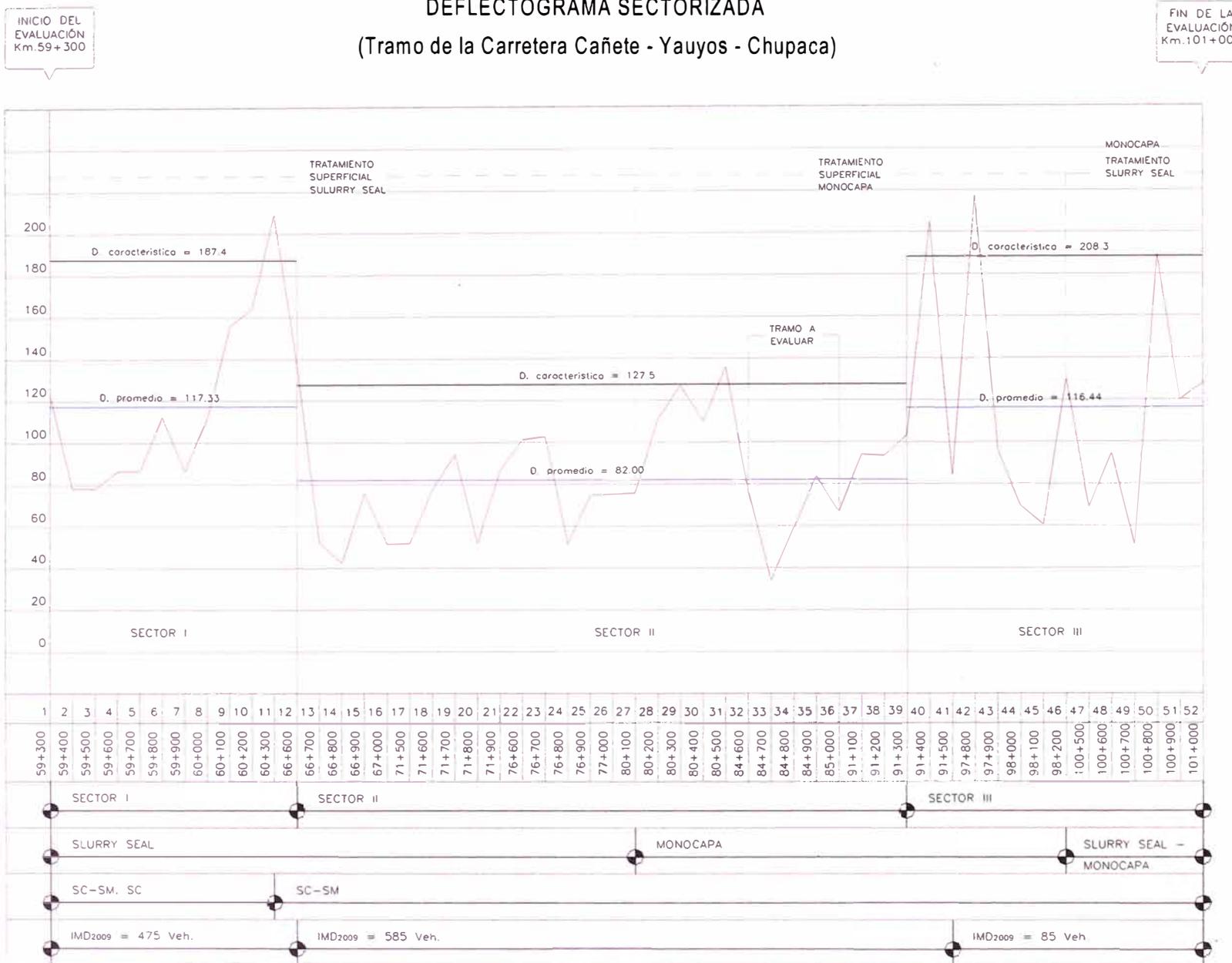
Descripción	n (años)	Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca Km. 59+000 - Km. 104+000		
		I	II	III
SECTOR				
PROGRESIVA INICIAL		59+300	66+600	91+400
PROGRESIVA FINAL		60+300	91+300	101+000
<b>DEFLEX. CARACT. x 10<sup>-2</sup></b>		<b>187,4</b>	<b>127,5</b>	<b>208,3</b>
<b>DEFLEX. ADMISIBLE x 10<sup>-2</sup></b>	1	152,2	147,5	271,1
	2	127,4	123,5	226,9
	3	114,6	111,1	204,1
	5	99,9	96,8	178,0
<b>RADIO DE CURVATURA R<sub>c</sub> (m)</b>		<b>74,7</b>	<b>106,2</b>	<b>72,1</b>

**CUADRO N° 2: RESUMEN DE CÁLCULO DE RESULTADOS**

Descripción	Unidad	Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca Km. 64+000 - Km. 69+000			
		1	2	3	5
AÑO DE ANALISIS (n)	años	1	2	3	5
DEFLEX. CARACT. (D <sub>c</sub> )	x 10 <sup>-2</sup> mm	127,5	127,5	127,5	127,5
DEFLEX. ADMISIBLE (D <sub>a</sub> )	x 10 <sup>-2</sup> mm	147,5	123,5	111,1	96,8
RADIO DE CURVATURA (R <sub>c</sub> )	m	106,2	106,2	106,2	106,2
<b>ESPESOR DE REFUERZO</b>	<b>cm</b>	<b>-2,483</b>	<b>0,538</b>	<b>2,338</b>	<b>4,682</b>
<b>ESP. DE REFUERZO RECOMENDADO</b>	<b>mm</b>	<b>NR</b>	<b>6,0</b>	<b>25,0</b>	<b>50,0</b>

### ANEXO 08

#### DEFLECTOGRAMA SECTORIZADA (Tramo de la Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca)



## **PANEL FOTOGRAFICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS – HUANCAYO (KM 64+000 – KM 69 +000)**

### **1. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**



Foto N°1: Km 68+950 al Km 69+000: Problemas de Drenaje – Cunetas de tierra en mal estado



Foto N°2: Km 68+800 al Km 68+860:  
Cunetas de tierra en mal estado



Foto N°3: Km 68+800 al Km 68+860:  
Cunetas de tierra en mal estado



Foto N°4: Km 68+700 Cunetas de tierra en mal estado



Foto N°5: Km 68+640, Cunetas de tierra innecesarias, lo que se debió hacer es hacer una plataforma con adecuada pendiente que de hacia el rio.



Foto N° 06: Km 68+500:  
Cunetas inexistentes, pero necesarias debido a las precipitaciones que se presentan en las estaciones lluviosas del año, que dañarían la base estabilizada.



Foto N°7: Km 68+600:  
Peligro de accidente, por zona rocosa y taludes altos. Necesidad de hacer voladura de rocas para ensanchar la vía, ya que es constante lugar de accidentes de tránsito.



Foto N°8: Km 68+300: Necesidad de muro de sostenimiento



Foto N° 9: Km 68+200: Canal de riego y empalme con tubería de PVC, este canal esta afectado por los deslizamientos de boloneria.



Foto N° 10: Km 68+200: Filtraciones en lado adyacente a la carretera.



Foto N° 11: Km 68+000: necesidad de una nueva alcantarilla.



Foto N° 12: Km 68+000: Aguas arriba canal de riego. Necesidad de diseño de emboquillado.



Foto N° 13: Km 67+000 al 68+000: Necesidad de alcantarillas, por derrame de agua de terrenos de cultivo adyacente a la carretera.



Foto N° 14: Km 67+900 al Km 68+000, Cunetas en mal estado.



Foto N° 15: Km 67+590 Necesidad de alcantarillas, para evitar filtraciones y derrame de agua por los terrenos de cultivo adyacentes.



Foto N° 16: Km 67+275, Calicata realizada para conocer las características propias del suelo de la vía.



Foto N° 17: Km 67+000 al Km 67+270 Necesidad de 05 alcantarillas de D=12", tajeas, para derrame agua de terrenos de cultivo.

## SUPERFICIE DE RODADURA



Foto N° 18: Km 67+100 deterioro de la carretera, debido a que falta mejorar la vía realizando pendientes a los lados de esta, con dirección a la cuneta de tierra.



Foto N° 19: Km 67+050 se encuentra deterioro de la carretera, debido a que falta mejorar la vía realizando pendientes a los lados de esta, como se puede ver en la imagen no solo afecta al slurry también se deteriora el pintado de la señalización.



Foto N° 20: Km 66+980 se encuentra marcas en el pavimento por las llantas producto del esfuerzo de frenado que generan los vehículos,



Foto N° 21: Km 66+900 se encuentra deterioro en el pavimento, debido a que hay un hueco en el slurry,



Foto N° 22: Km 66+500 se encuentra deterioro en el pavimento, debido a que hay un infiltración por debajo de este tramo, la línea continua de la carretera también se está borrando.

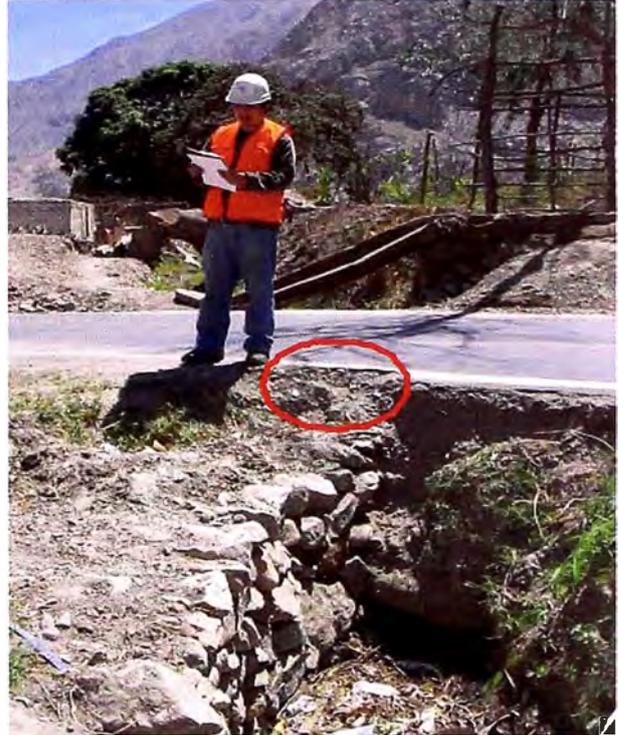


Foto N° 23: Km 66+450 se encuentra deterioro en el pavimento, debido a que hay un canal que pasa por este lado de la carretera, y genera inestabilidad a la vía, esta falla se genera por el boquillado del canal.

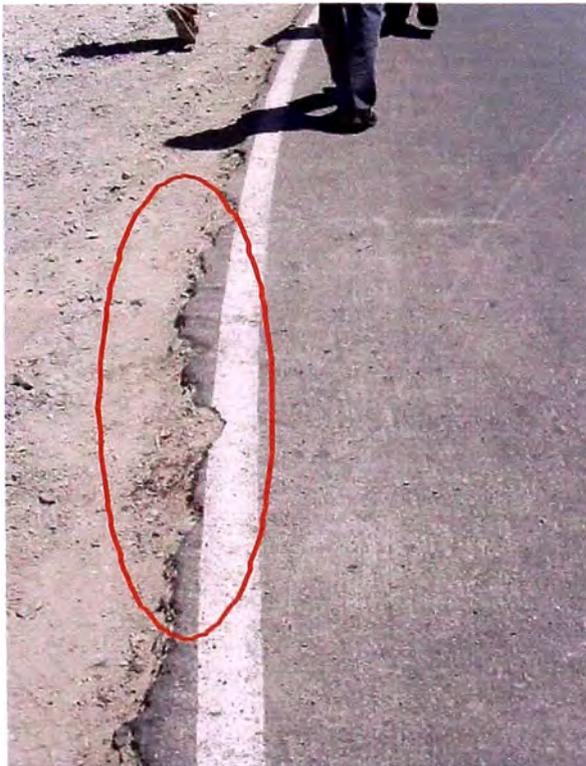


Foto N° 24: Km 66+300 se encuentra deterioro en el pavimento en los lados de la carretera, debido a que falta mejorar la vía realizando pendientes a los lados de esta.



Foto N° 25: Km 66+000 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, debido a que se ha creado una vía de acceso para el campamento de la C.H. El Platanal.



Foto N° 26: Km 65+300 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, debido al canal de riego que pasa por esta zona.



Foto N° 27: Km 65+200 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, debido a que se ha creado una vía de acceso para la concretera UNICON.



Foto N° 28: Km 65+150 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, se ha generado un pequeño bache, esto puede ser debido a que pasan vehículos de grandes cargas.



Foto N° 29 - 30: Km 65+100 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, se ha generado huecos, debido al frenado y/o carga de los vehículos.



Foto N° 31: Km 64+900 se encuentra deterioro en el pavimento en la carretera, debido al terreno, puede haberse generado por un huayco, ya que se encuentran ramas de plantas.



Foto N° 32: Km 64+600 se encuentra deterioro en el pavimento en los lados de la carretera, debido a que falta mejorar la vía realizando pendientes a los lados de esta, para una mejor estabilización de los contornos de la carretera.



Foto N° 33: Km 64+400 se encuentra deterioro en el pavimento en los lados de la carretera, debido a que falta mejorar la vía realizando pendientes a los lados de esta, para una mejor estabilización de los contornos de la carretera



Foto N° 34: Km 64+700 en la imagen se ve que unos de los grandes problemas por lo cual el pavimento se deteriora rápidamente en muchas partes del Perú es por el aceite que los vehículos dejan cuando estos circulan por la vía, esto deteriora a la vía con el tiempo.

## 2. GEOTECNIA, TALUDES Y CANTERAS



Foto N° 34: CASCAJAL, Desde el KM 64+000 hasta el KM 64+800, se extienden los depósitos de la quebrada San Juan conformado por material granular anguloso, actualmente se explota esta cantera en el KM 64+800.



Foto N° 35: KM 65+700: Se ubica cerca de San Juanito, en esta zona el cauce el río se ensancha.

## EVALUACIÓN DE TALUDES



Foto N° 36: KM 68+100: Depósitos aluviales cortados casi verticalmente con presencia de filtraciones, debido a un canal en la parte superior. Se aprecia las banquetas, con la cual se reduce el potencial de derrumbe.



Foto N° 37: KM 68+900: Depósito aluvial poco consolidado que contamina constantemente la cuneta provisional.



Foto N° 38: KM 69+000: Erosión de talud inferior, ocasionado por la curvatura del río, en esta zona el ancho de la vía se reduce.

## CAÍDA DE ROCAS



Fotos N° 39, 40 y 41: KM 65+200: Túnel de la Central Hidroeléctrica El Platanal, la parte inferior del talud está recubierto de concreto lanzado y sostenido con anclajes, el cual presenta fisuras. La dirección de las caras de fractura no es favorable por la dirección de la vía en la zona del túnel. Existe el peligro de caída de rocas, tal como lo previene la señalización de la vía.



Fotos N° 42, 43 y 44: KM 68+600 al KM 68+700: Desprendimiento superficial de rocas fuertemente meteorizada con presencia de finos en las fisuras.

### 3. IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL PRESENCIA CERCANA DE ZONA ARQUEOLOGICO: CASCAJAL.



**DERECHO DE VIA:** No se respeta el derecho de vía de 15 m. al eje, en el poblado de San Juan.



### PRESENCIA DE CURSOS DE AGUA PARA RIEGO EN PARALELA A LA VIA

Se observan canales de tierra y de concreto armado provisionales en el borde de la carretera para su sistema de riego.



**SALPICONES DE CONCRETO EN LOS BORDES LATERALES DE LA VIA:** Se encuentra en los tramos donde a habido tratamiento artificial de talud (capas de mezclas cementantes).

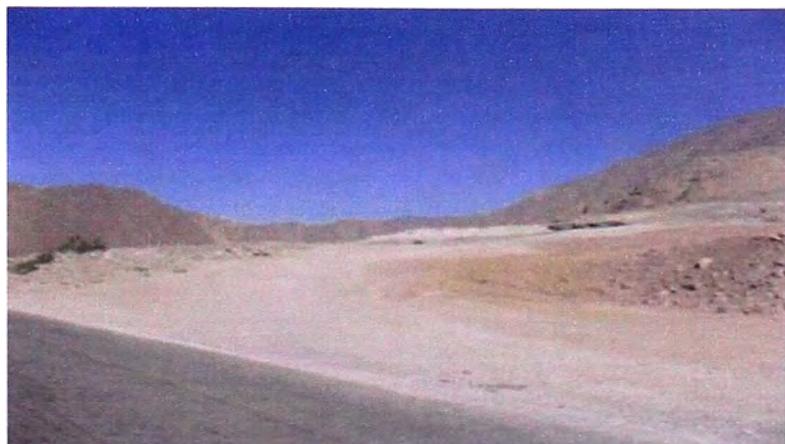


**POBLADOS QUE CRUZA EL TRAMO:**  
ZONA SAN JUAN, ubicado en el Km. 67+000.



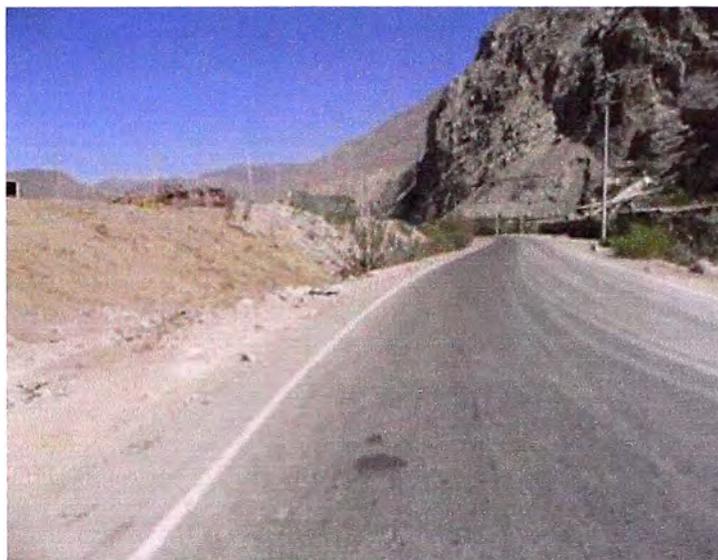
**DEPÓSITOS DE MATERIALES (BOTADEROS):**

Deposito 1.  
Ubicado en el Km. 64+800



Deposito 2.

Ubicado en el Km. 65+950



### UBICACIÓN DE EMPRESAS:



Planta Concretera UNICON: Laboratorio móvil de la empresa abastecedora de concreto para trabajos en central hidroeléctrica ubicado en el Km 65+350



ZONA DE TRABAJOS DE LA Central Hidroeléctrica "El Platanal":

Ubicado en el Km. 65+800



S.S.K. Empresas de desmontaje e instalaciones del Proyecto "El Platanal":  
Ubicado en el Km. 65+950

**SERVICIOS AGROPECUARIOS:** En la zona la crianza de ganado vacuno y sombrío de forrajes para el ganado.



### SEGURIDAD VIAL

DISEÑO GEOMETRICO (anchos angostos, curvas reducidas): se observan entre el Km. 67+000 y el Km. 68+000. Se mitigara el peligro con reducciones de velocidad.





KM. 68+950: Curva de radio reducida peligrando los grandes vehículos al girar.

### POSTES DELINEADORES (reducidos y deteriorados)



En el Km. 69+000 existencia de curva peligrosa, no existiendo postes delineadores o en el mejor de los casos la colocación de guardavías.

### SEÑALIZACIÓN VERTICAL (Chebrones 0.90x0.60):

Deberá aumentar la cantidad de estas señales sobre todo antes el ingreso a una curva peligrosa o en la entrada de un centro poblado, según el asesor existen propuestas de cambiar el fondo blanco a una guinda oscuro para una mejor percepción.



**PRESENCIA DE TALUD CONTRAPENDIENTE:**



**EXISTENCIA DE SEÑALES DE ACCIDENTES VEHICULAR.**

Se encontraron cruces señal de que haya ocurrido un accidente anteriormente



#### 4. PLANIFICACIÓN, PRESUPUESTOS Y SEÑALIZACION



Foto N° 01: Señalización Horizontales (Líneas Continuas)



Foto N° 02: Señalización Horizontales (Rompe Muelle)

**Señales Verticales:** EN el tramo monitoreado se pudo observar dos tramos muy diferentes, por lo cual la necesidad de contar con señales diferentes, el primer tramo (km. 64 al km. 68), era relativamente llano, con curvas de radios aceptables, donde la necesidad de señales verticales es de poca influencia, a excepción del Centro poblado San Juan. El Segundo tramo (km.68 al km. 69) es agreste con Roca ígnea a un costado de la vía y al otro costado el rio Cañete, debido a esto se crean zonas donde solo puede acceder un solo vehículo, las curvas son cerradas en todo el recorrido, en el lado de la vía donde se encuentra la roca, existen tramos donde la roca esta inclinada hacia la vía hasta 30° respecto de la vertical, debido a esto es necesario una señalización más exigente en estas zonas, existen zonas donde se puede observar los dos problemas mencionados (curvas Ciegas y Taludes Metidos en la vía, Ver foto N°03)



Foto N° 03: Talud de 30° Respecto Vertical

Las Señales verticales son todas de 2.10m de alto desde el terreno hasta el eje de la señal. Las señales las dividimos según su forma y según el tipo de señal, así también como su posición en la vía, así también como la zona donde se encuentran tal como se muestra en el Cuadro N°02.

Los tipos de señales verticales encontrados por la forma son:

- **Rectángulo:** De (1).80x.60. y (2).60x.80



Foto N° 04: Señales Rectangulares (1)

- **Rombo:** Cada lado de .70m y La diagonal horizontal de .90m



Foto N°05: Señales Rombo

Según el nombre de señal y tipos de señales en la vía monitoreada tenemos.

Nombre de la Señal	Tipo de señales
Toque Claxon	Rombo
Curva peligrosas	Rombo
Reducción de Vía	Rombo

Reducir velocidad	Rectángulo (1)
Derrumbe	Rombo
Jiba	Rombo
25 km/hr	Rectángulo (2)
Zona Urbana	Rombo
Giro Derecha	Rombo
Giro Izquierda	Rombo

**Cuadro N°01: Señales y Tipos**

Las señales en la vía por Progresiva son las siguientes:

Progresiva	Zona	Nombre de la Señal	Margen	Tipo de señales	N° Veces
Km.64 - Km. 65	Llano	25 km/hr	Derecha	Rectángulo (2)	1
		Curva peligrosas	Izquierda	Rombo	1
		Curva peligrosas	Derecha	Rombo	1
		Giro Izquierda	Izquierda	Rombo	1
Km.65 - Km. 66	Llano	Derrumbe	Derecha	Rombo	1
		Reducción de Vía	Derecha	Rombo	1
		Derrumbe	Izquierda	Rombo	1
		Curva peligrosas	Izquierda	Rombo	1
		Curva peligrosas	Derecha	Rombo	1
Km.66 - Km. 67	Llano	Curva peligrosas	Izquierda	Rombo	2
		Reducción de Vía	Derecha	Rombo	1
		Curva peligrosas	Derecha	Rombo	1
		Toque Claxon	Derecha	Rombo	1
		Derrumbe	Derecha	Rombo	1
		25 km/hr	Derecha	Rectángulo (2)	1
		Reducción de Vía	Izquierda	Rombo	1
Km.67 - Km. 68	Llano	Reducir velocidad	Derecha	Rectángulo (1)	1
		Curva peligrosas	Izquierda	Rombo	1
		Jiba	Derecha	Rombo	1
		Jiba	Izquierda	Rombo	2
		25 km/hr	Izquierda	Rectángulo (2)	1
		Reducción de Vía	Derecha	Rombo	2
		Zona urbana	Izquierda	Rombo	1
		Reducir velocidad	Izquierda	Rectángulo (1)	1
		Reducción de Vía	Izquierda	Rombo	1
		Derrumbe	Derecha	Rombo	1
Km.68 - Km. 69	Agreste	Toque Claxon	Izquierda	Rombo	1
		Giro Derecha	Izquierda	Rombo	1
		Reducción de Vía	Izquierda	Rombo	1
		Curva peligrosas	Derecha	Rombo	1
		Reducir velocidad	Derecha	Rectángulo (1)	1
		Reducción de Vía	Derecha	Rombo	1
		Curva peligrosas	Izquierda	Rombo	1
		Toque Claxon	Derecha	Rombo	1

**Cuadro N°02: Cuadro General de Señales Zona Monitoreada**