

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



**DEFLECTOMETRÍA CON VIGA BENKELMAN,
MÉTODO EMPÍRICO
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE – HUANCAYO Km. 112+000 AL Km. 114+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CARLOS ALBERTO CENTURION TORRES

Lima – Perú

2010

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN | 3 |
| LISTA DE CUADROS | 4 |
| LISTA DE FIGURAS | 5 |
| LISTA DE FOTOGRAFÍAS | 7 |
| LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| | |
| CAPITULO I: GENERALIDADES | |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO, Km. 112+000 – Km. 114+000 | 12 |
| 1.1.1 Ubicación Tramo de Estudio | 12 |
| 1.1.2 Región y Clima | 12 |
| 1.1.3 Evaluación Geotécnica | 13 |
| 1.1.4 Características de la Zona de Estudio (Visita de Campo) | 17 |
| 1.1.5 Descripción de Trabajos Ejecutados | 18 |
| 1.1.6 Estudio de Tráfico | 20 |
| | |
| CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE | |
| 2.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS | 21 |
| 2.1.1 Ensayos para la Evaluación Estructural de Pavimentos | 22 |
| 2.2 EQUIPOS DE MEDICION DE DEFLEXIONES DE USO FRECUENTE | 24 |
| 2.2.1 Viga Benkelman | 24 |
| 2.2.2 Dynaflect | 24 |
| 2.2.3 Road Rater | 25 |
| 2.2.4 Falling Weight Deflectometer (FWD) | 25 |
| 2.3 EQUIPO VIGA BENKELMAN | 26 |
| 2.3.1 Antecedentes Viga Benkelman | 26 |
| 2.3.2 Principio de Funcionamiento Viga Benkelman | 27 |
| 2.3.3 Equipo y Personal Requerido | 28 |
| 2.3.4 Procedimiento de Campo | 29 |

CAPITULO III: MARCO TEORICO

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON VIGA BENKELMAN | 33 |
| 3.2 | CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | 34 |
| 3.3 | DEFLECTOMETRÍA MÉTODO EMPÍRICO DE CONREVIAL | 35 |
| 3.3.1 | Corrección por Temperatura | 35 |
| 3.3.2 | Corrección por Estacionalidad | 36 |
| 3.3.3 | Determinación de Radio de Curvatura | 36 |
| 3.4 | ANÁLISIS CAPACIDAD ESTRUCTURAL | 37 |
| 3.4.1 | Definición de Secciones Homogéneas | 37 |
| 3.4.2 | Deflexión Característica | 39 |
| 3.4.3 | Deflexión Admisible o Vida Remanente | 40 |
| 3.5 | JUICIO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO | 43 |
| 3.6 | DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE REFUERZO | 44 |

CAPITULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO Km. 112+000 – Km. 114+000

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | RECOPIACIÓN DE DATOS DE CAMPO | 46 |
| 4.1.1 | Procedimiento de Campo (Medición De Deflexiones con Viga Benkelman) | 46 |
| 4.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS (TRABAJO DE GABINETE) | 50 |
| 4.2.1 | Hoja de Deflexiones obtenidas de Trabajo de Campo | 50 |
| 4.2.2 | Hoja de Deflexiones corregidas por Temperatura y por Estacionalidad | 51 |
| 4.2.3 | Determinación de las Secciones Homogéneas | 51 |
| 4.2.4 | Determinación del Radio de Curvatura | 54 |
| 4.2.5 | Determinación de las Deflexiones Características | 56 |
| 4.2.6 | Determinación de Deflexiones Admisibles y Vida Remanente | 58 |

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | | |
|-----|--|----|
| 5.1 | EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL | 60 |
| 5.2 | VERIFICACIÓN DE RESULTADOS CON EL MÉTODO ANALÍTICO | 64 |
| | CONCLUSIONES | 67 |
| | RECOMENDACIONES | 69 |
| | BIBLIOGRAFIA | 70 |
| | ANEXOS | 71 |

RESUMEN

El presente Informe contiene estudios para evaluar el comportamiento estructural del pavimento, de la carretera Cañete – Huancayo del tramo km 112+000 al km 114+000. La evaluación estructural del pavimento se ha llevado a cabo mediante Ensayos No Destructivos (END), empleando la medición de deflexiones recuperables obtenidas mediante la Viga Benkelman modificada de brazo doble, instrumento portátil que permite medir las deformaciones elásticas que sufre un pavimento flexible bajo la acción de una carga rodante estándar, de una manera sencilla, práctica y económica.

En la actualidad se ha ejecutado el cambio estándar de afirmado a solución básica, siendo ellas propuestas a base de métodos innovadores, es por ello que se plantea la necesidad de conocer el comportamiento en este tipo de pavimentos flexibles ante solicitaciones de cargas de bajo volumen tránsito (característico de este tipo de carreteras), para determinar la condición actual de la estructura de la vía, mediante el análisis de los parámetros que utiliza la metodología empírica de CONREVIAl y comprobado por el método analítico de Hogg, proponiendo el refuerzo estructural, de ser necesario, citando recomendaciones para el mejoramiento de los sectores evaluados y/o en su defecto determinando la vida útil remanente del tramo evaluado.

LISTA DE CUADROS

| | | Pág. |
|----------------|--|------|
| Cuadro N° 1.01 | IMDA tramo de estudio | 20 |
| Cuadro N° 3.01 | Corrección de deflexiones por estacionalidad | 35 |
| Cuadro N° 3.02 | Valores de "t" – Deflexión Característica | 40 |
| Cuadro N° 3.03 | Fórmulas para el cálculo de F.E.C. | 41 |
| Cuadro N° 3.04 | F.E.C. por tipo de vehículo | 42 |
| Cuadro N° 3.05 | Factor de distribución por número de líneas en cada dirección | 43 |
| Cuadro N° 4.01 | Ancho de carril, marca en pavimento | 46 |
| Cuadro N° 4.02 | Hoja de deflexiones obtenidas de trabajo campo | 50 |
| Cuadro N° 4.03 | Deflexiones corregidas por temperatura y estacionalidad | 51 |
| Cuadro N° 4.04 | Deflexiones corregidas | 51 |
| Cuadro N° 4.05 | Data requerida para procesamiento por el método de diferencias acumuladas | 53 |
| Cuadro N° 4.06 | Radio de curvatura | 54 |
| Cuadro N° 4.07 | Radio de curvatura promedio por tramos | 55 |
| Cuadro N° 4.08 | Deflexiones características | 56 |
| Cuadro N° 4.09 | Estudio de tráfico, tramo de estudio | 58 |
| Cuadro N° 4.10 | Resultados de EAL, N18 y Da | 59 |
| Cuadro N° 5.01 | Clasificación cualitativa del suelo por CBR | 60 |
| Cuadro N° 5.02 | Deflexión admisible y radio de curvatura | 64 |
| Cuadro N° 5.03 | Resultados obtenidos por el método analítico de Hogg | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Pág. |
|----------------|--|------|
| Figura N° 1.01 | Ubicación del tramo de estudio en la carretera | 12 |
| Figura N° 1.02 | Ubicación de canteras | 16 |
| Figura N° 1.03 | Sección típica tramo de estudio | 19 |
| Figura N° 2.01 | Ensayos para la evaluación estructural de pavimentos | 24 |
| Figura N° 2.02 | Viga Benkelman | 24 |
| Figura N° 2.03 | Equipo Dynaflec | 25 |
| Figura N° 2.04 | Road Rater | 25 |
| Figura N° 2.05 | Equipo FWD | 26 |
| Figura N° 2.06 | Esquema y principio de operación Viga Benkelman | 28 |
| Figura N° 2.07 | Centro de gravedad del conjunto | 29 |
| Figura N° 2.08 | Ubicación de la varilla en el punto inicial | 30 |
| Figura N° 2.09 | Esquematización del proceso de medición con Viga Benkelman | 31 |
| Figura N° 3.01 | Deflexiones en el pavimento | 34 |
| Figura N° 3.02 | Principio Radio de Curvatura | 37 |
| Figura N° 3.03 | Definición de secciones homogéneas | 38 |
| Figura N° 3.04 | Casos típicos para la evaluación de la estructura del pavimento | 44 |
| Figura N° 3.05 | Ejemplos de aplicación práctica e importancia del radio de curvatura | 44 |
| Figura N° 4.01 | Deflectograma tramo de estudio | 52 |
| Figura N° 4.02 | Análisis para la determinación de diferencias Acumuladas | 52 |
| Figura N° 4.03 | Definición de secciones homogéneas | 53 |
| Figura N° 4.04 | Radio de curvatura | 55 |
| Figura N° 4.05 | Radio de curvatura y radio curvatura promedio | 56 |
| Figura N° 4.06 | Deflectograma deflexiones promedio y características | 58 |
| Figura N° 4.07 | Vida remanente del pavimento tramo I | 59 |
| Figura N° 4.08 | Vida remanente del pavimento tramo II | 59 |

| | | |
|----------------|-----------------------------|----|
| Figura N° 5.01 | Año vs. Deflexión admisible | 62 |
| Figura N° 5.02 | Año vs. EAL | 63 |
| Figura N° 5.03 | EAL vs. Deflexión Admisible | 63 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | | Pág. |
|--------------------|--|------|
| Fotografía N° 1.01 | Reparación de la superficie de rodadura (Bacheo superficial) | 18 |
| Fotografía N° 1.02 | Presencia de señal preventiva | 18 |
| Fotografía N° 1.03 | Zona de taludes con material suelto y roca, existe posibilidad de deslizamiento. | 18 |
| Fotografía N° 1.04 | Zonas donde existe asentamiento en la plataforma de la vía, falta reforzamiento. | 18 |
| Fotografía N° 1.05 | Existencia de curvas cerradas, peligro de accidente de tránsito. | 18 |
| Fotografía N° 1.06 | Obras de drenaje, cunetas a base de tierra y tres 03 alcantarillas de tubería metálica corrugada (TMC) en buen estado. | 18 |
| Fotografía N° 1.07 | Presencia de señales verticales preventivas y de señales horizontales de pavimento en buenas condiciones. | 18 |
| Fotografía N° 1.08 | Conformación de afirmado estabilizado con riego de emulsión. | 19 |
| Fotografía N° 1.09 | Superficie de Plataforma luego de ser compactada. | 19 |
| Fotografía N° 1.10 | Producción de gravilla de 3/8" para monocapa. | |
| Fotografía N° 1.11 | Aplicación de RC 250 para riego de liga para el monocapa. | 19 |
| Fotografía N° 1.12 | Colocación del T.S. monocapa con esparcidora. | 19 |
| Fotografía N° 1.13 | Compactado del monocapa con rodillo de neumáticos. | 19 |
| Fotografía N° 1.14 | Tramo con monocapa terminado. | 19 |
| Fotografía N° 4.01 | Estacionamiento del camión sobre la marca en pavimento | 46 |
| Fotografía N° 4.02 | Colocación de Viga Benkelman entre las llantas posteriores | 47 |
| Fotografía N° 4.03 | Medición del espesor del pavimento | 47 |
| Fotografía N° 4.04 | Medición ancho de calzada | 48 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Fotografía N° 4.05 | Ubicación de la marca en la posición inicial | 48 |
| Fotografía N° 4.06 | Camión en movimiento alejándose del punto inicial | 49 |
| Fotografía N° 4.07 | Medición del ahuellamiento | 49 |
| Fotografía N° 4.08 | Toma de deflexiones de campo | 50 |

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

| | |
|----------|--|
| D_{20} | Deflexión a la temperatura estándar 20°C |
| e | Espesor de la carpeta asfáltica en cm. |
| RC | Radio de Curvatura |
| D_0 | Deflexión máxima en el punto inicial de la prueba. |
| D_{25} | Deflexión máxima a 25 cm del eje |
| A | Área bajo la curva. |
| CD | Diferencia acumulada. |
| D_c | Deflexión característica. |
| D_p | Deflexión promedio |
| D_o | Deflexiones máximas |
| D_a | Deflexión admisible |
| N18 | Número de repeticiones de ejes equivalentes a 18Klb u 8.2 Tn. |
| D_D | Factor de distribución direccional. |
| D_L | Factor de números de líneas por dirección. |
| I | Tasa de crecimiento. |
| u | Módulo de poisson. |
| E_o | Modulo de elasticidad o modulo de Young. |
| RMR | Rock Mass Rating, Índice de calidad que indica mediante rangos numéricos la estabilidad de un macizo rocoso. |
| SUCS | Sistema Unificado de Clasificación de suelos. |
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation Officials. |
| TMC | Tubería Metálica Corrugada. |
| CONREVAL | Consorcio de Rehabilitación Vial. |
| END | Ensayos no Destructivos |
| ED | Ensayos Destructivos |
| CBR | California Bearing Ratio. |
| TRRL | Transportation Road Research Laboratory (Gran Bretaña). |
| DNV | Dirección Nacional de Vialidad (Argentina). |
| IMD | Índice Medio Diario |
| FEC | Factor equivalente de carga |
| CGC | Consorcio de Gestión de Carreteras. |
| ICCGSA | Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A. |

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente Informe de Suficiencia tiene por objetivo determinar la condición actual de la estructura del pavimento de la carretera Cañete - Huancayo en el tramo comprendido entre los km. 112+000 y km. 114+000, mediante la medición de deflexiones recuperables utilizando el equipo portátil de uso sencillo y económico, conocido como Viga Benkelman.

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

El capítulo I describe las generalidades del tramo en estudio (Km. 112+000 – Km. 114+000), se describe sobre su ubicación, clima, características geotécnicas, estudio de suelo, estudio de tráfico, características del pavimento, trabajos ejecutados; citando las características más importantes que permitan obtener un mejor juicio en cuanto a las capacidades estructural del tramo en evaluación.

En el capítulo II se detalla sobre el estado del arte de la metodología a emplearse para realizar la evaluación estructural, los análisis complementarios para la determinación de la capacidad de soporte, los tipos de ensayos existentes (destructivos y no destructivos), así como una descripción de los diferentes equipos de uso frecuente para la determinación de deflexiones, incluyendo la viga Benkelman como equipo utilizado.

En el capítulo III (Marco Teórico), se describe sobre la interpretación de los parámetros (deflexiones obtenidas de campo y el radio de curvatura) para la de determinación de la capacidad estructural del pavimento, además se explica las fórmulas y/o criterios que utiliza el método de CONREVIAl para la data obtenida de campo. También se hace mención sobre la determinación de las secciones homogéneas, deflexiones características y admisibles, vida remanente, juicio del pavimento y espesores de refuerzo.

El capítulo IV describe todo lo referente a la recopilación y procesamiento de datos de las medidas de deflexiones realizadas en campo aplicando los conceptos y metodología descrita en el capítulo III.

Y en el capítulo V se realiza el análisis de resultados mediante la interpretación de los conceptos de la metodología empírica y una comprobación de resultados con el método analítico de Hogg.

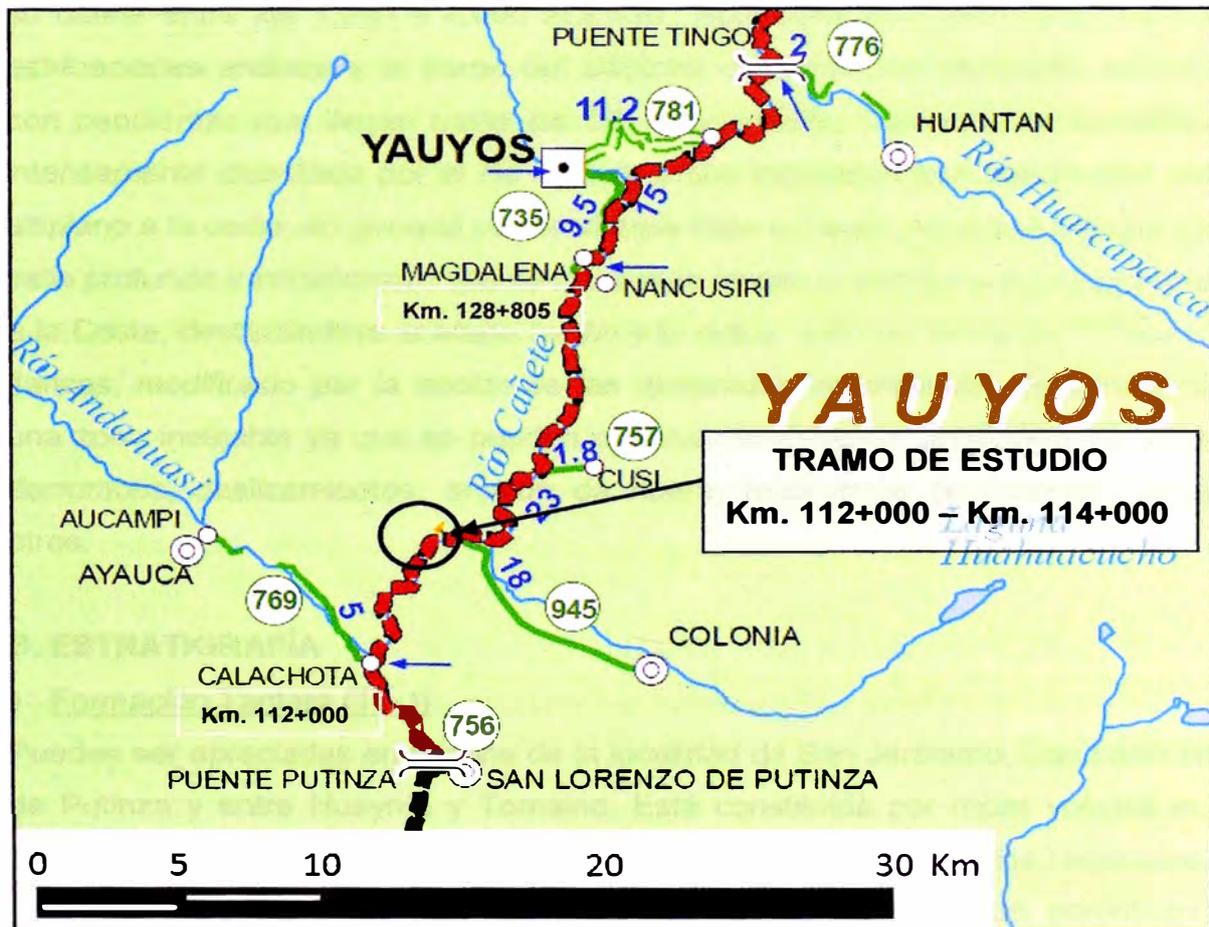
CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO, Km. 112+000 – Km. 114+000

1.1.1 Ubicación Tramo de Estudio

El tramo de estudio Km. 112+000 – Km. 114+000, se encuentra ubicado en el Distrito de San Lorenzo de Putinza, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima.

Figura N° 1.01: Ubicación del tramo de estudio en la carretera



Fuente: MTC

1.1.2 Región y Clima

Está ubicado en la Región Yunga Martima a 5.145 Km. de Calachota (Km. 106+845, 1740 msnm.) y a 0.605 Km. del Puente Aucco (Km. 114+605, 2051 msnm.).

Esta región se caracteriza por poseer un clima de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches

son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas, el invierno es frío, con alto porcentaje de humedad. La precipitación pluvial es escasa o casi nula.

1.1.3 Evaluación Geotécnica

El tramo de estudio presenta las siguientes características geotecnicas:

A. GEOMORFOLOGÍA

- Flanco Andino

Está comprendida dentro de la región de la Cordillera Occidental de los Andes y se define entre los 1,000 a 4,000 m.s.n.m., esta zona está delimitada por las estribaciones andinas y el borde del altiplano. Muestra una topografía abrupta con pendientes que llegan hasta los 60° mayormente. También, se encuentra intensamente disectada por el río Cañete y sus tributarios que descienden del altiplano a la costa, en general con tendencia Este a Oeste y que han labrado un valle profundo y encañonado que se hace más amplio a medida que se aproxima a la Costa, destacándose la etapa cañón y la etapa valle en forma de "V" en los flancos, modificado por la acción de las quebradas secundarias. Se considera una zona inestable ya que se pueden observar fenómenos geodinámicos como derrumbes, deslizamientos, erosión de ribera, fenómenos de huaycos, entre otros.

B. ESTRATIGRAFÍA

- Formación Tantará (Ti - t)

Pueden ser apreciadas en la zona de la localidad de San Jerónimo, San Lorenzo de Putinza y entre Huaynía y Tomaino. Está constituida por rocas volcánicas, andesitas, dacitas, brechas y tobas entre otros; conforman depósitos residuales, arenosos y areno limosos, son de color gris verdoso a gris azulado, porfiríticos, poco meteorizada, moderadamente resistente a resistente al golpe del martillo, con pendiente desfavorable al trazo, fracturadas con sistemas:

Rumbo N 30°E y Buzamiento 90°
 N 80°W y buzamiento 90°
 N 30°E y buzamiento 30° NW
 NS y buzamiento 90°
 N 30°W y buzamiento 50° NE

Estos sistemas ocasionan que la roca se acuña, lo que constituye un problema de caída de bloques hacia la carretera.

El RMR (Rock Mass Rating), de estas rocas se interpreta que son de buena a regular calidad en cuanto a la situación de estabilidad del macizo rocoso.

C. GEODINÁMICA INTERNA

Los elementos principales del régimen sismotectónico que afectan el área de estudio son:

- La Zona de Subducción a lo largo de la Costa del Perú por interacción entre la Placa Oceánica de Nazca con la Placa Continental Sudamericana.
- Fallas Tectónicas Continentales activas que afectan la Cordillera de los Andes.

Dentro del Mapa sísmico del Perú (Instituto Geofísico del Perú), el área de estudio se encuentra dentro de una zona de sismos probables de 8 a 9 grados en la escala de Mercalli (modificada intensidad) en la parte costera y 5 a 7 en la parte andina.

La influencia de la sismicidad en los centros poblados y obras de ingeniería del área de estudio puede llegar a la destrucción de poblaciones que se encuentran sobre materiales Cuaternarios como: Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Lorenzo de Putinza, Yauyos, etc., problemas de desprendimiento de rocas que comprometan sembríos y vías de comunicación; reactivación de deslizamientos como el de Putinza; presas de las lagunas; hundimientos de la vía asfáltica, etc.

D. GEODINÁMICA EXTERNA

- Inundaciones

Son desbordes laterales de las aguas de los ríos que cubren temporalmente terrenos bajos, adyacentes a sus riberas y que ocurren en épocas de intensas precipitaciones pluviales.

Ejemplos típicos: Se tiene aguas arriba de la localidad de Puente Aucco.

- Erosión de ladera

Es un término bastante amplio que involucra varios fenómenos que puedan dividirse en erosión de zanjas profundas, remoción de escombros de talud, erosión de mantos. Un ejemplo típico se tiene en las zonas de las laderas que circundan a la localidad de San Lorenzo de Putinza, también en la localidad de Canchan.

E. ESTUDIO DE CANTERA

En el tramo de estudio figuran las siguientes canteras:

- CANTERA CUNCUBAY I

Esta cantera se encuentra en la progresiva 102+500, lado izquierdo. El material de ésta cantera es granular, con partículas subangulosas a angulosas, con arenas y limos, con material fino -menor de la malla # 200-, en regular porcentaje, de mediana plasticidad, con clasificación GM, GC-GM (SUCS) ó A-1b (0), A-2-4 (0) (AASHTO) respectivamente. Este material de ésta cantera podrá emplearse para relleno únicamente.

La potencia de la zona estudiada es de aproximadamente 312,500 m³, con 90% de rendimiento.

- CANTERA CUNCUBAY II

Esta cantera se encuentra en la progresiva 103+200, lado izquierdo. El material de ésta cantera es granular, con partículas subangulosas, con arenas y limos, con material fino -menor de la malla # 200-, en regular porcentaje, de mediana plasticidad, con clasificación GC-GM, SC-SM (SUCS) ó A-1b (0) (AASHTO). Este material podrá emplearse para sub-base y relleno únicamente.

La potencia de la zona estudiada es de aproximadamente 165,000 m³, con 90% de rendimiento.

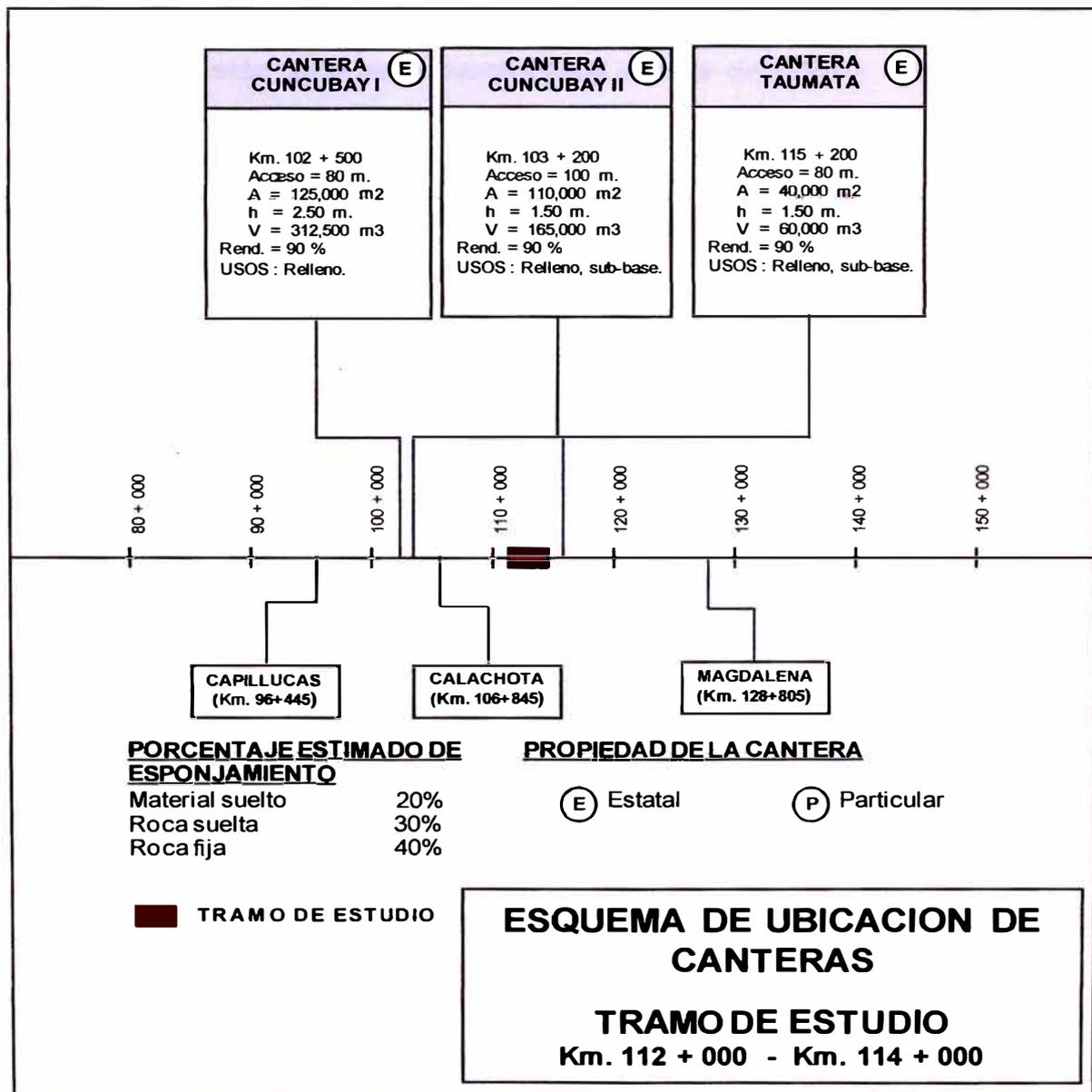
• CANTERA TAUMATA

Esta cantera se encuentra en la progresiva 115+200, lado izquierdo. El material de ésta cantera está compuesto por arenas y gravas de partículas subangulosas, con regular porcentaje de material fino (limos), entre no plástico y baja plasticidad, con clasificación SP, SM, SC-SM (SUCS) ó A-1b (0) (AASHTO). Este material podrá emplearse para sub-base y relleno.

La potencia de la zona estudiada es de aproximadamente 60,000 m³, con 90% de rendimiento.

Ver relación de canteras en la siguiente figura:

Figura N° 1.02: Ubicación de canteras



Fuente: Elaboración Propia - Asociación Ayesa-Alpha Consult S.A.

F. ESTUDIO DE SUELOS

Los trabajos de campo fueron realizados por el contratista Consorcio Gestión de Carreteras (CGC) y consistieron en la ejecución de prospecciones (calicatas) en la plataforma vial, ubicadas cada 1 km (entre el sector km 57+390 – km 130+000); se obtuvieron muestras representativas de todos los estratos, las que fueron ensayadas en sus laboratorios, de donde se consiguieron los siguientes resultados:

Sector Km. 106+600 – Km. 114+600, en los estratos se encuentran **gravas y arenas de matriz limo-arcillosa**. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como **GC-GM y SC-SM**, y en el AASHTO como **A-1-b (0)**. Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0,40 m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%). Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1,50 m. (Ver estudio de suelo realizado por el contratista en anexo – C).

Además se puede complementar la información precisando que el tramo de estudio presenta un CBR de 20% (al 95% de M.D.S.) que clasifica como un suelo de regular a buena capacidad de soporte.

1.1.4 Características de la Zona de Estudio (Visita de Campo)

El tramo en estudio posee las siguientes características:

- Zona de taludes con material suelto (conglomerado) y roca, existe posibilidad de deslizamiento.
- Zonas donde existen asentamiento en la plataforma de la vía, falta reforzamiento.
- Existencia de curvas cerradas, peligro de accidente de tránsito.
- Vía con tratamiento superficial monocapa transitable, en regular estado de conservación, pero con presencia de fallas superficiales.
- Existencia de obras de drenaje, cunetas a base de tierra y tres 03 alcantarillas de tubería metálica corrugada (TMC) en buen estado.
- Anchos de vía variable de 3.00m. a 4.65m, velocidad directriz 35 km/h.
- Presencia de señales verticales preventivas (curva cerrada, giba, etc.)
- Presencia de señales horizontales de pavimento en buenas condiciones.
- Zona de abundante presencia de vegetación en taludes y cercanas a la plataforma vial.

Fotografía N° 1.01: Reparación de la superficie de rodadura (Bacheo superficial)



Fotografía N° 1.02: Presencia de señal preventiva



Ver fotografías (1.04 – 1.07) en anexo B – capítulo I

1.1.5 Descripción de Trabajos Ejecutados

En el tramo de estudio, el servicio de conservación vial y de cambio de estándar de afirmado a solución básica, consistió en colocar una capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica y posteriormente protegerla con un tratamiento superficial monocapa.

Cabe indicar que para los trabajos de cambio de estándar se conformaron primero 12 cm de afirmado, para luego escarificarse 5 cm de la capa superficial y estabilizarlo con emulsión asfáltica.

En la actualidad el tramo de estudio tiene buen estado de transitabilidad, con presencia de fallas superficiales.

Ver fotografías (1.08 – 1.14) en anexo B – capítulo I

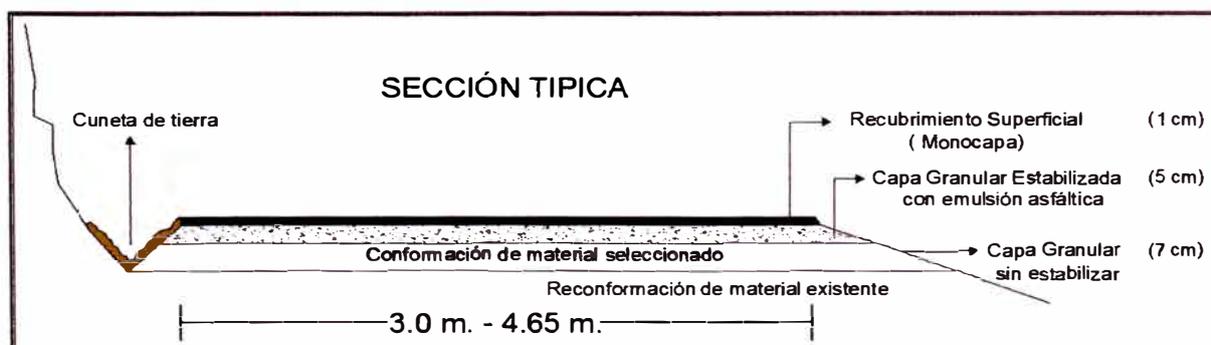
Las actividades de conservación rutinaria que se realizan para mantener la transitabilidad de la vía luego del cambio de estándar son:

- Roce.
- Poda, corte y retiro de árboles.
- Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, etc.).
- Limpieza de la calzada y bermas.
- Limpieza de cunetas de tierra y zanjas de coronación.
- Pintura, renovación de los hitos kilométricos
- Remoción de derrumbes localizados a lo largo de la vía, en material común o conglomerados (de hasta 200 m³ 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.

Para el cambio de estándar de la vía, de afirmado a solución básica, el MTC y CGC realizaron una propuesta de diseño técnico, verificando el comportamiento en tramos de prueba, resultando la estructura del pavimento proyectada para el tramo con los siguientes espesores y características (Ver figura N° 1.03):

- Afirmado: 7 cm
- Afirmado estabilizado con emulsión: 5 cm
- Superficie de rodadura (recubrimiento monocapa): 1 cm

Figura N° 1.03: Sección típica tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

1.1.6 Estudio de Tráfico

Para el tramo de estudio se utilizará el estudio de tráfico, del cuadro N° 8.0 - Anexo A, entre las estaciones Capillucas – Dv. Yauyos, de donde se obtiene el siguiente cuadro desglosado por tipo de vehículo.

Cuadro N° 1.01: IMDA tramo de estudio

| ESTUDIO DE TRÁFICO 2009 | |
|--------------------------------|---|
| | IMD 2009 (2) |
| Tipo de Vehículo | Capillucas (Km. 96+445) - Dv. Yauyos (km. 128+805) |
| Automóvil | 18 |
| Camioneta | 29 |
| Camioneta Rural | 16 |
| Micro | 0 |
| Ómnibus 2E | 10 |
| Ómnibus 3E | 0 |
| Camión 2 Ejes | 16 |
| Camión 3 Ejes | 7 |
| Camión 4 Ejes | 0 |
| Semitraylers | 0 |
| Traylers | 0 |
| TOTAL | 96 |

(2) Estudio Tráfico - UNI - diciembre 2009

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

La evaluación estructural de un pavimento comprende un complejo estudio analítico, cualitativo y cuantitativo, sobre su comportamiento en servicio, tanto en su aspecto superficial o funcional como en el estructural, tendientes a determinar no solo la naturaleza y alcance de las alteraciones de la superficie del pavimento, sino también los factores y causas que las producen y en qué medida ellos inciden en el origen de tales deficiencias.

Las metodologías de evaluación estructural de pavimentos, las que tienen como objeto la evaluación de grandes extensiones de redes viales, pueden ser divididas en aquellas que combinan un único parámetro (deflexiones, PSI, etc.) o bien las que combinan diversos parámetros.

Las metodologías basadas en un único parámetro son más rápidas y de mayor comodidad para transponer, pero sus resultados son confiables en la medida que estos hayan sido desarrollados en base a experiencias propias, o por lo menos comprobadas, en la región que se desea aplicar. Las segundas son más completas y racionales, al permitir formar un criterio ingenieril y ponderar la importancia de las distintas variables en juego, y constituir una base para la acumulación de experiencias de tipo local.

Estos factores se han agrupado convenientemente para su evaluación en variables de tránsito, climáticas, de drenaje, geológicas, de diseño estructural y de construcción; las que combinadas de diversas maneras solicitan al pavimento, que como toda estructura da respuestas, y cuya evaluación podría realizarse en base a los siguientes parámetros.

Comodidad de manejo (rugosidad).

Deterioro del pavimento.

Capacidad estructural, etc.

La variación de estos con el tiempo constituye la función e comportamiento o serviciabilidad del pavimento, algunos de ellos son de carácter funcional y se relacionan básicamente con la aceptación por parte de los usuarios, mientras otros son indicativos del estado de la estructura del pavimento y de su evolución en el tiempo.

La metodología adoptada para la evaluación estructural de pavimentos del manual de CONREVIAl señala las principales actividades para la determinación de los parámetros fundamentales, que tienen vinculación directa con la mencionada respuesta del pavimento; los que se mencionan a continuación:

- La evaluación del estado de la superficie (evaluación visual, que indica la necesidad de medidas de conservación).
- **La deformabilidad o medida de las deflexiones del pavimento, que revela su capacidad estructural y la uniformidad de la misma.**
- **El tránsito, necesario para juzgar si la capacidad estructural actual está en relación con el tráfico que debe soportar la vía.**
- El análisis estructural a través de perforaciones que permiten interpretar y comprobar los resultados obtenidos.

A dichos parámetros fundamentales se agregan aquellos que tienen influencia directa que contribuyen a interpretar los resultados obtenidos, entre los que corresponde citar:

- El análisis de los antecedentes disponibles, relativos a la construcción, comportamiento y existencia de estudios referentes al tramo en evaluación.
- Las condiciones climáticas, ya sea referidas a la vida de servicio del pavimento como a la influencia en la medición de la deformabilidad del pavimento.
- Las condiciones de drenaje superficial y/o profundo, que pueden un rol protagónico en algunos casos.
- Las condiciones geológicas particulares, que se traducen en la existencia de puntos críticos en la carretera.

Del proceso de evaluación estructural se concluye el estado real de la estructura del pavimento y proponer en la medida de las necesidades de la vía las medidas de conservación determinando los espesores de refuerzo que garanticen su vida útil ante las solicitaciones de tránsito.

2.1.1 Ensayos para la Evaluación Estructural de Pavimentos

De lo anterior se deduce que la evaluación es una tarea que tiene varios procesos, por la rapidez, por la confiabilidad y siendo un punto de partida para tener una conclusión más acorde con la realidad, se está tomando solo un punto

de todos los existente en la metodología citada líneas atrás, siendo preponderante la determinación de las deflexiones en el pavimento ante sollicitaciones de carga.

Citando ello se puede comentar los siguiente; en la actualidad existen dos grandes grupos muy conocidos y muy utilizados para la obtención de data de campo.

Un primer grupo son los denominados ensayos no destructivos (END), que son aquellos que obtienen información del pavimento evaluado mediante la ejecución de ensayos que no deterioran o alteran la estructura del mismo. Existen una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones elásticas de un pavimento, encontrándose desde los más simples, económicos y versátiles (Viga Benkelman) hasta los más sofisticados, costosos, pero de gran rendimiento operacional; estos equipos se caracterizan porque miden las deflexiones del pavimento mediante la aplicación de cargas estáticas y/o dinámicas estandarizadas. A su vez se puede decir que los END son sumamente favorables porque no degradan la estructura del pavimento, no interrumpen el tránsito luego de realizar las mediciones de campo y porque el procesamiento de la data obtenida y la obtención de resultados para la determinación del juicio del pavimento y la toma de medidas de conservación son más rápidas en comparación con otros grupos de ensayos.

El otro grupo son los ensayos destructivos (ED), que son aquellos que se realizan "in situ" obteniéndose muestras alteradas del pavimento las que son llevadas al laboratorio para la obtención de las características físicas y mecánicas del mismo, se puede decir que este tipo de ensayos es desfavorable al anterior por la demora que puede propiciar el proceso, desde la obtención de la muestra hasta el recojo de resultados en el laboratorio, sabiendo además que existen carreteras de penetración en las que no se cuenta con un laboratorio relativamente cerca, lo que lo hace además antieconómico.

En la figura Nº 2.01, se aprecia los dos grandes grupos o metodologías más conocidas para la obtención de data de campo.

Figura N° 2.01: Ensayos para la evaluación estructural de pavimentos



Fuente: Elaboración Propia

2.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES DE USO FRECUENTE

A continuación se muestran los equipos más utilizados en la actualidad.

2.2.1 Viga Benkelman

La Viga Benkelman es un instrumento manual constituido por una palanca de gran longitud, que pivota alrededor de un eje de rotación horizontal, situado en un punto fijo, que divide la palanca en dos brazos desiguales, uno que va en contacto con el terreno y el otro que sirve de pivote donde se realizan las mediciones producidas por la carga estática normalizada (8200 Kg.). Este equipo se verá con más detalle en el capítulo 2.3.

Figura N° 2.02: Viga Benkelman



2.2.2 Dynaflect

Es un sistema acoplado, montado y puede ser remolcado por un vehículo estándar. Cuenta con un peso estático de 2000 a 2100 libras (8.9 KN a 9.3 KN) se aplica al pavimento con un par de ruedas de acero rígidas. El instrumento

genera una fuerza dinámica que provoca un desplazamiento vertical en la vecindad de las ruedas de carga, desplazamiento que es medido por geófonos convenientemente dispuestos, en número de cinco.

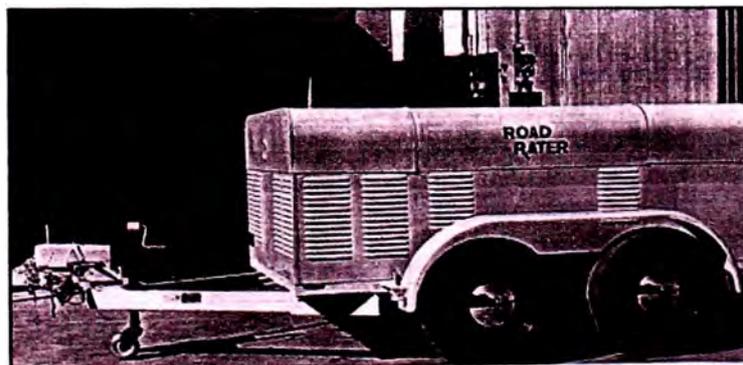
Figura N° 2.03: Equipo Dynaflec



2.2.3 Road Rater

Existen varios modelos; los que varían sobre todo en la magnitud de las cargas, con las cargas estáticas y dinámicas; emplea cuatro sensores para medir la deflexión base; el dispositivo se mueve a la localización de la prueba, donde se coloca la placa de carga y los sensores de deflexión se colocan sobre el pavimento. Después de terminada la prueba, la placa y los sensores se levantan de la superficie, y el dispositivo está listo para moverse al siguiente punto de prueba.

Figura N° 2.04: Road Rater

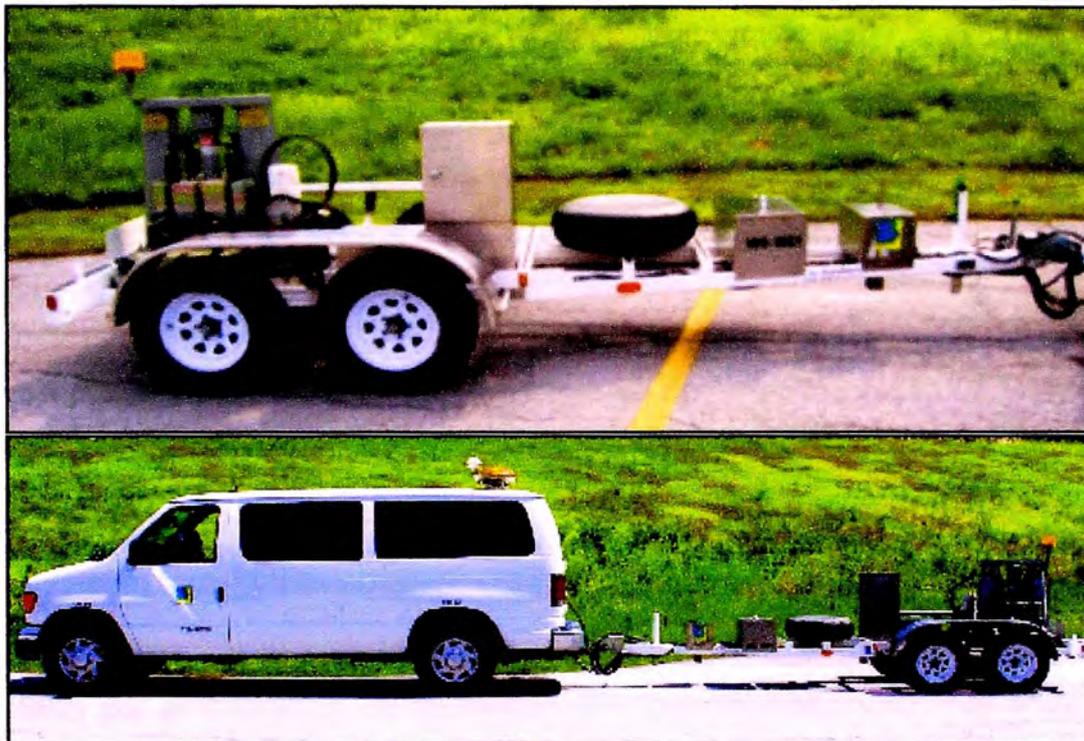


2.2.4 Falling Weight Deflectometer (FWD)

El FWD empleado frecuentemente en los Estados Unidos. La solicitación se produce mediante el impacto producido por la caída libre de un peso sobre unos mecanismos con amortiguadores, los que se apoyan en una placa de goma sobre el pavimento; en este caso las vibraciones son captadas por medio de

censores sísmicos ubicados a distintas distancias del punto de aplicación, lo que hace posible generar un cuenco de deflexiones a distancias distintas.

Figura N° 2.05: Equipo FWD



2.3 EQUIPO VIGA BENKELMAN

2.3.1 Antecedentes Viga Benkelman

La idea de usar 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. A mediados de la década de 1940 el Departamento de Transporte de Canadá utilizaba la prueba de la placa de soporte de carga.

Hasta que a fines de la década de 1940, se introdujo la Viga Benkelman, el cual fue desarrollado por Alvin Carlton Benkelman, que era de la vieja escuela de los investigadores que se basaban en observaciones empíricas y personales. Alvin C. Benkelman era un Ingeniero Civil bien conocido en el diseño de pavimento flexible. Se graduó en la Universidad de Michigan en 1919 con una licenciatura en ingeniería Química, y comenzó su carrera profesional como ingeniero de investigación en pavimentos con la División de Carreteras en los estados de Illinois y Michigan, y entre los años 1934-1954 trabajó para la Oficina de

Caminos Públicos de EE. UU. a cargo del diseño estructural de pavimento flexible. Para luego pasar a trabajar 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.

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.

Hoy en día la prueba con Viga Benkelman es aún ampliamente utilizado sobre todo en los países en vías de desarrollo, dado que la Viga Benkelman es el patrón universal de medida de las deflexiones, su determinación es imprescindible para obtener la correlación entre cualquier deflectómetro y la Viga Benkelman.

Fue utilizado en nuestra patria en la década de los 80 (mayo de 1982 – octubre de 1982) por el Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl), con lo que se realizó la evaluación estructural de aproximadamente 800 Km. de pavimentos del tipo bituminoso los que se encuentran distribuidos en los diversos tramos que conforman la Red Vial Nacional comprendidos en las tres regiones naturales del país; puede decirse además que en la actualidad la Viga Benkelman es el equipo de medición, de deflexiones recuperables, más versátiles de uso sencillo y económico.

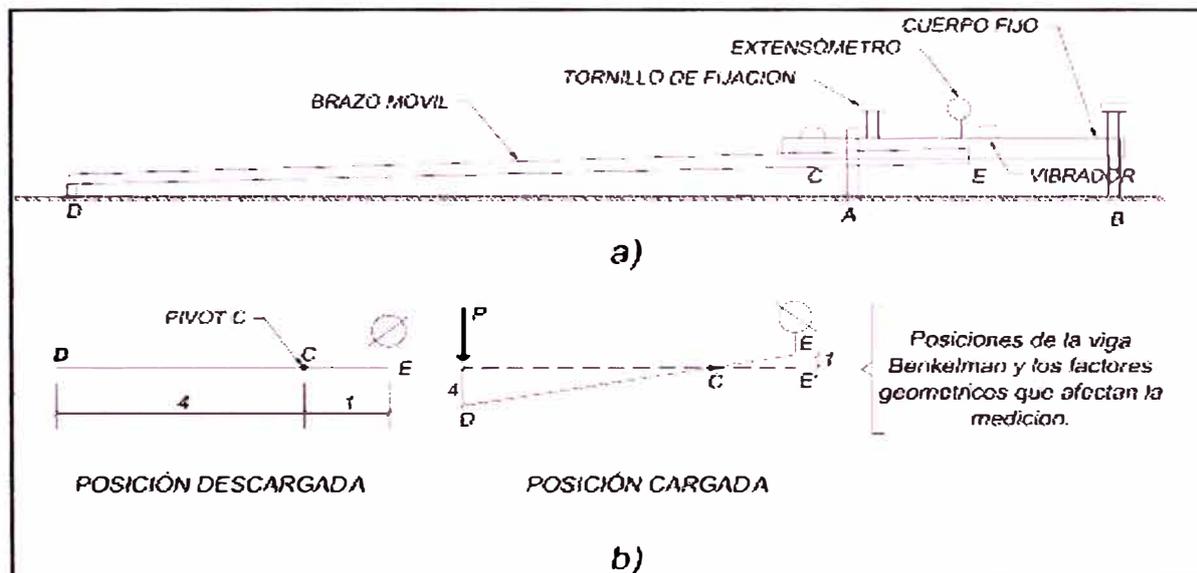
2.3.2 Principio de Funcionamiento Viga Benkelman

El deflectómetro Benkelman funciona mediante el principio de palanca, es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple, según se esquematiza en la Figura N° 2.07. A su vez la viga consta principalmente de dos partes. Un brazo móvil que gira sobre un pivote "C" y un cuerpo fijo que se sitúa sobre el terreno sobre tres apoyos (02 fijos en "A" y uno regulable en "B"), adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabé.

En la toma de medida de las deflexiones se debe tener presente que el extremo del brazo móvil "D" es el que desciende como consecuencia de la aplicación de

la carga estandarizada (haciendo pivote en "C"), para luego ascender, y medir la recuperación del pavimento a través del extensómetro, al ser removida y distanciada (la carga) a velocidad constante.

Figura N° 2.06: Esquema y principio de operación Viga Benkelman



Fuente: Estudio de evaluación de pavimentos – Pablo del Águila

2.3.3 Equipo y Personal Requerido

El equipo mínimo necesario para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

1. Deflectómetro Viga Benkelman con sistema de bloqueo de brazo pivotante y sistema de vibración. Verificar la correcta operación del equipo y la relación de brazos.
2. Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm.
3. Camión cargado, con eje trasero de 18,000 lbs. igualmente distribuidas en un par de llantas dobles infladas a una presión de 75 a 85 psi.
4. Vehículo auxiliar para transportar al personal y equipo misceláneo.
5. Balanza portátil para pesaje del camión, con capacidad de 10 toneladas.
6. Accesorios de medición y varios (cinta métrica de 3 m., plumones de punta gruesa, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices, señales de seguridad, termómetro, cincel, martillo, varilla de metal ó madera de 2m., alambre de amarre, etc.).
7. Ingeniero de Campo (01).
8. Técnico de laboratorio para ejecución de lecturas (01).

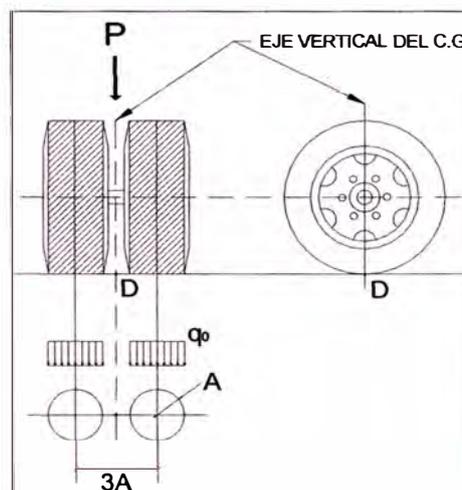
9. Auxiliar de laboratorio para medición de temperatura y espesor del pavimento (02).
10. Ayudante para transporte y colocación de Viga Benkelman (01).
11. Chofer de volquete (01).
12. Chofer de camioneta para transporte de viga y personal (01).
13. Ayudante de seguridad (01).

2.3.4 Procedimiento de Campo

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 9,000 Lb. (4,100 Kg.) y es proporcionada por una de las llantas dobles del eje trasero de un camión. Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumpla esta condición, así como que la presión de las llantas sea la requerida.

Una vez localizado el lugar donde se realizará el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en la mitad exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto (Ver figura N° 2.07, Punto "D").

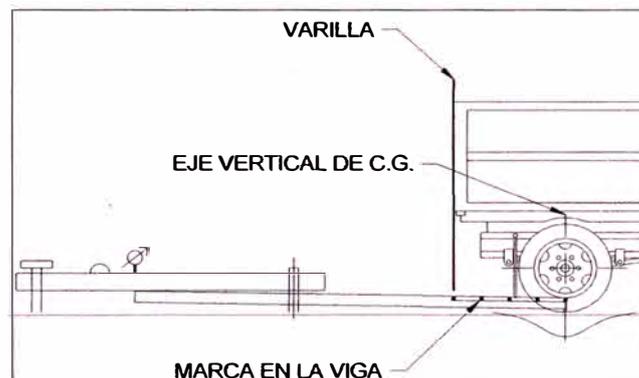
Figura N° 2.07: Centro de gravedad del conjunto



Fuente: Hoffman, Mario S; Del Águila, Pablo

Para esta operación es aceptable una tolerancia en el rango de 3 pulgadas alrededor del punto. Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo, nuevamente en la forma más aproximada, sobre el punto de ensayo seleccionado. Dado que esto último se dificulta por la inaccesibilidad tanto visual como manual, se realizará previamente la siguiente operación: se coloca la viga en la posición como si estuviera entre las llantas pero hacia la parte exterior de las mismas, haciendo coincidir igualmente, haciendo uso de una plomada, el extremo del brazo móvil con el eje vertical del centro de gravedad. Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión, se efectúa una marca en la viga de manera tal que, en adelante, basta con hacerlas coincidir (la marca con la varilla vertical) para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de las llantas, en el momento de iniciar las mediciones. (Ver figura N° 2.08).

Figura N° 2.08: Ubicación de la varilla en el punto inicial



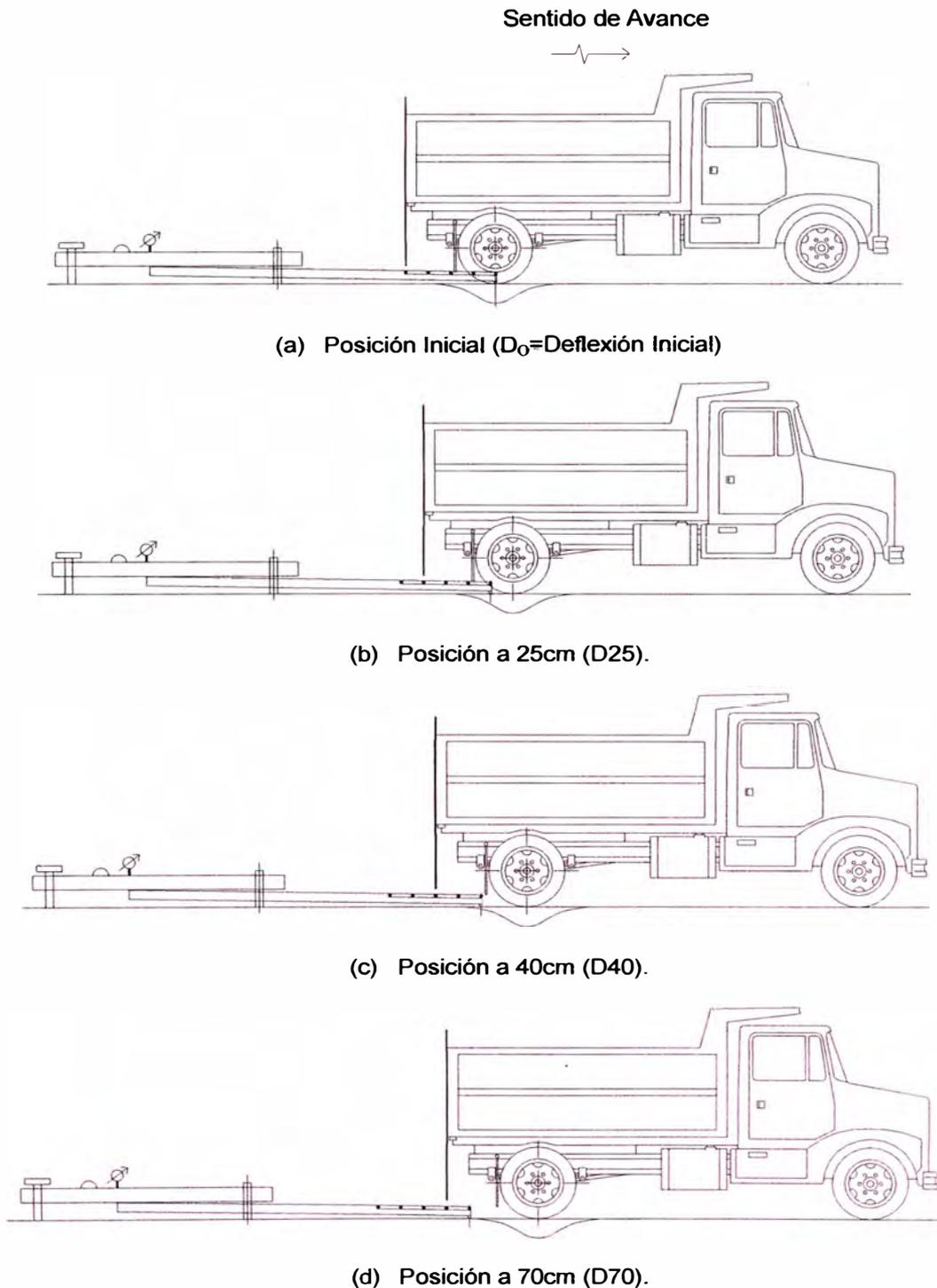
Fuente: Hoffman, Mario S; Del Águila, Pablo

De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales (puede ser a 50 y 100 cm), pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea tener una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir la varilla vertical y la marca inicial (Ver figura N° 2.09a), se verificará que ésta esté alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se pondrá el dial del extensómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales

(Ver figuras N° 2.09b,c) y una lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga movimiento (aproximadamente 5m), registro que corresponde al punto de referencia con “deflexión cero” (Ver figura N 2.09d).

Figura N° 2.09: Esquematzación del proceso de medición con Viga Benkelman



Fuente: Hoffman, Mario S; Del Águila, Pablo

Se puede complementar el procedimiento de campo acotando la importancia de supervisar permanentemente los valores que se vayan obteniendo con anotaciones de cualquier factor, que a juicio pueda explicar los resultados obtenidos (Corte, relleno, tipo de material, presencia de alcantarillas, napa freática, estado del pavimento, etc.).

CAPÍTULO III MARCO TEORICO

3.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POR DEFLECTOMETRIA

La deflectometría estudia las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación estandarizada.

La deflexión es una medida de respuesta del conjunto "pavimento – subrasante" frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del mismo desde el punto de vista estructural, se puede decir que esta capacidad estructural cumple en el diseño de refuerzo un rol en cierta forma semejante a la determinación del C.B.R. de suelos de subrasantes en el diseño de estructuras nuevas.

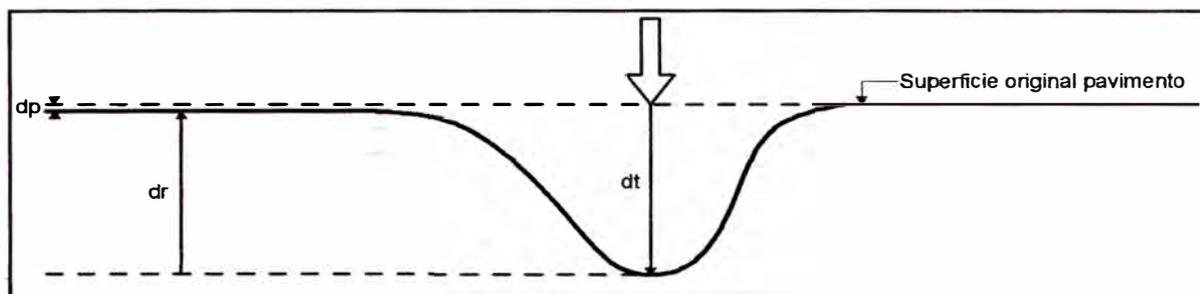
El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio, empleándose principalmente para:

- Determinar la vida útil remanente de un pavimento.
- Evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras.
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación.

Las deflexiones medidas en campo se caracterizan por tener dos componentes, el elástico y el plástico. Las primeras desaparecen en cuanto se remueve la carga, y las segundas son permanentes y su acumulación a través de las reiteraciones de la carga produce las distorsiones o ahuellamiento en la superficie del pavimento. Por ese motivo debe distinguirse lo siguiente:

- La deflexión total (dt) (flecha hacia abajo de la deformación producida por la carga)
- La deflexión recuperable o elástica (dr) (flecha hacia arriba de la recuperación de la superficie que se produce al retirar la carga)
- La deflexión permanente o residual (dp) (diferencia entre la posición original de la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla)

Figura N° 3.01: Deflexiones en el pavimento



Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial – Cap. 4.0

El estudio deflectométrico se concentrará en las deflexiones del tipo elástica y ello se debe a la mejor reproductibilidad y la más fácil interpretación de los resultados; en adelante al referirse a deflexión se entenderá que se trata de deflexiones recuperables.

3.2 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Las deflexiones dependen de un conjunto de variables (espesores de las capas estructurales, rigidez de la subrasante, rigidez relativa de cada capa con respecto a la subyacente) y corresponde a la deformación del pavimento y su apoyo hasta profundidades que superan el metro, siendo en la subrasante donde ocurre la mayor parte de la misma. Ello explica que la deflexión no guarde siempre una relación unívoca con las deformaciones por tracción de las capas asfálticas, que regulan el desarrollo de fallas por fatiga, y en consecuencia toda correlación entre este tipo de falla y la magnitud de las deflexiones implica considerar estructuras semejantes.

El significado de las medidas de deflexiones puede ser ampliado introduciendo junto a ellas la magnitud de la curvatura de la línea de deflexión en la zona donde ella es mayor, dicha curvatura se la expresa generalmente por el denominado radio de curvatura. Se puede decir además que para determinada deflexiones, la deformación por tracción de las capas asfálticas depende de su espesor y de dicho radio de curvatura.

Se ha observado de acuerdo a las investigaciones que el valor de la deflexión máxima depende en gran medida del módulo de elasticidad de los materiales en profundidad, y el radio de curvatura, depende principalmente de los módulos de elasticidad de las capas superiores y muy poco de las inferiores.

De esta manera, teniendo en cuenta las características y espesor de las capas asfálticas, se podrán definir dos casos límites

- Si la mayor parte de la deflexión se produce en la subrasante se obtendrán grandes radios de curvatura.
- Si la mayor parte ocurre en las capas superiores, situación indicativa de la deficiente calidad de estas, se obtendrán pequeños radios de curvatura aún a veces con deflexiones tolerables.

3.3 DEFLECTOMETRÍA MÉTODO EMPÍRICO DE CONREVIAL

3.3.1 Corrección por Temperatura

La influencia de la temperatura en las deformaciones de las mezclas asfálticas explica teóricamente la variación de las medidas de deflexiones recuperables obtenidas con la Viga Benkelman.

Se comprueba también que dicha influencia es mas manifiesta con un incremento del espesor y/o susceptibilidad térmica de las mezclas asfálticas y con la contribución o aporte estructural de las mismas en relación al resto de estructura.

Es importante acotar que la magnitud de la deflexión aumenta con un incremento en la temperatura de las capas asfálticas, lo que se atribuye a una disminución de la rigidez de las mezclas bituminosas.

Existen varias metodologías, (Método del Instituto del Asfalto (EE.UU), Método del T.R.R.L (Gran Bretaña), entre otras), de corrección de deflexiones por temperatura, siendo la más simple y confiable por los resultados obtenidos el método propuesto por la D.N.V. de Argentina.

Este método propone un rango de temperaturas de pavimento para los ensayos de 5°C a 30°C para el caso de mezclas asfálticas, para el caso de tratamiento superficiales bituminosos dicho rango se ha ampliado a 38°C, y en virtud de su escaso aporte estructural no se considera necesario efectuar corrección por temperatura; además se dice que dicha corrección toma importancia para espesores bituminosos mayores a los 5cm.

El método propone una fórmula que permite llevar las deflexiones obtenidas a una temperatura "t" al valor correspondiente a la temperatura estándar de 20°C.

$$D_{20} = Dt / [k \times (t-20^{\circ}\text{C}) \times e + 1]$$

Donde:

D_{20} : Deflexión a la temperatura estándar 20°C

- Dt : Deflexión a la temperatura t (0.01 mm)
 K : Coeficiente igual a 1×10^{-3} (1/cm x °C)
 t : Temperatura del asfalto medida para cada ensayo.
 e : Espesor de la carpeta asfáltica en cm.

3.3.2 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 (ver cuadro N° 3.01), considerando el tipo de suelo de la subrasante y la estación en que se realizaron los ensayos.

Cuadro N° 3.01: Corrección de deflexiones 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 |

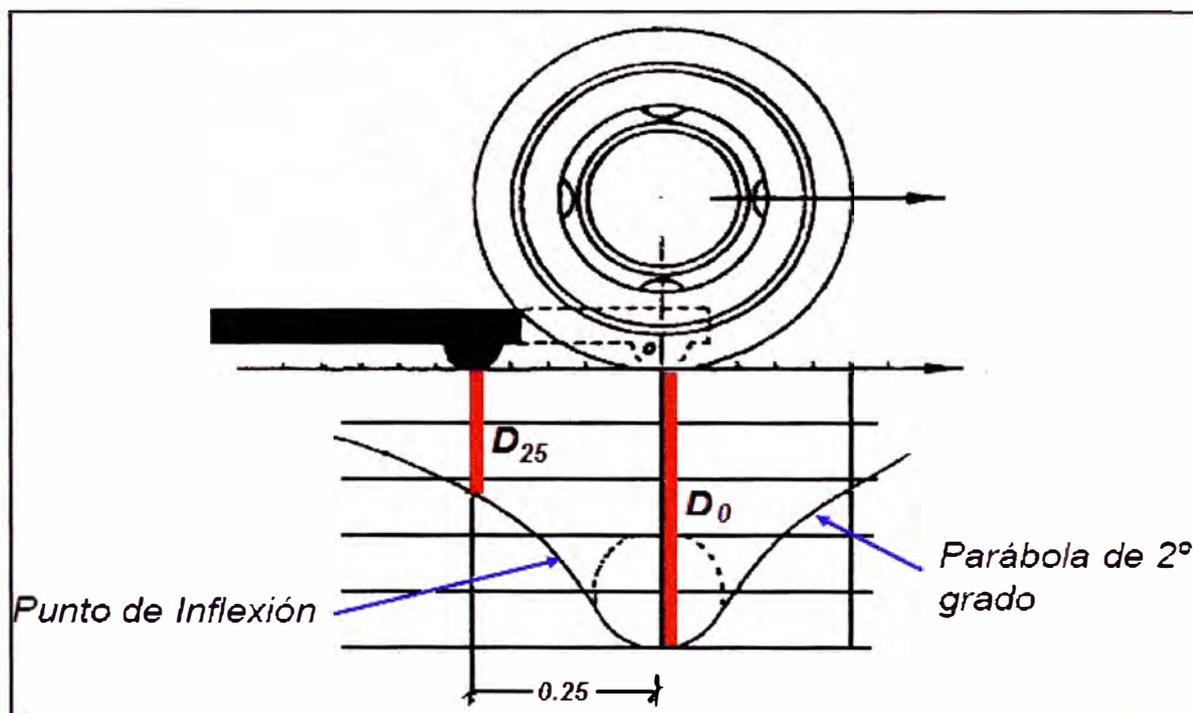
Fuente: Consorcio Rehabilitación Vial

3.3.3 Determinación de Radio de Curvatura

El radio de curvatura (R.C.) 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 algo mayor 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 círculo osculador en dicho punto, o sea exactamente bajo el centro del eje de la rueda cargada.

(Ver Figura N3.02)

Figura N° 3.02: Principio Radio de Curvatura



Fuente: Consorcio Rehabilitación Vial

El radio de curvatura se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$RC = 6250 / [2 \times (D_{0max} - D_{25max})]$$

Donde:

RC : Radio de curvatura (m)

D_0 : Deflexión máxima corregida por temperatura y estacionalidad (0.01 mm)

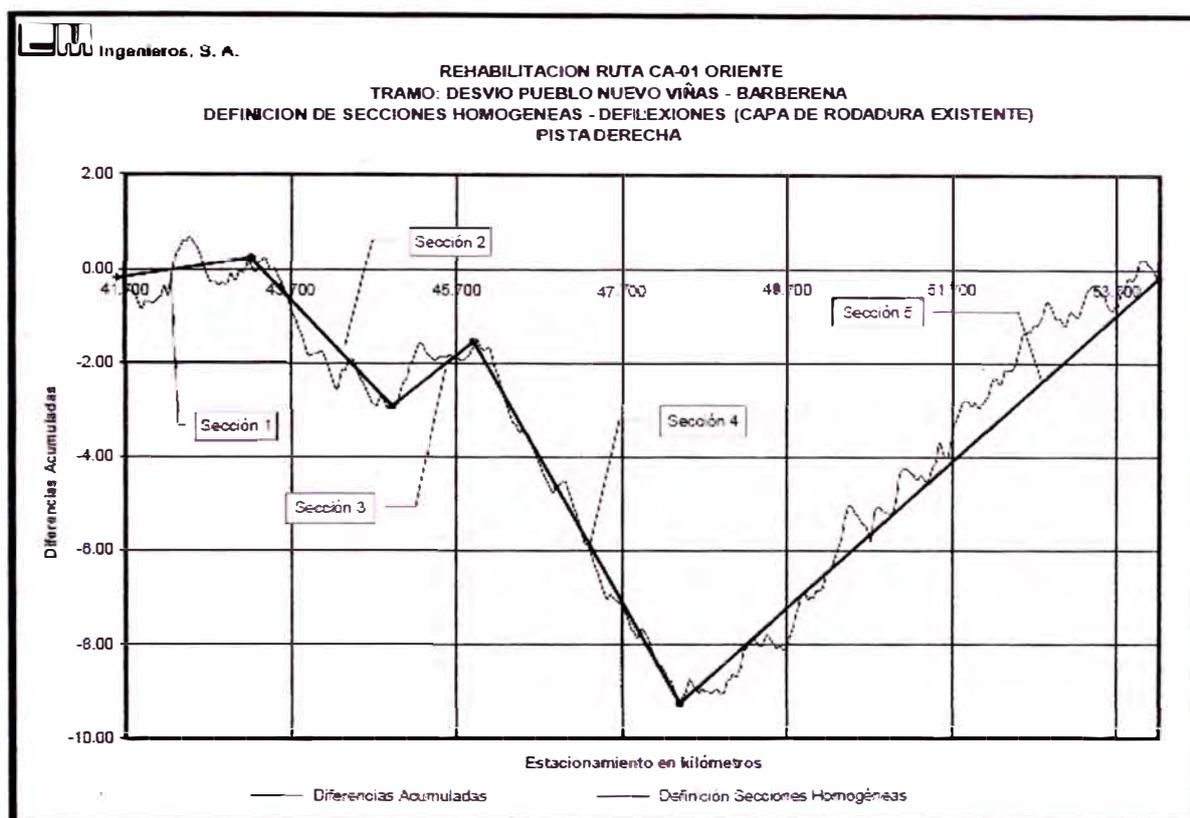
D_{25} : Deflexión máxima a 25 cm del eje corregida por temperatura y estacionalidad (0.01 mm)

3.4 ANALISIS CAPACIDAD ESTRUCTURAL

3.4.1 Definición de Secciones Homogéneas

Algunas características propias de un pavimento (deflexiones máximas, rugosidad, etc.), varían a lo largo de la longitud de la carretera, y el patrón de variación puede ser muy diferente de un tipo de parámetro a otro. Secciones homogéneas son secciones del pavimento de comportamiento similar, como se muestra en la Figura N° 3.03, obtenida por el método de diferencias acumuladas.

Figura N° 3.03: Definición de secciones homogéneas



Fuente: C.M. Ingenieros S.A.

Subdividir una longitud de pavimento en subsecciones razonablemente uniformes, cada una de las cuales puedan ser tratadas como un proyecto independiente el uno del otro, puede resultar difícil, y esta decisión debe estar basada en el criterio ingenieril. Para casi cualquier parámetro del pavimento, puede hacerse una división automática en subsecciones usando diferentes procedimientos estadísticos, el procedimiento de diferencias acumuladas sugerido por la AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, contenido en su apéndice J, Guide for Design of Pavement Structures, permite definir secciones homogéneas o de similar comportamiento.

El parámetro (deflexiones máximas) a ser analizado es ploteado versus la longitud de la carretera, y el total del área bajo la curva es calculado. La diferencia acumulada es calculada para cada punto, como la diferencia entre el área bajo la curva hasta el punto considerado, y el área promedio hasta el mismo punto.

A continuación se muestran las fórmulas para la determinación de las diferencias acumuladas para cada punto y la definición de las secciones homogéneas.

$$A = \sum_{j=1}^n X_j (l_j - l_{j-1})$$

$$CD_j = \sum_{j=1}^n X_j (l_j - l_{j-1}) - \frac{A}{L} l_j$$

Donde:

- A : Es el área total bajo la curva
- N : Es el número de puntos
- X_j : es el valor del parámetro al punto j
- l_j : Es la distancia al punto j
- CD_j : Es la diferencia acumulada al punto j
- L : Es la distancia total

Los límites de las secciones homogéneas se encuentran donde la pendiente de la diferencia acumulada cambia de signo (como se pudo apreciar en la figura N° 3.03). Puede hacerse una subdivisión en el límite basada en las consideraciones prácticas de construcción y en los límites para otros parámetros.

3.4.2 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:

$$D_c = D_p + t \sigma$$

Donde:

- D_c : Deflexión característica.
- D_p : Deflexión promedio de los valores individuales de D₀ máx. corregidos por temperatura y estacionalidad.

σ : Desviación estándar (muestra de deflexiones)

t : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la Deflexión Característica D_c .

Ver los valores de "t" en el cuadro N° 3.02.

Cuadro N° 3.02 Valores de "t" – Deflexión Característica

| Valor de diseño (%) | Deflexión Característica (D_c) | Extensión del pavimento con $D > D_c$ |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 50 | D_p | 50 |
| 75 | $D_p + 0.674\sigma$ | 25 |
| 85 | $D_p + \sigma$ | 15 |
| 90 | $D_p + 1.3\sigma$ | 10 |
| 95 | $D_p + 1.645\sigma$ | 5 |
| 98 | $D_p + 2\sigma$ | 2 |
| 99 | $D_p + 2.33\sigma$ | 1 |
| 99.9 | $D_p + 3\sigma$ | 0.1 |

Fuente: Consorcio Rehabilitación Vial

Convencionalmente se utiliza un valor $t = 1.645$, lo que equivale a considerar que, sólo un 5% del área total del pavimento, tendrá deflexiones mayores a D_c .

3.4.3 Deflexión Admisible o Vida Remanente

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:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

Donde:

D_a : Deflexión admisible inicial (en 10^{-2} mm)

N_{18} : Número de repeticiones de ejes equivalentes a 18Klb u 8.2 Tn.

La estimación de la vida remanente se establece a través de la expresión dada, en donde la deflexión admisible es igual a deflexión característica.

A) Factores de Equivalencia de Carga (F.E.C.)

También conocido como factor destructivo del pavimento y tiene como criterio, según la metodología AASHO Road Test, la pérdida de la serviciabilidad del pavimento por efecto de las cargas; su cálculo depende del peso en toneladas que registra el eje delantero y posterior que se encuentra normado y del tipo de vehículo que transita, teniendo en cuenta la cantidad de ejes (simples, tándem, tridem) y el número de ruedas que tiene.

En el cuadro N° 3.03, se aprecia las formulas para su determinación:

Cuadro N° 3.03: Fórmulas para el cálculo de F.E.C.

| Tipo de eje | Eje equivalente (EE _{8.2 TN}) |
|------------------------------|---|
| 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° 3.04: F.E.C. por tipo de vehículo

| Nro. | Tipo de vehículo | Descripción | Eje delantero | Ejes posteriores | | | EE _{8.2 TN} |
|------|------------------|-------------|---------------|------------------|---------|---------|----------------------|
| | | | | 1er eje | 2do eje | 3er 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 |

Cuadro N° 3.04: F.E.C. por tipo de vehículo

| Nro. | Tipo de vehículo | Descripción | Eje delantero | Ejes posteriores | | | EE _{8.2 TN} |
|------|--------------------|-------------|---------------|------------------|---------|---------|----------------------|
| | | | | 1er eje | 2do eje | 3er eje | |
| 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 | 1.42 | | 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 | 1.42 | | 4.705 |
| 11 | Traylers C2R2 | Carga (Tn) | 7 | 11 | 11 | 11 | 40 |
| | | F.E.C. | 1.265 | 3.238 | 3.238 | 3.238 | 10.98 |

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.

B) Determinación del Número de Ejes Equivalentes a 8.2 TN.

Se determina por la siguiente fórmula:

$$EAL = 365 \times \left[\sum (IMD_i \times FEC_i) \times \left(\frac{(1+i)^N - 1}{i} \right) \right]$$

Donde:

EAL : Número total de ejes equivalentes a 18Klb u 8.2 TN. en el periodo de diseño

IMD_i : Índice Medio Diario de cada tipo de vehículo.

FEC_i : Factor equivalente de carga de cada tipo de vehículo.

i : Tasa de crecimiento vehicular.

N : Periodo de diseño.

C) Determinación del Parámetro N18

Se determina por la siguiente fórmula:

$$N18 = D_D \times D_L \times EAL$$

Donde:

EAL : Número de ejes equivalentes a 18Klb u 8.2 Tn. en el periodo de diseño.

D_D : Factor de distribución direccional.

D_L : Está dictado por el cuadro N° 3.05, en este caso es igual a 1.

Cuadro N° 3.05: Factor de distribución por número de líneas en cada dirección

| NUMERO DE LÍNEAS EN CADA DIRECCION | PORCENTAJE PARA EJES DE 8.2 TN EN CADA DIRECCIÓN |
|------------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 – 100 |
| 3 | 60 – 80 |
| 4 | 50 – 75 |

Fuente: AASHTO.

3.5 JUICIO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Una vez finalizadas las distintas tareas de campo y obtenidos los datos necesarios, se debe llevar a cabo un análisis que conduzca a establecer la capacidad estructural actual del pavimento.

Como resultado de este análisis, se llega a:

- Establecer la necesidad y tipo de conservación requerida distinguiéndose tres situaciones representativas que pueden resumirse en:
 - Estructura adecuada: requiere mejora superficial.
 - Estructura fatigada: requiere un refuerzo estructural.
 - Estructura deficiente: requiere reconstrucción parcial o total.
- La estimación de la vida útil remanente o residual de la vida útil del pavimento.
- Establecer el parámetro predominante y/o método que se empleará para el diseño de las obras de conservación.

La tendencia moderna se ha orientado gradualmente a la utilización de modelos analíticos, basados en la aplicación de la teoría de la Elasticidad.

Usualmente tales procedimientos emplean los resultados de las deflexiones (incluyendo generalmente varias determinaciones que permitan caracterizar la línea de la deformada) para ajustar los módulos de elasticidad asignadas a las capas estructurales que se consideren en el análisis.

A través de modelos de cálculo elástico (existe un gran número y variado grado de sofisticación) se determinan las tensiones y deformaciones críticas para el comportamiento del pavimento.

La utilización de los métodos empíricos continúan aún vigente, ellos toman en cuenta para llegar al juicio sobre la capacidad estructural del pavimento criterios racionales que combina tres factores:

- Establecer la necesidad y tipo de conservación requerida distinguiéndose tres
- La apariencia de la superficie en relación a la observación de fallas (particularmente de carácter estructural) de acuerdo a los resultados de la inspección visual.
- La deflexión recuperable del pavimento, como parámetro indicativo de la respuesta mecánica del mismo, complementado con el radio de curvatura de la deflexión.
- La estructura del pavimento, determinada en base a los sondeos y antecedentes disponibles, que implica una compleja relación entre espesores, calidad de las capas del pavimento y calidad del suelo de la subrasante, drenaje, etc., y que se resume en si la misma responde a un diseño estructural adecuado o no.

El análisis es llevado a cabo para las secciones homogéneas, que sean diferenciado en un tramo, para cada una de ellas se determinará una solución.

Muchas veces se hace difícil combinar los parámetros cuantitativos (deflexiones tomadas de procedimiento de campo más o menos continuas) y otros de apreciaciones cualitativas puntuales, por lo que es necesario agrupar los mismos de acuerdo a situaciones que se presentan en la aplicación práctica.

Para la relación de los tres parámetros indicados y la diferenciación de los casos típicos fundamentales que se relaciones con las distintas soluciones posibles se ha adoptado el siguiente procedimiento, (propuesto por Ruiz en el "Manual para el Proyecto de Obras de Mejoramiento de Pavimentos Flexibles, Argentina, 1972), donde menciona cinco casos típicos para la evaluación de la estructura del pavimento.

(Ver Figura N° 3.04 y Figura N° 3.05 en anexo B – capítulo 3).

3.6 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE REFUERZO

Es recomendado para los casos I y II, donde la Deflexión característica es mayor a la deflexión admisible y viene dada por la siguiente fórmula:

$$h = (R/0.434)^{\log (D_o/D_h)}$$

Donde:

h : Espesor de Refuerzo (cm.)

D_o : Deflexión Recuperable, característica del pavimento antes del refuerzo en centésimas de milímetros.

D_h : Deflexión Recuperable, característica del pavimento después del refuerzo en centésimas de milímetros.

R : Coeficiente con dimensiones de un espesor, que expresa la capacidad del material de refuerzo para reducir la Deflexión del pavimento subyacente. ($R = 17$)

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN AL TRAMO Km. 112+000 – Km. 114+000

4.1 RECOPILOCIÓN DE DATOS DE CAMPO

4.1.1 Procedimiento de Campo (Medición de Deflexiones con Viga Benkelman)

Es importante tener en cuenta las siguientes pautas para el procedimiento de campo:

1. Colocar a los vigías en los extremos (muy importante).
2. Realizar las marcas en el pavimento, las marcas se encontraran a una distancia del borde del pavimento, según las siguientes características:

Cuadro N° 4.01: Ancho de carril, marca en pavimento

| Ancho de carril | Distancia del punto de ensayo desde el borde de pavimento |
|-----------------|---|
| 2.70m. | 0.45m. |
| 3.00m. | 0.60m. |
| 3.30m. | 0.75m. |
| 3.60m. | 0.90m. |

Fuente: Elaboración Propia

3. Estacionar el camión sobre las marcas realizadas en el pavimento.

Fotografía N° 4.01: Estacionamiento del camión sobre la marca en pavimento



4. Se procede a colocar la Viga Benkelman entre las llantas posteriores del camión.

Fotografía N° 4.02: Colocación de Viga Benkelman entre las llantas posteriores



5. Se sueltan los pernos de fijación de los brazos pivotantes, se hace que el apoyo trasero de la viga este en contacto con el pavimento y se le da juego a los diales.
6. De manera paralela al punto 5 se obtiene el espesor del pavimento y se mide la temperatura.

Fotografía N° 4.03: Medición del espesor del pavimento



7. Se mide el ancho de calzada.

Fotografía N° 4.04: Medición ancho de calzada



8. Se da la orden, para que el camión se retire lentamente, la varilla señala al punto inicial de marca en la Viga Benkelman; la distancia aprox. del recorrido del camión será de 5m. o hasta que la carga producida por el camión no afecte a los diales.

Fotografía N° 4.05: Ubicación de la marca en la posición inicial



Fotografía N° 4.06: Camión en movimiento alejándose del punto inicial



9. Se determina el ahuellamiento.

Fotografía N° 4.07: Medición del ahuellamiento



10. Se procede a la toma de las deflexiones del pavimento registradas en el extensómetro.

Fotografía N° 4.08: Toma de deflexiones de campo



4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS (TRABAJO DE GABINETE)

4.2.1 Hoja de Deflexiones obtenidas de Trabajo de Campo

Cuadro N° 4.02: Hoja de deflexiones obtenidas de trabajo campo

| MEDICIÓN DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN DE BRAZO DOBLE | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|--|--------------|--------------------|-----------|-----------------------|
| CARRETERA: CAÑETE - Dv. YAUYOS - CHUPACA | | | | | | | | | |
| Sector : Km 112+000 - Km 114+000 | | | | | Relación de brazo largo : 4.13:1 | | | | |
| Carril : Izquierdo | | | | | Relación de brazo corto : 4.05:1 | | | | |
| Capa : Tratamiento superficial Monocapa | | | | | Fecha : 22/05/2010 | | | | |
| Progresiva (km) | Lecturas de Campo Brazo Largo(10-2mm) | | | | Lecturas de Campo Brazo Corto (10 ² mm) | Espesor (mm) | Ahuellamiento (mm) | Temp (°C) | Ancho de calzada (m.) |
| | L ₂₅ | L ₅₀ | L ₇₀ | L _{máx} | L _{máx} | | | | |
| 112+000 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 20.00 | 12.00 | 11 | 6 | 39.8 | 4.65 |
| 112+200 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 25.00 | 19.00 | 8 | 4 | 40.4 | 3.20 |
| 112+400 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 21.00 | 13.00 | 11 | 3 | 41.2 | 3.05 |
| 112+600 | 1.00 | 5.00 | 8.00 | 21.00 | 15.00 | 7 | 5 | 40.8 | 3.05 |
| 112+800 | 4.00 | 8.00 | 11.00 | 20.00 | 11.00 | 8 | 6 | 39.7 | 3.83 |
| 113+000 | 2.00 | 5.00 | 8.00 | 24.00 | 18.00 | 14 | 2 | 40.6 | 3.07 |
| 113+200 | 1.00 | 4.00 | 6.00 | 19.00 | 12.00 | 9 | 3 | 39.6 | 2.60 |
| 113+400 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 | 6 | 6 | 41.8 | 3.60 |
| 113+600 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 | 8 | 5 | 42.2 | 4.33 |
| 113+800 | 1.00 | 6.00 | 9.00 | 12.00 | 7.00 | 8 | 4 | 41.6 | 3.24 |
| 114+000 | 5.00 | 6.00 | 8.00 | 10.00 | 5.00 | 2 | 8 | 41.5 | 3.25 |

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Hoja de Deflexiones corregidas por Temperatura y por Estacionalidad

Del estudio de suelo realizado en el tramo de estudio (visto en subcapítulo 1.1.3, ítem F), se observa que el suelo está constituido por gravas y arenas de matriz limo-arcillosa, determinados en la clasificación SUCS como suelos GC-GM y SC-SM. Además se encuentran bolonerías en todo el estrato, siendo su mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%) por debajo de los 0,40 m aproximadamente. Para niveles inferiores a 1.50m. se encuentra roca.

En vista que las medidas de campo se realizaron en estación de escasa lluvia, es posible considerar, teniendo en cuenta el cuadro N° 3.01 y el estudio de suelos, un factor de corrección de 1.1 por poseer arena dentro de su composición.

La corrección por temperatura es determinada con la aplicación directa de las formulas dadas en el capítulo 3.2.1.

Ver resultados en el cuadro N° 4.03 de anexo B – capítulo 4.

4.2.3 Determinación de las Secciones Homogéneas

Para su determinación, es importante realizar el ploteo de las deflexiones máximas del punto inicial corregidas por temperatura y estacionalidad, para su obtención se utilizará el siguiente cuadro:

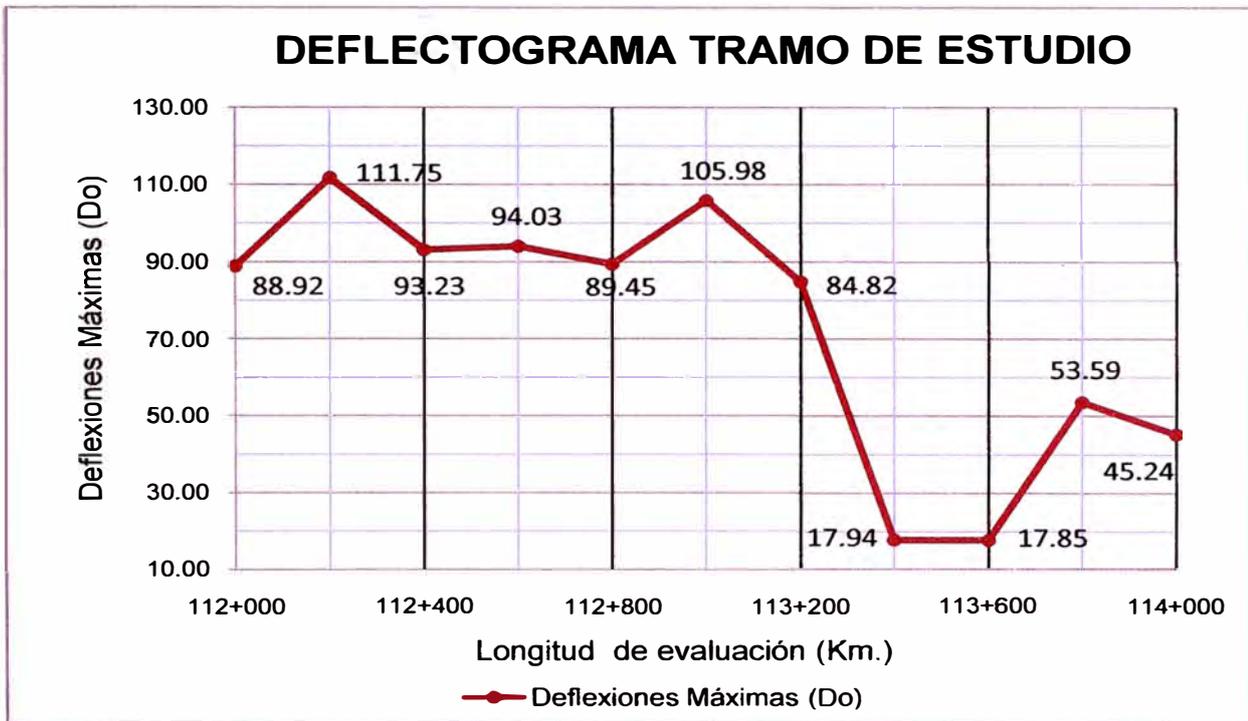
Cuadro N° 4.04: Deflexiones corregidas

| Progresiva (km) | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | |
|-----------------|---|--|
| | Deflexiones Corregidas por Temperatura y Estacionalidad | |
| | $D_{25 \max TE} \times 10^{-2} \text{mm}$ | $D_0 \max TE \times 10^{-2} \text{mm}$ |
| 112+000 | 52.32 | 88.92 |
| 112+200 | 84.93 | 111.75 |
| 112+400 | 57.71 | 93.23 |
| 112+600 | 67.17 | 94.03 |
| 112+800 | 49.20 | 89.45 |
| 113+000 | 79.48 | 105.98 |
| 113+200 | 53.57 | 84.82 |
| 113+400 | 8.97 | 17.94 |
| 113+600 | 8.93 | 17.85 |
| 113+800 | 31.26 | 53.59 |
| 114+000 | 22.62 | 45.24 |

Fuente: Elaboración Propia

Del ploteo de puntos de deflexiones máximas se obtiene el siguiente gráfico de deflectograma:

Figura N° 4.01: Deflectograma tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Para obtener el gráfico de secciones homogéneas se procede a determinar el área total bajo la curva del deflectograma, para luego determinar las áreas parciales y acumuladas hasta el punto de análisis considerado y aplicar el concepto de diferencia acumulada.

Ver análisis para determinación de diferencias acumuladas en Figura N° 4.02 de Anexo B – capítulo 4.

Para el cálculo de las diferencias acumuladas, se procede a determinar los datos necesarios hasta el punto de análisis como son: longitud., longitud acumulada, deflexión promedio entre puntos, área entre puntos y área acumulada, los que serán utilizados para la determinación de la diferencia acumulada para cada punto, tal como se aprecia en el cuadro N° 4.05.

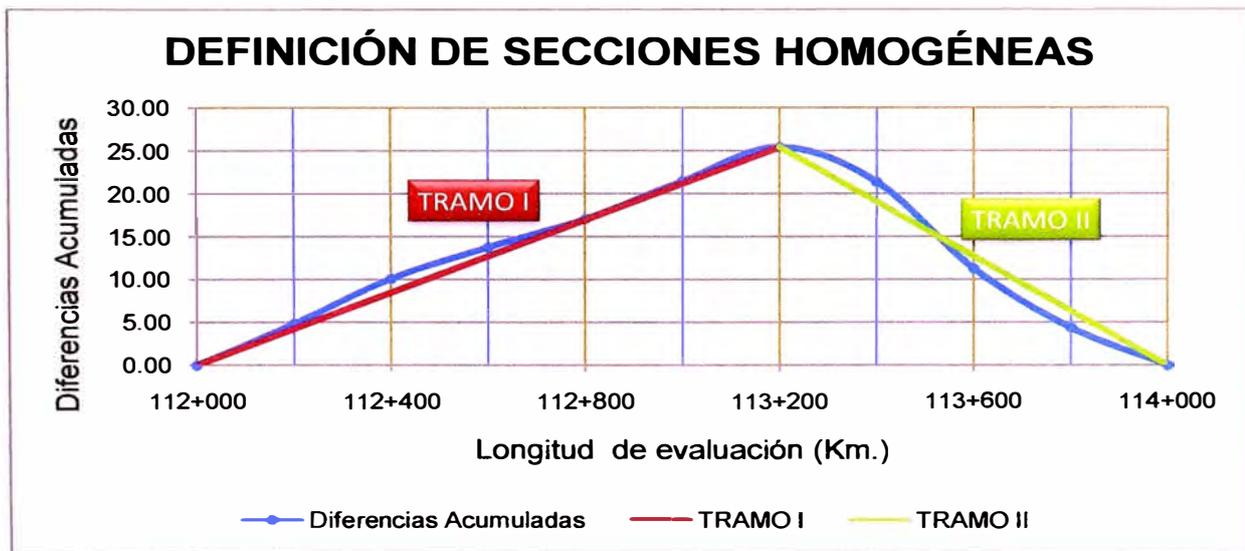
Cuadro N° 4.05: Data requerida para procesamiento por el método de diferencias acumuladas

| PROCESAMIENTO DE DATOS PARA OBTENCIÓN DE DIFERENCIAS ACUMULADAS | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| Progresiva (km) | Long. (Km.) | Long. Acumulada (Km.) | Deflexión (Do x 10-2mm) | Área | Área acumulada | Diferencia acumulada |
| 112+000 | 0.0 | 0.0 | 80.84 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 112+200 | 0.2 | 0.2 | 91.22 | 18.24 | 18.24 | 4.87 |
| 112+400 | 0.2 | 0.4 | 93.17 | 18.63 | 36.88 | 10.12 |
| 112+600 | 0.2 | 0.6 | 85.12 | 17.02 | 53.90 | 13.77 |
| 112+800 | 0.2 | 0.8 | 83.40 | 16.68 | 70.58 | 17.07 |
| 113+000 | 0.2 | 1.0 | 88.83 | 17.77 | 88.35 | 21.46 |
| 113+200 | 0.2 | 1.2 | 86.73 | 17.35 | 105.69 | 25.43 |
| 113+400 | 0.2 | 1.4 | 46.71 | 9.34 | 115.03 | 21.40 |
| 113+600 | 0.2 | 1.6 | 16.27 | 3.25 | 118.29 | 11.27 |
| 113+800 | 0.2 | 1.8 | 32.47 | 6.49 | 124.78 | 4.39 |
| 114+000 | 0.2 | 2.0 | 44.92 | 8.98 | 133.77 | 0.00 |
| Long. Total = | | 2.0 | | Área Total = | 133.77 | |

Fuente: Elaboración Propia

Luego de ello, se procede a graficar las diferencias acumuladas puntuales a lo largo del tramo evaluado, con lo que se obtiene la siguiente figura:

Figura N° 4.03: Definición de secciones homogéneas



Fuente: Elaboración Propia

De la que se puede apreciar que en el cambio de pendiente de las diferencias acumuladas, se define y diferencia un tramo de otro, los que serán tomados en cuenta para los cálculos posteriores y evaluación del mismo.

4.2.4 Determinación del Radio de Curvatura

Para su determinación, se hará referencia a la fórmula dada en el subcapítulo 3.2.3.

$$RC = 6250 / [2 \times (D_{0max} - D_{25max})]$$

Como ejemplo de cálculo, se realizará la determinación del radio de curvatura del primer punto de deflexiones obtenidas en campo (Progresiva Km.112+000), para ello se tomará las deflexiones máximas, en el punto inicial y a 25 cm del primero, corregidas por temperatura y estacionalidad.

Datos punto inicial (Progresiva Km.112+000) (ver cuadro N° 4.02)

D_{0max} corregido por temperatura y estacionalidad= $88.92 \times 10^{-2}mm$

D_{25max} corregido por temperatura y estacionalidad= $52.32 \times 10^{-2}mm$

$R = 6250 / [2 \times (88.92 - 52.32) \times 10^{-2}]$

$R = 85.38m.$

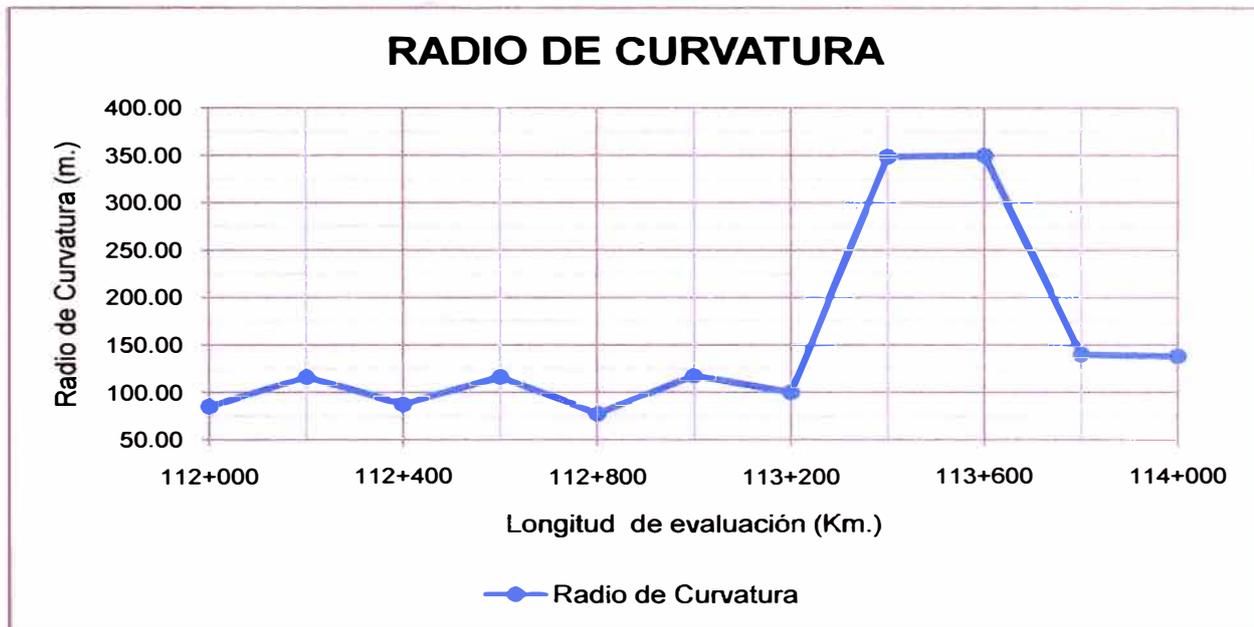
De igual manera se procede para los siguientes puntos. (Ver resultados de los cálculos de los radios de curvatura en el cuadro N° 4.06).

Cuadro N° 4.06: Radio de curvatura

| DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA | | | | | | | |
|--|------------------------------------|---|--|----------------------------------|---|------------------------|---------------------|
| CARRETERA: CAÑETE - Dv. YAUYOS - CHUPACA | | | | | | | |
| Sector | : Km 112+000 - Km 114+000 | | | Relación de brazo largo : 4.13:1 | | | |
| Carril | : Izquierdo | | | Relación de brazo corto : 4.05:1 | | | |
| Capa | : Tratamiento superficial Monocapa | | | Fecha : 22/05/2010 | | | |
| Progresiva (km) | Temp (°C) | Factor de corrección por estacionalidad | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | | | | Radio Curvatura (m) |
| | | | Deflexiones Corregidas por Temperatura | | Deflexiones Corregidas por Estacionalidad | | |
| | | | $D_{25} \times 10^{-2}mm$ | $D_0 \times 10^{-2}mm$ | $D_{25} \times 10^{-2}mm$ | $D_0 \times 10^{-2}mm$ | |
| 112+000 | 39.8 | 1.1 | 47.56 | 80.84 | 52.32 | 88.92 | 85.38 |
| 112+200 | 40.4 | 1.1 | 77.21 | 101.59 | 84.93 | 111.75 | 116.52 |
| 112+400 | 41.2 | 1.1 | 52.47 | 84.75 | 57.71 | 93.23 | 87.99 |
| 112+600 | 40.8 | 1.1 | 61.06 | 85.49 | 67.17 | 94.03 | 116.31 |
| 112+800 | 39.7 | 1.1 | 44.73 | 81.32 | 49.20 | 89.45 | 77.63 |
| 113+000 | 40.6 | 1.1 | 72.26 | 96.34 | 79.48 | 105.98 | 117.95 |
| 113+200 | 39.6 | 1.1 | 48.70 | 77.11 | 53.57 | 84.82 | 100.00 |
| 113+400 | 41.8 | 1.1 | 8.15 | 16.31 | 8.97 | 17.94 | 348.43 |
| 113+600 | 42.2 | 1.1 | 8.12 | 16.23 | 8.93 | 17.85 | 350.04 |
| 113+800 | 41.6 | 1.1 | 28.42 | 48.72 | 31.26 | 53.59 | 139.95 |
| 114+000 | 41.5 | 1.1 | 20.56 | 41.12 | 22.62 | 45.24 | 138.17 |

Finalmente, se procede a determinar la gráfica de la variabilidad de radio de curvatura a lo largo del tramo evaluado, del cual se obtiene la siguiente figura (Ver Figura N° 4.04)

Figura N° 4.04: Radio de curvatura



Fuente: Elaboración Propia

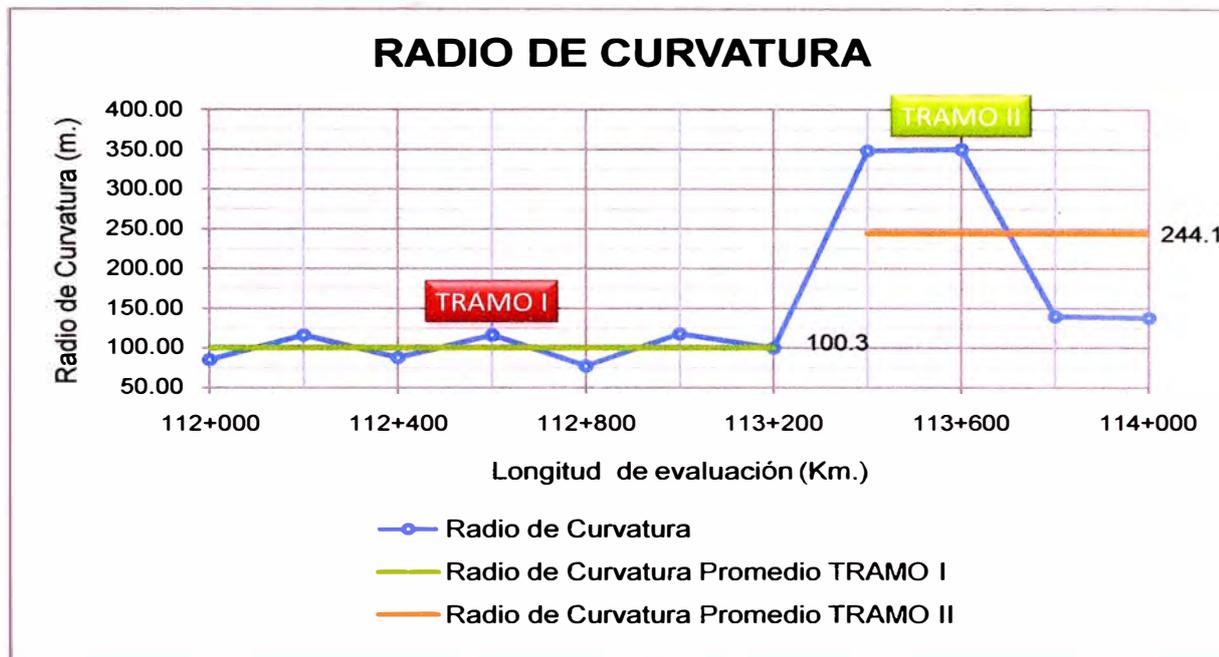
Luego, se analiza cada sección de tramo (tramo I y tramo II), del cual se determina su radio de curvatura promedio considerando los valores del siguiente cuadro. (Ver cuadro N° 4.07).

Cuadro N° 4.07: Radio de curvatura promedio por tramos

| Progresiva (km) | Radio Curvatura (m) | Radio Curvatura promedio (m) | |
|-----------------|---------------------|------------------------------|-------|
| | | TRAMO | PRO |
| 112+000 | 85.38 | TRAMO I | 100.3 |
| 112+200 | 116.52 | | 100.3 |
| 112+400 | 87.99 | | 100.3 |
| 112+600 | 116.31 | | 100.3 |
| 112+800 | 77.63 | | 100.3 |
| 113+000 | 117.95 | | 100.3 |
| 113+200 | 100.00 | | 100.3 |
| 113+400 | 348.43 | TRAMO II | 244.1 |
| 113+600 | 350.04 | | 244.1 |
| 113+800 | 139.95 | | 244.1 |
| 114+000 | 138.17 | | 244.1 |

Finalmente, se grafica la variabilidad de los radios de curvatura, su promedio de cada tramo versus la longitud de tramo evaluado. (Ver Figura N° 4.05)

Figura N° 4.05: Radio de curvatura y radio curvatura promedio



Fuente: Elaboración Propia

4.2.5 Determinación de las Deflexiones Características

Para su cálculo, se procede a determinar el promedio de las deflexiones corregidas máximas para cada tramo determinado por diferencias acumuladas, lo cual se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 4.08: Deflexiones características

| Progresiva (km) | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | | Do máx (x10 ⁻² mm) | | |
|-----------------|---|--|-------------------------------|------|-------|
| | Deflexiones Corregidas por Temperatura y Estacionalidad | | TRAMO | PRO | CAR |
| | D _{25 máx} x 10 ⁻² mm | D _{0 máx} x 10 ⁻² mm | | | |
| 112+000 | 52.32 | 88.92 | TRAMO I | 95.5 | 111.6 |
| 112+200 | 84.93 | 111.75 | | 95.5 | 111.6 |
| 112+400 | 57.71 | 93.23 | | 95.5 | 111.6 |
| 112+600 | 67.17 | 94.03 | | 95.5 | 111.6 |
| 112+800 | 49.2 | 89.45 | | 95.5 | 111.6 |
| 113+000 | 79.48 | 105.98 | | 95.5 | 111.6 |
| 113+200 | 53.57 | 84.82 | | 95.5 | 111.6 |

| Progresiva (km) | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | | Do máx (x10 ⁻² mm) | | |
|-----------------|---|--|-------------------------------|------|------|
| | Deflexiones Corregidas por Temperatura y Estacionalidad | | TRAMO | PRO | CAR |
| | D _{25 máx} x 10 ⁻² mm | D _{0 máx} x 10 ⁻² mm | | | |
| 113+400 | 8.97 | 17.94 | TRAMO II | 33.7 | 64.1 |
| 113+600 | 8.93 | 17.85 | | 33.7 | 64.1 |
| 113+800 | 31.26 | 53.59 | | 33.7 | 64.1 |
| 114+000 | 22.62 | 45.24 | | 33.7 | 64.1 |

Fuente: Elaboración Propia

Luego de ello, se determina la deflexión característica para el tramo I y el tramo II, considerando un valor de diseño del 95% (que considera como máximo un 5% de las deflexiones mayores a la deflexión característica), con los que se obtiene los siguientes valores:

TRAMO I:

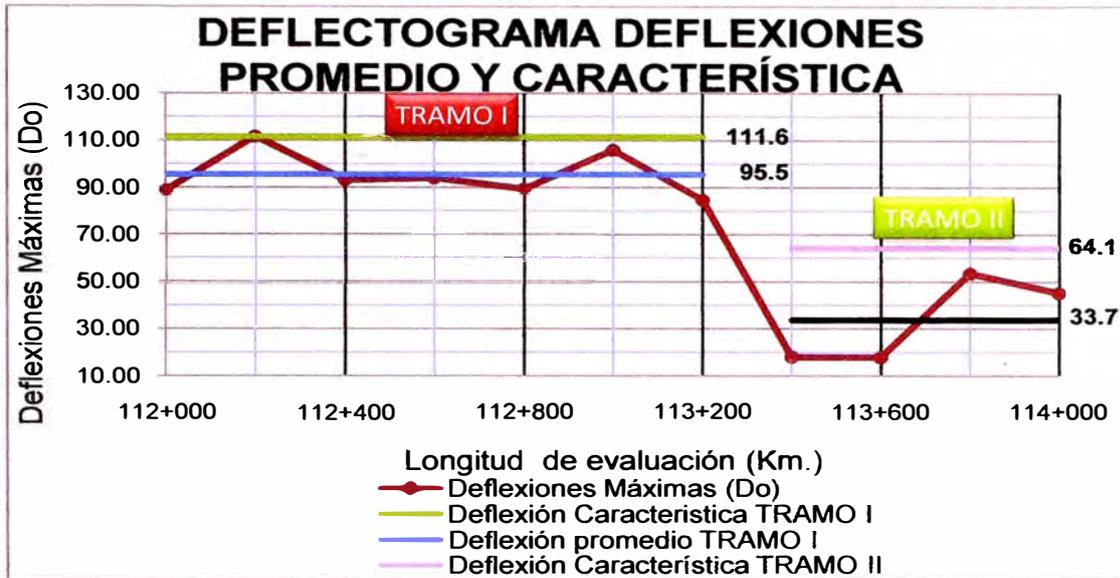
$$D_p = 95.5 \times 10^{-2} \text{mm}, \sigma = 9.79, D_c = 95.5 \times 10^{-2} \text{mm} + (1.645 \times 9.79) = 111.6 \times 10^{-2} \text{mm}$$

TRAMO II:

$$D_p = 33.7 \times 10^{-2} \text{mm}, \sigma = 18.5, D_c = 33.7 \times 10^{-2} \text{mm} + (1.645 \times 18.5) = 64.1 \times 10^{-2} \text{mm}$$

Graficando los valores obtenidos, se obtiene la siguiente figura (Ver Figura N° 4.06)

Figura N° 4.06: Deflectograma deflexiones promedio y características



Fuente: Elaboración Propia

4.2.6 Determinación de Deflexiones Admisibles y Vida Remanente

Para determinar las deflexiones admisibles es necesario conocer el tráfico del tramo a evaluar, para ello se proyecta el estudio de tráfico del año 2009, realizado por el contratista y rectificado por la UNI, y se proyecta al año 2010, del cual se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4.09: Estudio de tráfico, tramo de estudio

| Tipo de Vehículo | IMD 2009 | Tasa de crecimiento i (%) | IMD 2010 |
|------------------|--|---------------------------|--|
| | Capillucas (Km. 96+445) - Dv. Yauyos (Km. 128+805) | | Capillucas (Km. 96+445) - Dv. Yauyos (Km. 128+805) |
| Automóvil | 18 | 2.6 | 18 |
| Camioneta | 29 | 2.6 | 30 |
| Camioneta Rural | 16 | 2.6 | 16 |
| Micro | 0 | 1.4 | 0 |
| Ómnibus 2E | 10 | 1.4 | 10 |
| Ómnibus 3E | 0 | 1.4 | 0 |
| Camión 2 Ejes | 16 | 4.6 | 17 |
| Camión 3 Ejes | 7 | 4.6 | 7 |
| Camión 4 Ejes | 0 | 4.6 | 0 |
| Semitraylers | 0 | 4.6 | 0 |
| Traylers | 0 | 4.6 | 0 |
| TOTAL | 96 | | 99 |

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se determina los EAL, N_{18} y D_a con las fórmulas dadas el capítulo 3.3.3, y se proyecta para los 3 años de contrato (horizonte de proyecto), del cual se obtiene el siguiente cuadro de resultados. (Ver cuadro N° 4.10 en anexo B – capítulo 4).

Para determinar la vida remanente se iguala la deflexión característica a la fórmula de la deflexión admisible (dada en el capítulo 3.3.3) para cada uno de los tramos (TRAMO I y TRAMO II).

(Ver resultados vida remanente en Figura N° 4.07 y Figura N° 4.08 en anexo B – capítulo 4).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL

- Del análisis de estudio de suelo, visto en el capítulo 1.1.3, se puede precisar que el suelo de fundación está constituido por gravas y arenas de matriz limo-arcillosa con una potencia de 1.50m, luego del cual se encuentra roca maciza. Es importante acotar que posee una capacidad de soporte CBR de 20% (al 95% de la MDS), que lo califica, según el siguiente cuadro, como un suelo de regular a buena capacidad portante.

Para mejor análisis de los resultados ver el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.01: Clasificación cualitativa del suelo por CBR

| CBR | Clasificación cualitativa del suelo | Uso |
|----------|-------------------------------------|-------------|
| 2 – 5 | Muy mala | Sub rasante |
| 5 – 8 | Mala | Sub rasante |
| 8 – 20 | Regular – Buena | Sub rasante |
| 20 – 30 | Excelente | Sub rasante |
| 30 – 60 | Buena | Sub base |
| 60 – 80 | Buena | Base |
| 80 – 100 | Excelente | Base |

Fuente: Elaboración Propia

- Las deflexiones dependiendo del clima, temperatura y subrasante del sistema pavimento que se está analizando, tienen correcciones que aplicadas, de acuerdo a las consideraciones dadas y al criterio ingenieril, determinan deflexiones que precisan mejores resultados, las que ayudan a obtener una mejor evaluación y juicio de la capacidad estructural del pavimento.
- Se aprecia del cálculo por el método de diferencias acumuladas, para la determinación de las secciones homogéneas, que se originan dos secciones (TRAMO I y TRAMO II), debido al cambio de pendiente (de los puntos

graficados) existiendo un punto de inflexión que determina los tramos antes mencionados.

TRAMO I corresponde del Km. 112+000 al Km. 113+200

TRAMO II corresponde del Km. 113+200 al Km. 114+000.

- El radio de curvatura es un parámetro que nos ayuda a entender la variación de la línea de la deformada del pavimento cuando es sometida a cargas estándares. Del cual se puede observar que, para los tramos definidos, se determinan radios de curvatura promedios; siendo los valores obtenidos los siguientes:

TRAMO I: $R_{cp} = 100.3\text{m}$.

TRAMO II: $R_{cp} = 244.1\text{m}$.

- De lo anterior es importante decir que para el TRAMO I, que tiene en promedio radios de curvatura pequeños (en comparación con el TRAMO II), se deduce, por la teoría descrita, que la mayor parte de las deflexiones se producen en las capas superiores del pavimento, en este caso sobre el tratamiento superficial monocapa y la base estabilizada con emulsión asfáltica.

Caso contrario ocurre en el TRAMO II, que presenta en promedio radios de curvatura grandes lo que explica que la mayor parte de las deflexiones se concentran a nivel de la subrasante del pavimento.

- Para el caso de los valores de las deflexiones características D_c , de cada tramo evaluado al 95% de confiabilidad, se tiene los siguientes valores:

TRAMO I:

$D_c = 111.6 \times 10^{-2}\text{mm}$.

TRAMO II:

$D_c = 64.1 \times 10^{-2}\text{mm}$.

- Los valores anteriores indican que el TRAMO I presenta deflexiones mayores que el TRAMO II, pudiéndose explicar que a mayores deflexiones iniciales (D_0) el sistema pavimento subrasante presenta menores capacidades elásticas al ser deformada por aplicaciones de carga.

- Las deflexiones admisibles (D_a) determinadas para el sector de evaluación (Km. 112+000 – Km. 114+000) tiene las siguientes características para los tres años de contrato (tiempo que falta para el término del mismo):

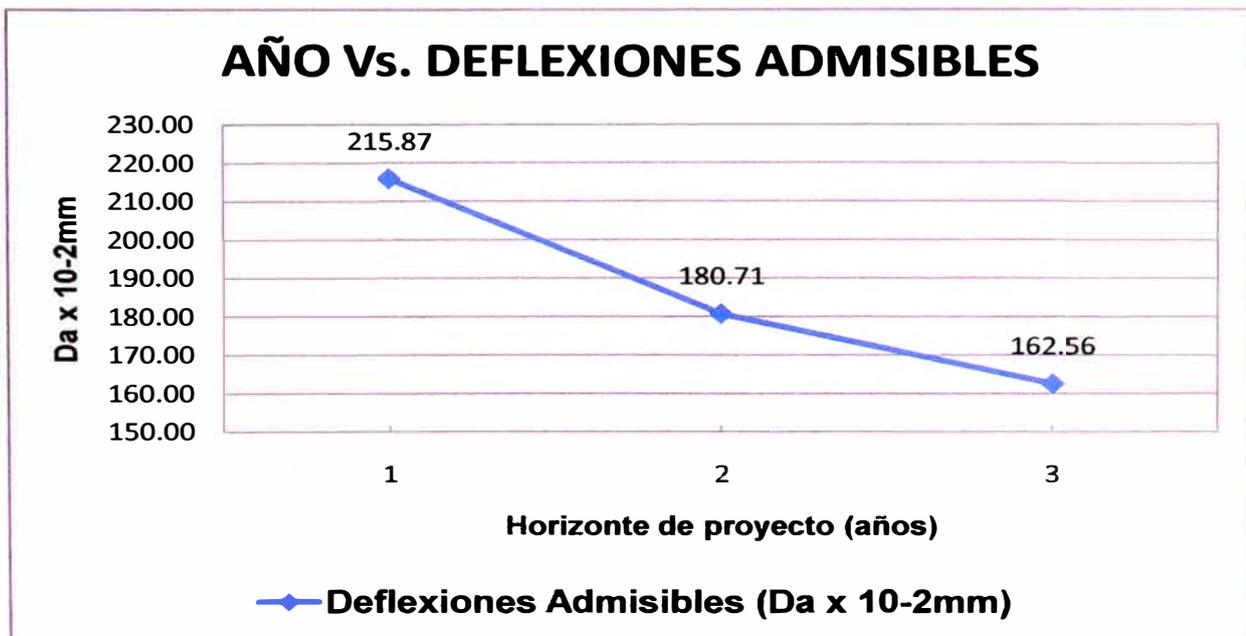
$$D_a (\text{año 1}) = 215.87 \times 10^{-2} \text{mm.}$$

$$D_a (\text{año 2}) = 180.71 \times 10^{-2} \text{mm.}$$

$$D_a (\text{año 3}) = 162.56 \times 10^{-2} \text{mm.}$$

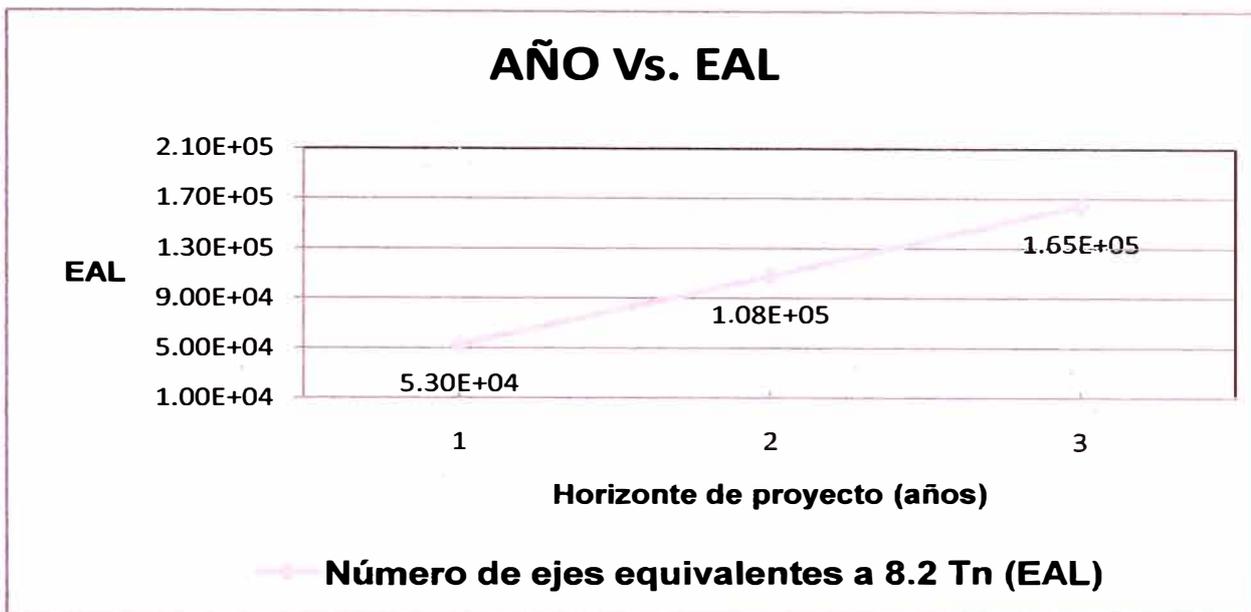
- Se observa además que esta (las D_a) disminuyen de valor conforme transcurren los años, lo que explica de la importancia de las necesidades de conservación para evitar la degradación del pavimento. (Ver Figura N° 5.01).
- Se puede acotar además que el tráfico tiene tendencia de crecimiento por lo que se puede decir que los EAL por tener relación directa con el tráfico, también tienden a crecer con el tiempo. (Ver Figura N°5.02)
- De manera similar, es importante rescatar que los EAL y las deflexiones admisibles tienen relación inversa, es decir que a medida que uno crece el otro decrece y viceversa. (Ver Figura N° 5.03).

Figura N° 5.01: Año vs. Deflexión admisible



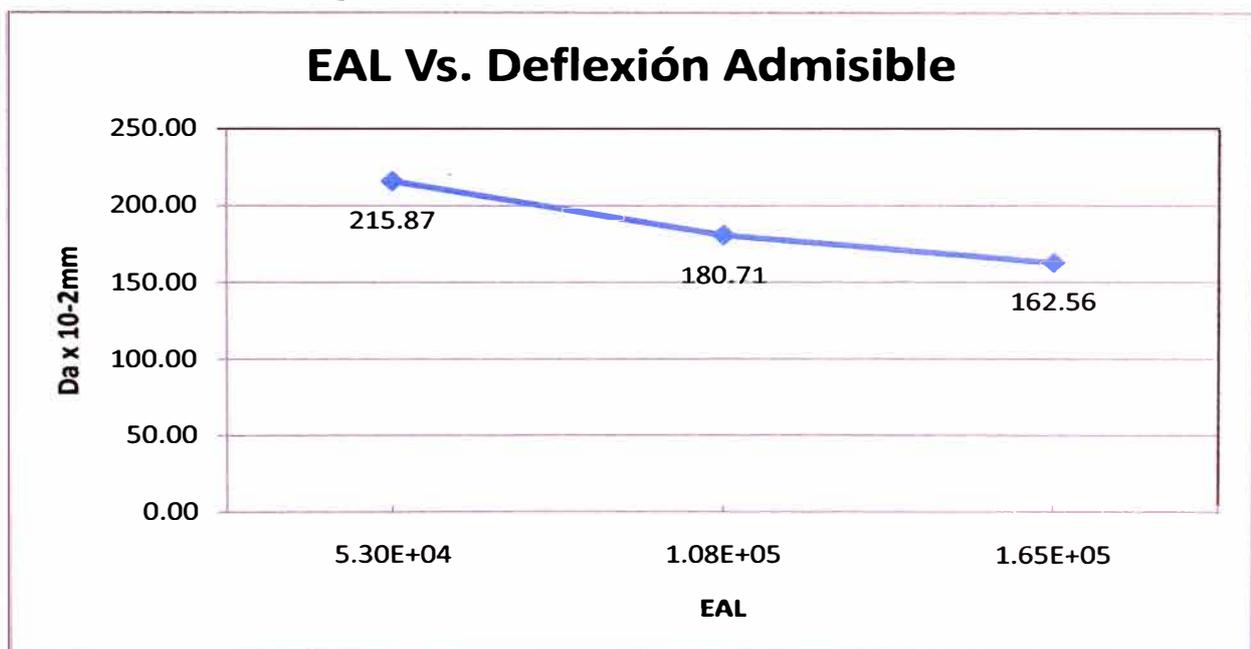
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5.02: Año vs. EAL



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5.03: EAL vs. Deflexión Admisible



Fuente: Elaboración Propia

- Se aprecia también que las Dc de cada tramo están por debajo de las Da del pavimento (para los tres años), que indica en líneas generales que la capacidad de soporte del pavimento al tráfico futuro está garantizado, lo que asegura una vida útil o remanente de utilización del sector evaluado. (Ver Cuadro N° 5.02)

Cuadro N° 5.02: Deflexión admisible y radio de curvatura

| Descripción | n (años) | Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca | |
|---------------------------------------|----------|-------------------------------------|--------------|
| | | Km. 112+000 - Km. 114+000 | |
| TRAMO I | | I | II |
| PROGRESIVA INICIAL | | 112+000 | 113+200 |
| PROGRESIVA FINAL | | 113+200 | 114+000 |
| DEFLEX. CARACT. x 10 ⁻² | | 111.60 | 64.10 |
| DEFLEX. ADMISIBLE x 10 ⁻² | 1 | 215.87 | 215.87 |
| | 2 | 180.71 | 180.71 |
| | 3 | 162.56 | 162.56 |
| RADIO DE CURVATURA R _c (m) | | 100.3 | 244.1 |

Fuente: Elaboración Propia

5.2 VERIFICACIÓN DE RESULTADOS CON EL MÉTODO ANALÍTICO

Se quiere corroborar los resultados obtenidos de la metodología empírica con el modelo analítico de Hogg, del cual mediante la aplicación de los conceptos y formulas dadas en su metodología, se obtiene el siguiente cuadro de resultados para los valores de deflexiones obtenidas de campo.

Cuadro N° 5.03: Resultados obtenidos por el método analítico de Hogg

| Progresiva (km) | Lecturas de Campo (10-2mm) | | | | | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | | | | DR/D0 | | | R | D0 | DR | D0/DR | u | Eo (kg/cm ²) | CBR (%) |
|--------------------|-------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------------------------|------------|
| | | | | | | Deflexiones Corregidas (mm) | | | | 25 | 50 | 70 | | | | | | | |
| | Li | L25 | L50 | L70 | Lmáx | 0 | 25 | 50 | 70 | | | | (cm) | | | | | | |
| 112+000 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 20.00 | 0.89 | 0.84 | 0.80 | 0.76 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 70.0 | 0.89 | 0.76 | 1.18 | 0.40 | 117 | 1 |
| 112+200 | 0.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 25.00 | 1.12 | 1.03 | 0.94 | 0.85 | 0.92 | 0.84 | 0.76 | 70.0 | 1.12 | 0.85 | 1.32 | 0.40 | 127 | 1 |
| 112+400 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 21.00 | 0.93 | 0.89 | 0.84 | 0.71 | 0.95 | 0.90 | 0.76 | 70.0 | 0.93 | 0.71 | 1.31 | 0.40 | 151 | 1 |
| 112+600 | 0.00 | 1.00 | 5.00 | 8.00 | 21.00 | 0.94 | 0.90 | 0.72 | 0.58 | 0.95 | 0.76 | 0.62 | 70.0 | 0.94 | 0.58 | 1.62 | 0.40 | 215 | 2 |
| 112+800 | 0.00 | 4.00 | 8.00 | 11.00 | 20.00 | 0.89 | 0.72 | 0.54 | 0.40 | 0.80 | 0.60 | 0.45 | 70.0 | 0.89 | 0.40 | 2.22 | 0.40 | 323 | 3 |
| 113+000 | 0.00 | 2.00 | 5.00 | 8.00 | 24.00 | 1.06 | 0.97 | 0.84 | 0.71 | 0.92 | 0.79 | 0.67 | 70.0 | 1.06 | 0.71 | 1.50 | 0.40 | 171 | 2 |
| 113+200 | 0.00 | 1.00 | 4.00 | 6.00 | 19.00 | 0.85 | 0.80 | 0.67 | 0.58 | 0.95 | 0.79 | 0.68 | 70.0 | 0.85 | 0.58 | 1.46 | 0.40 | 204 | 2 |
| 113+400 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 0.18 | 0.13 | 0.09 | 0.04 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 50.0 | 0.18 | 0.09 | 2.00 | 0.40 | 1983 | 19 |
| 113+600 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 0.18 | 0.13 | 0.09 | 0.04 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 50.0 | 0.18 | 0.09 | 2.00 | 0.40 | 1992 | 19 |
| 113+800 | 0.00 | 1.00 | 6.00 | 9.00 | 12.00 | 0.54 | 0.49 | 0.27 | 0.13 | 0.92 | 0.50 | 0.25 | 50.0 | 0.54 | 0.27 | 2.00 | 0.40 | 664 | 6 |
| 114+000 | 0.00 | 5.00 | 6.00 | 8.00 | 10.00 | 0.45 | 0.22 | 0.18 | 0.09 | 0.50 | 0.40 | 0.20 | 25.0 | 0.45 | 0.22 | 2.00 | 0.40 | 1333 | 13 |

Fuente: Elaboración Propia

- Del cuadro anterior se puede comentar que para el TRAMO I (Km. 112+000 al Km. 114+000), se obtuvieron Módulos de Elasticidad (E_o) de valores bajos en comparación al tramo II.
- Los valores de E_o para el TRAMO I, oscilan entre 117 Kg/cm² a 323 Kg/cm², de manera similar ocurre en el TRAMO II, se observan valores altos que oscilan desde 664 Kg/cm² a 1992 Kg/cm².
- Es coincidente para los valores de CBR (%), se observan grandes variaciones en magnitud de un tramo a otro.

CONCLUSIONES

- Del análisis de las deflexiones características, se puede concluir que cada tramo evaluado (TRAMO I: Km. 112+000 al Km. 113+200 y el TRAMO II: Km. 113+200 al Km. 114+000) posee adecuadas capacidades estructurales ($D_c < D_a$), lo que garantiza una vida remanente de utilización de la vía para los tres años que resta de contrato, teniendo en cuenta que el TRAMO I es sensible a factores externos como el crecimiento del IMD, (debiendo por ello tener ciertas consideraciones en las labores de conservación de la vía), lo que se explica por tener Radios de Curvatura (RC) pequeños y CBR de magnitudes menores a la del segundo tramo.
- Del análisis de las deflexiones (característica y admisible) se puede manifestar que el TRAMO I, tiene una vida remanente del pavimento garantizada, pero de menor cantidad de años que el TRAMO II; que se deduce de que $D_c \text{ TRAMO I} > D_c \text{ TRAMO II}$.
- Del análisis de los radios de curvatura (RC) de cada tramo se puede concluir mediante la interpretación de los criterios establecidos que el TRAMO I, que posee menores radios de curvatura en promedio que el TRAMO II, es el que posee deficiencias estructurales de menor grado en una de sus capas superiores por ocurrir la mayor parte de las deflexiones sobre ellas, a pesar de poseer $D_c < D_a$, de lo que se deduce que las capas superficiales poseen menor capacidad elástica, lo que está originando ante cargas repetidas la deformación del pavimento y originando la formación de fallas superficiales.
El TRAMO II, tiene un mejor comportamiento estructural lo que indica que posee capas superiores con mejor capacidad de soporte y mejor comportamiento elástico ante presencia de cargas sobre el pavimento.
- Se puede concluir que la diferencia de características y/o propiedades que existe de un tramo a otro, a pesar de presentar tramos cortos de evaluación, pudo haber sido ocasionada por alguna deficiencia del proceso constructivo, específicamente en el proceso de compactación en las capas de base y sub-base o por la utilización de materiales de cantera de características deficientes.

- Se puede decir además que existe correlación entre la metodología empírica y la metodología de Hogg, del cual se puede concluir que el TRAMO II tiene un mejor comportamiento estructural por poseer en promedio módulos de elasticidad (E_o) mayores y una mejor capacidad de soporte (CBR) del sistema pavimento subrasante a la del TRAMO I.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, para el procedimiento de campo, disminuir el espaciamiento de los puntos de medición tal como lo describe las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG – 2000), que especifica, en su capítulo 4, sección 410, realizar las mediciones de deflexión en los dos carriles, en ambos sentidos cada 50 m. y en forma alternada; lo que proporcionaría tener mayor y más confiable información para el procedimiento de gabinete y análisis de resultados.
- Se recomienda, según el método empírico (caso III de las metodologías de evaluación planteadas por el Dr. Ruiz con, $D_c < D_a$ y RC reducidos), proponer en la medida de la necesidad de la vía el refuerzo necesario utilizando métodos de diseño tradicionales; identificando en primer lugar mediante el sondeo la capa o capas débiles que existen en el pavimento (TRAMO I), pudiéndose haber originado ello por deficiencias en el proceso de compactación, la utilización de materiales con propiedades deficientes o por presencia de capas con alto contenido de humedad.
- Se recomienda, para aquellos tramos donde exista capacidades de soporte deficientes, acompañar la interpretación de resultados con una toma de muestra que permita obtener un juicio correcto de la condición estructural del pavimento.
- Mejorar el sistema constructivo o en su defecto supervisar los procedimientos constructivos y/o verificar la calidad de los materiales empleados en la conformación de las capas del pavimento, para obtener una mejor calidad y respuesta estructural de la vía ante solicitudes de tránsito futuro.
- Considerar realizar la evaluación de campo (toma de deflexiones con Viga Benkelman u otro equipo), en forma continua para determinar la variación en el tiempo de las deflexiones características (en cada tramo) y de esta manera poder establecer, para este tipo de carreteras, la periodicidad de evaluación; teniendo en cuenta que la vía es sensible a factores como aumento del IMD, lluvia, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Ayesa - Alpha Consult S.A; Estudios de Ingeniería e Impacto Ambiental. Red Vial N° 6 - Carretera Lunahuaná – Huancayo; Lima. Perú, 1998.
2. CGC; 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; Lima, Perú, 2009.
3. Estudio del Consorcio de Rehabilitación Vial de carreteras en el país CONREVIAl; Perú, 1982.
4. Gutiérrez Lazáres, José Wilfredo; Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú; Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Sección de Post Grado; Lima, Perú, 2007
5. Hoffman, Mario S; Del Águila Pablo; Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos); Ediciones LAGESA Ingenieros-Louis Berger Internacional; Primera Edición, Lima, Perú, 1985.
6. Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Manual para el Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito; Lima, Perú, 2007
7. Provias Nacional - MTC; Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional: Contrato de Conservación vial de la Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zúñiga-Dv. Yauyos-Ronchas, 2008.

ANEXOS

ANEXO A: RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO

ANEXO B: CAP I – GENERALIDADES CAP III – MARCO TEORICO CAP IV – APLICACIÓN AL TRAMO

ANEXO C: ESTUDIO DE SUELO

ANEXO A

RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO

RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO

1.0 ANTECEDENTES

La carretera de penetración y enlace entre Cañete – Yauyos – Huanacayo, ubicada en los Departamentos de Lima y Junín, actualmente tiene 271.726 km de longitud y fue ejecutado parcialmente durante el Gobierno del Presidente Augusto B. Leguía entre los años 1920 y 1930.

Luego durante el Gobierno del Presidente Manuel Prado y Ugarteche se avanzaron los trabajos de construcción de la carretera desde Cañete hasta Yauyos, empezando las labores en el año 1940 y culminando en abril de 1944, siendo inaugurada en junio de 1944.

Años más tarde después de haber sido postergada su construcción, en vista de que la carretera solo llegaba hasta Tomas, por la dificultad de pase del Cañón de Uchco que no permitía unir Alis y Tomas, las autoridades del pueblo de Alis luego de arduas gestiones consiguieron la aceptación del Gobierno Central en el año 1954, siendo Presidente de la República Manuel Odría.

En mayo del siguiente año se empezaron las labores con la rectificación total del trazo desde Uchco hasta Alis, en julio de 1956 se construyó el puente Uchco y el 11 de mayo de 1957 consiguieron el objetivo de llegar a Alis y unirla con el resto de pueblos.

La carretera en estudio no contó con la conservación vial necesaria desde su construcción y fue el 27 de julio del año 2007 que por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02 se creó el Programa de Infraestructura Vial “Proyecto Perú” designando a Provías Nacional como la encargada de coordinar con las dependencias del Ministerio respecto al desarrollo y ejecución del Proyecto; teniendo como principal finalidad la mejora de las condiciones de las vías de integración de los corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido para permitir un nivel elevado de competitividad de las zonas rurales.

Con fecha 27 de diciembre del año 2007 Provías Nacional y el Consorcio Gestión de Carreteras (CGC) suscribieron el Contrato de Conservación Vial N° 288-2007-MTC/20, asumiendo la transferencia de riesgo con la responsabilidad de efectuar la conservación por niveles de servicio del Corredor Vial N° 13 Carretera Cañete – Dv. Yauyos – Chupaca por un plazo de cinco (05) años y

monto que asciende a la suma de S/. 131, 589 139.31.

A la fecha quedan tres (03) años de contrato y el contratista conservador ha culminado la ejecución del Cambio de Estándar de afirmado a solución básica y viene mejorando la transitabilidad de la vía realizando, en forma oportuna, las actividades de conservación rutinaria y periódica, lo que ha generado el aumento del Índice Medio Diario (IMD).

Siendo las propuestas de diseño empleadas por el contratista, para el cambio de estándar en la serviciabilidad de la carretera, a base de métodos innovadores; el Provias Nacional firma el 22 de agosto del año 2008 el Convenio de Cooperación Interinstitucional 018-2008-MTC/20 con la Universidad Nacional de Ingeniería para el Monitoreo de la Conservación Vial, siendo el propósito del convenio implementar un sistema de acompañamiento y monitoreo del contrato de conservación así como realizar el seguimiento al comportamiento estructural del pavimento básico.

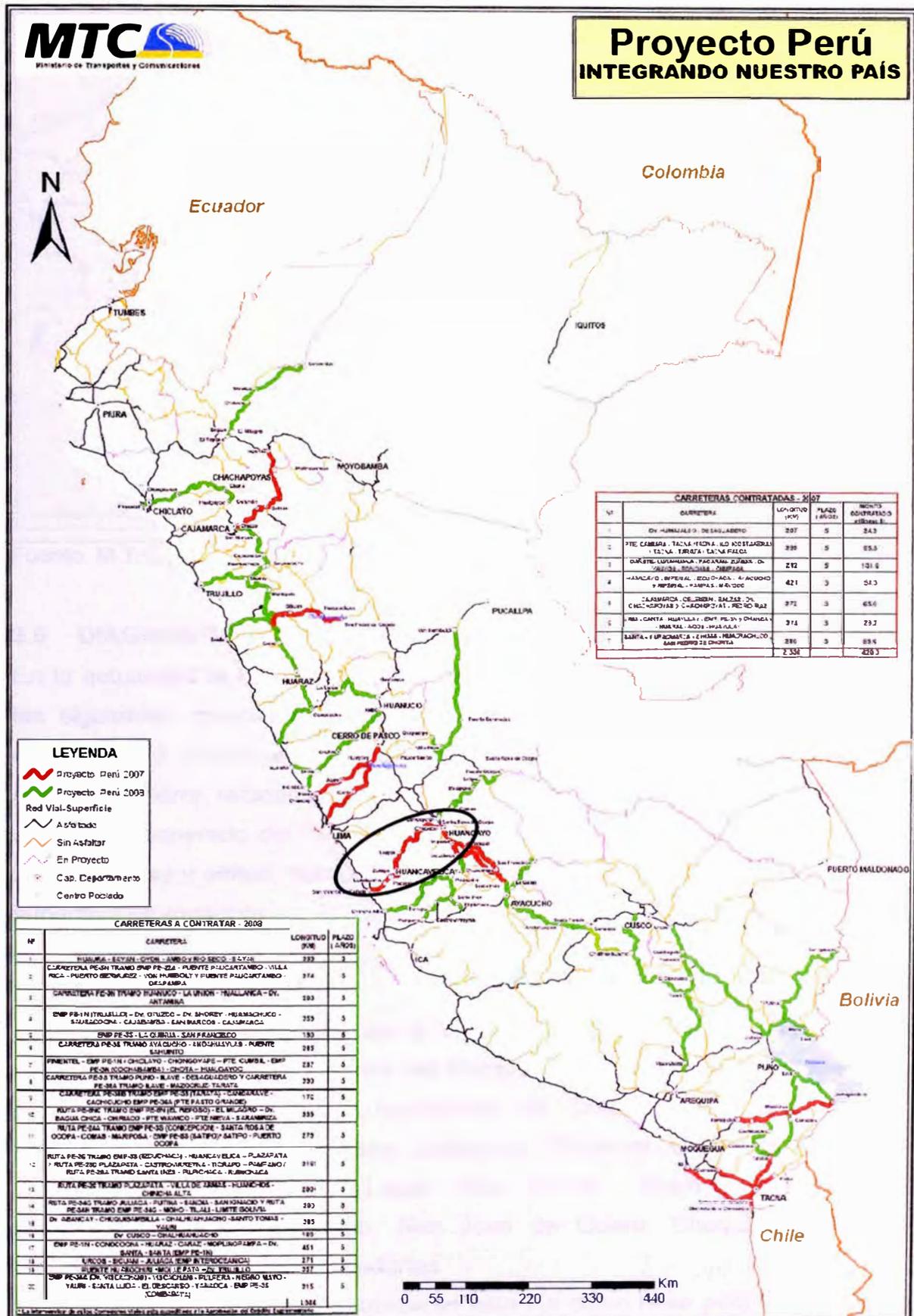
En el Perú los contratos de conservación de carreteras son novedosos y están entrando en vigencia; por ello la Universidad Nacional de Ingeniería mediante el Curso de Titulación Profesional 2010 Modalidad Actualización de Conocimientos, Resolución Rectoral N° 1477 del 03 de Noviembre del 2008, viene desarrollando a través de sus alumnos el estudio de pre inversión a nivel de perfil de tramo Cañete – Dv. Yauyos – Chupaca; por lo que se encomendó proponer alternativas de solución a nivel de conservación vial y escoger la de mayor rentabilidad.

2.0 PROYECTO Y UBICACIÓN

Se ha considerado el siguiente nombre para el estudio de la carretera : "Estudio de Pre inversión a Nivel de Perfil para la Conservación Vial de la Carretera Cañete – Dv. Yauyos – Huancayo".

La carretera en estudio tiene una longitud total de 271.726 km., pertenece a la Red Vial Nacional RN N° 22 y su trazo recorre desde las provincias de Cañete y Yauyos (departamento de Lima) hasta Chupaca (departamento de Junín). En la Figura N° 1.0 se muestra la ubicación del proyecto en estudio y en la Figura N° 2.0 se muestra el trazo de la carretera.

Figura N° 1.0: Plano Vial Proyecto Perú



Fuente: M.T.C.

Figura N° 2.0: Plano Vial Proyecto Perú, Carretera Cañete - Chupaca



Fuente: M.T.C.

3.0 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la vía es un camino de bajo volumen de tránsito que presenta las siguientes características: tramos de anchos variables, curvas cerradas, superficie de rodadura con tratamiento superficial (slurry seal, monocapa), cunetas de tierra, taludes con material suelto y compacto, las cuales debido a un aumento inesperado del flujo vehicular y a las precipitaciones pluviales en las zonas de mayor altitud, han originado que la vía sufra un rápido deterioro en su superficie de rodadura.

3.1 LOS BENEFICIARIOS

Los principales beneficiarios de la vía son los transportistas, las industrias mineras, la Central Hidroeléctrica del Platanal, los comerciantes, Turistas, etc.; así como pobladores de las localidades de: Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Jerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Dv. Yauyos – Magdalena, LLapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negro Bueno, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Ronchas, Chupaca, y zonas aledañas.

Las localidades mencionadas utilizarán esta vía como nexo para el intercambio de la producción mejorando y facilitando los vínculos de comercio entre las

localidades a beneficiarse, además de su posibilidad de ser utilizada como una alternativa de ruta a la carretera central para llegar a las más importantes ciudades lo que podrá generar un intercambio comercial a mayor escala.

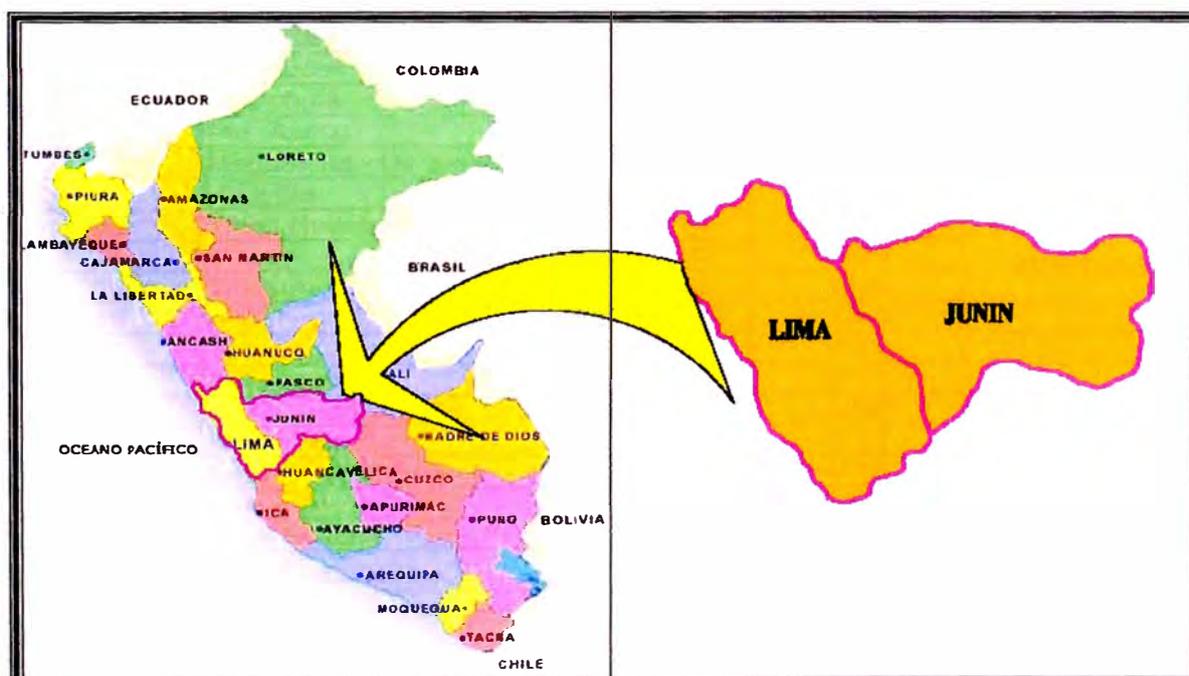
3.2 POBLACIONES INDIRECTAMENTE BENEFICIADAS

Las poblaciones indirectamente beneficiadas son las comprendidas en los departamentos de Lima y Junín, quienes con el mejoramiento de la vía, tendrán una ruta alterna a la carretera central para realizar las actividades económicas, transporte, turismo, entre otros.

Región : Lima y Junín.

Provincias : Cañete, Yauyos, Chupaca, Concepción, Jauja, Huancayo.

Figura N° 3.0: Área de Influencia Indirecta



Fuente: Elaboración Propia

3.3 CENTROS POBLADOS Y PISOS ALTITUDINALES

A continuación se mencionan los principales centros poblados, altitud y pisos altitudinales por donde la carretera une a los pueblos comprendidos en las regiones de Lima y Junín.

Cuadro N° 1.0: Centro poblado, altitud y piso altitudinal

| ID | Descripcion | Progresiva | Altitud (msnm) | Piso Altitudinal |
|----|-----------------------|------------|----------------|------------------|
| 1 | Cañete | 01+805 | 71 | CHALA |
| 2 | Imperial | 04+988 | 103 | |
| 3 | Nuevo Imperial | 08+925 | 165 | |
| 4 | La Encañada | 16+855 | 333 | |
| 5 | Caltopa | 22+905 | 290 | |
| 6 | Socsi | 27+805 | 332 | |
| 7 | Incahuasi | 29+405 | 368 | |
| 8 | Jita | 37+335 | 492 | |
| 9 | Lunahuana (Pueblo) | 38+975 | 494 | |
| 10 | Lunahuana (Uchupampa) | 42+755 | 523 | |
| 11 | Jacayita | 45+405 | 593 | |
| 12 | Jacaya | 48+935 | 632 | |
| 13 | Romani | 51+185 | 679 | |
| 14 | Pacaran | 54+662 | 710 | |
| 15 | Zuñiga | 58+405 | 821 | |
| 16 | San Juan | 67+405 | 928 | |
| 17 | San Jeronimo | 73+005 | 1019 | |
| 18 | Huayllampi | 77+105 | 1125 | |
| 19 | Catahuasi | 78+805 | 1206 | |
| 20 | Canchan | 83+345 | 1260 | |
| 21 | Chichicay | 93+915 | 1553 | |
| 22 | Capillucas | 96+445 | 1581 | |
| 23 | Calachota | 106+845 | 1740 | |
| 24 | Pte. Aucco | 114+605 | 2051 | |
| 25 | Magdalena - Dv Yauyos | 128+805 | 2289 | |
| 26 | Huayña | 136+305 | 2487 | QUECHUA |
| 27 | Tinco Huantan | 142+165 | 2640 | |
| 28 | Llapay | 156+105 | 2950 | |
| 29 | Tinco Alis | 161+805 | 3100 | |
| 30 | Alis | 164+905 | 3261 | PUNA O JALCA |
| 31 | Tomas | 172+895 | 3566 | |
| 32 | Huancachi | 176+605 | 3737 | |
| 33 | Tinco Yauricocha | 183+485 | 4040 | |
| 34 | Abra Chaucha | 195+315 | 4751 | |
| 35 | Abra Negrobueno | 213+125 | 4666 | SUNI |
| 36 | San Jose de Quero | 231+105 | 3908 | |
| 37 | Chaquicocha | 241+405 | 3650 | |
| 38 | Collpa | 248+005 | 3508 | QUECHUA |
| 39 | Ronchas | 256+990 | 3458 | |
| 40 | Angasmayo | 260+305 | 3445 | |
| 41 | Huarisca | 265+800 | 3341 | |
| 42 | Chupaca | 273+531 | 3270 | |
| 43 | Huancayo | 284+531 | 3249 | |

Fuente: Elaboración Propia

3.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARRETERA

La carretera en estudio tiene una longitud de 271.726 Km., desde Cañete (km. 1 +805) hasta Chupaca (Km. 273+531); de la visita de campo y de la inspección se ha determinado que para su mejor análisis y proposición de alternativas de solución se ha dividido la carretera en cinco sectores de acuerdo al tipo de superficie de rodadura existente y a las condiciones geograficas y climaticas que presenta cada tramo.

De la visita de campo, se ha encontrado que el primer tramo (**Cañete - Pacarán**) presenta las siguientes características viales:

- Presenta una infraestructura vial apropiada de 52.807 Km. con anchos de vía mayores a los 6.60m, con dos carriles uno de ida y otro de vuelta; presenta además curvas horizontales con radios de acuerdo a lo establecido en los manuales de diseño.
- Se aprecian pequeñas fallas superficiales en la carpeta de rodadura.
- La señalización horizontal en los ejes central y lateral se encuentra en estado regular, los guardavías no presentan problemas y algunos postes delineadores se encuentran dañados o ausentes.
- La señalización vertical lo constituyen las señales preventivas, reguladoras e informativas en su mayoría en buen estado de conservación y los postes kilométricos en estado regular ya que la mitad se encuentran dañados.

El segundo tramo (**Pacarán – Catahuasi**) presenta las siguientes características viales:

- Presenta una longitud de 24.413 Km. de tratamiento superficial slurry seal, que se encuentra en regular estado.
- No presenta señalización horizontal en los ejes central y lateral pero si algunos postes delineadores provisionales, la señalización vertical lo constituyen las señales preventivas, reguladoras e informativas en su mayoría en buen estado de conservación y los postes kilométricos en estado regular o no existen.
- El sistema de drenaje está conformado por alcantarillas, cuentas de tierra y canales. Las alcantarillas se encuentran en funcionamiento, teniendo una condición estructural buena, pero en cuanto a la condición funcional

algunos se encuentran parcialmente obstruidos..

El tercer tramo (**Catahuasi – Tinco Yauricocha**) presenta las siguientes características:

- Presenta una longitud de 104.608 Km. de tratamiento superficial monocapa en regular estado, presentando fallas como deformaciones (hundimientos y ahuellamientos) y baches.
- Presenta un ancho de plataforma muy variable que oscila entre los 3.0 m. y 5.0 m.
- En cuanto a la señalización se tiene elementos de seguridad y señalización horizontal en los ejes central y lateral, la señalización vertical lo constituyen las señales preventivas, reguladoras e informativas en su mayoría en buen estado de conservación, también se ha visualizado la existencia de postes delineadores en curvas y gibas de concreto en los centros poblados.
- Su topografía es accidentada presentando a inicios de tramo secciones a media ladera que bordean el río y posteriormente secciones de medio tunel.
- El drenaje transversal está conformado por puentes, pontones, alcantarillas tipo marco de concreto armado y tipo TMC en buenas condiciones estructurales pero que necesitan limpieza, las estructuras de drenaje longitudinal como canales y cunetas, en su mayoría de tierra, requieren ser reemplazadas.

El cuarto tramo (**Tinco Yauricocha – San José de Quero**) presenta las siguientes características viales:

- Presenta 47.620 Km. de tratamiento superficial monocapa en malas condiciones, los tipos de daños son deformaciones, encalamados, baches los que se presentan en diferentes niveles de severidad.
- Su topografía es accidentada, presentándose zona de cañones como el cañon de Uchco, que forma parte de la reserva paisajística de Nor Yauyos.
- El drenaje en esta zona resulta insuficiente y en mal estado para la evacuación del agua de la plataforma.
- La señalización vertical es insuficiente y deficiente ya que gran porcentaje

de esta se encuentra en regular o mal estado, no presenta señalización horizontal.

El quinto tramo (**San José de Quero – Chupaca**) presenta las siguientes características viales:

- Presenta 42.426 Km. de tratamiento superficial monocapa el cual esta deteriorado por efecto del clima y tráfico.
- Su topografía es ondulada, en lo referente al drenaje en esta zona, esta resulta insuficiente para la evacuación del agua de la plataforma.
- En cuanto a la señalización, se notó la ausencia de señalización horizontal y la vertical se encuentra en regular o mal estado.

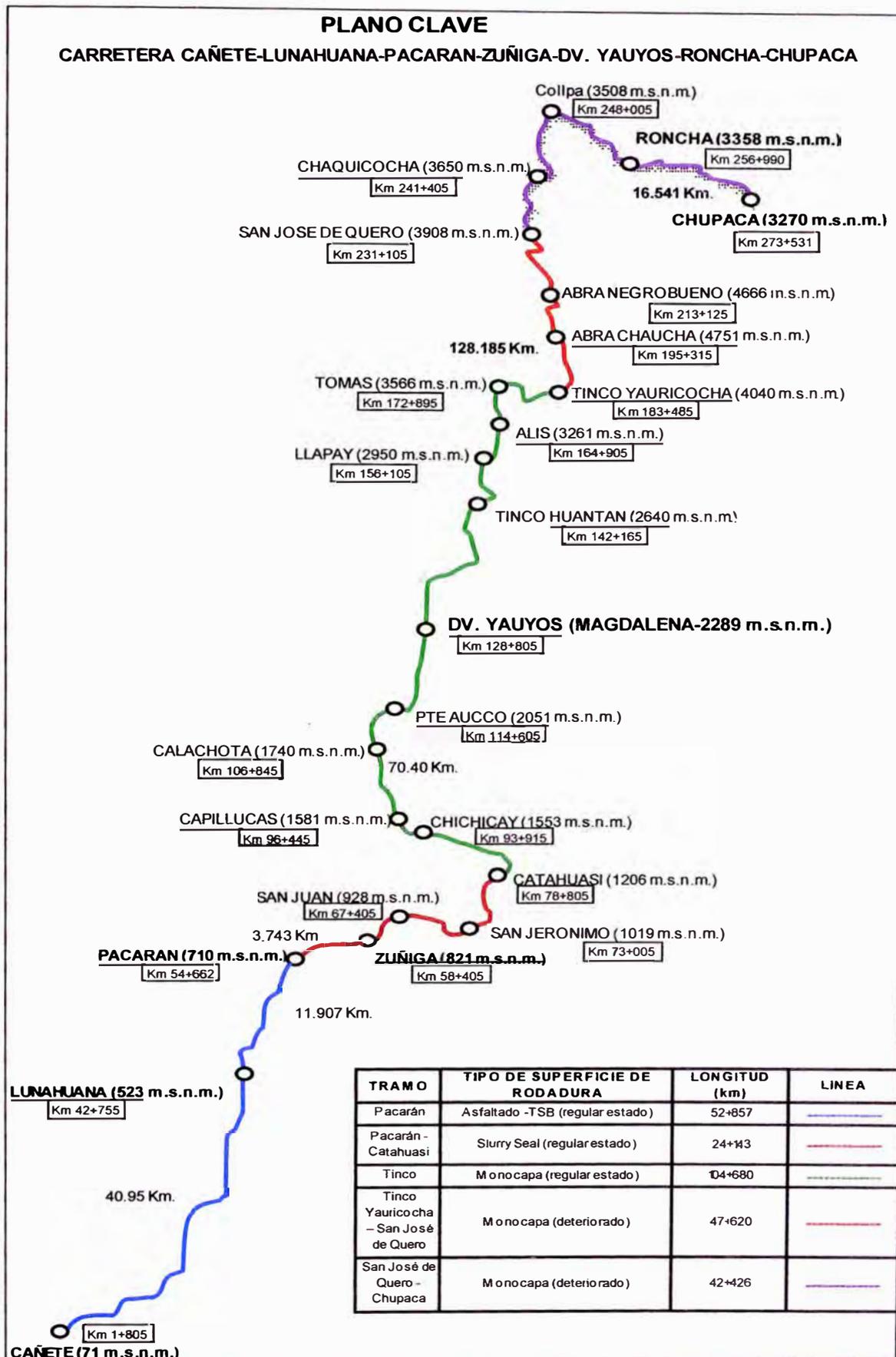
Cuadro N° 2.0: Tipo y estado actual de la carpeta de rodadura

| TRAMO | TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | LONGITUD (km) |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Cañete - Pacarán | Asfaltado –TSB (regular estado) | 52+857 |
| Pacarán – Catahuasi | Slurry Seal (regular estado) | 24+143 |
| Catahuasi – Tinco Yauricocha | Monocapa (regular estado) | 104+680 |
| Tinco Yauricocha – San José de Quero | Monocapa (deteriorado) | 47+620 |
| San José de Quero -Chupaca | Monocapa (deteriorado) | 42+426 |

Fuente: Elaboración Propia

Ver plano clave – sectorización de la carretera. (Figura N° 4.0)

Figura N° 4.0: Plano clave – sectorización de la carretera



Fuente: Elaboración Propia

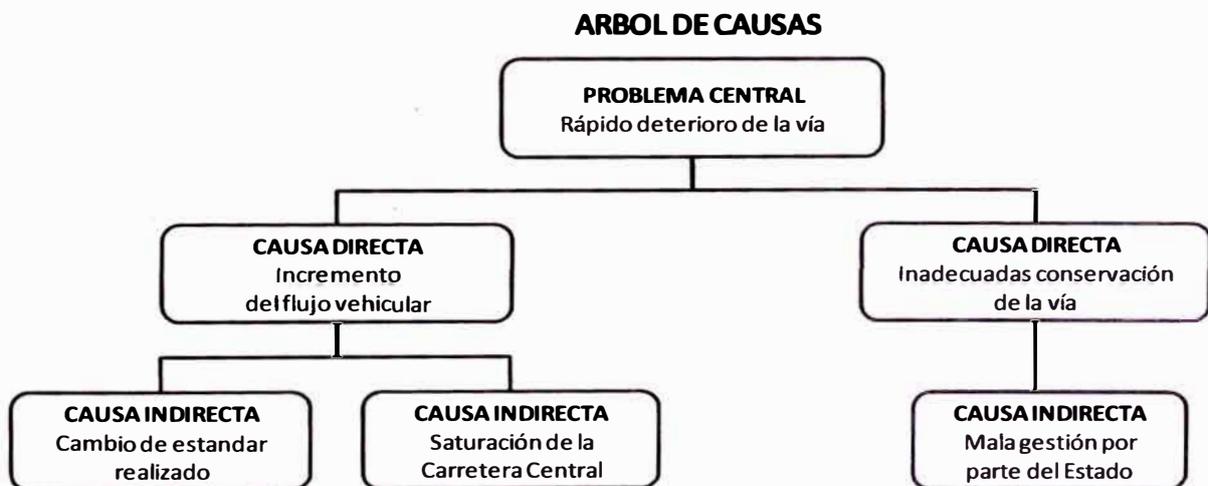
4.0 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS

El problema central de la vía en estudio es su rápido deterioro el cual hará que no sea transitable al cabo de un tiempo debido al incremento del flujo vehicular por los cambios de estándar realizados y por ser un ruta alterna a la carretera central.

Asimismo se puede considerar como causa del problema las inadecuadas actividades de conservación por parte del contratista conservador de la vía como son: las actividades de conservación rutinaria y periodica que no se realizan en forma oportuna originando el desgaste de la superficie de rodadura, que es ocasionado por el frenado continuo de los vehículos en las curvas cerradas existentes a lo largo de la vía.

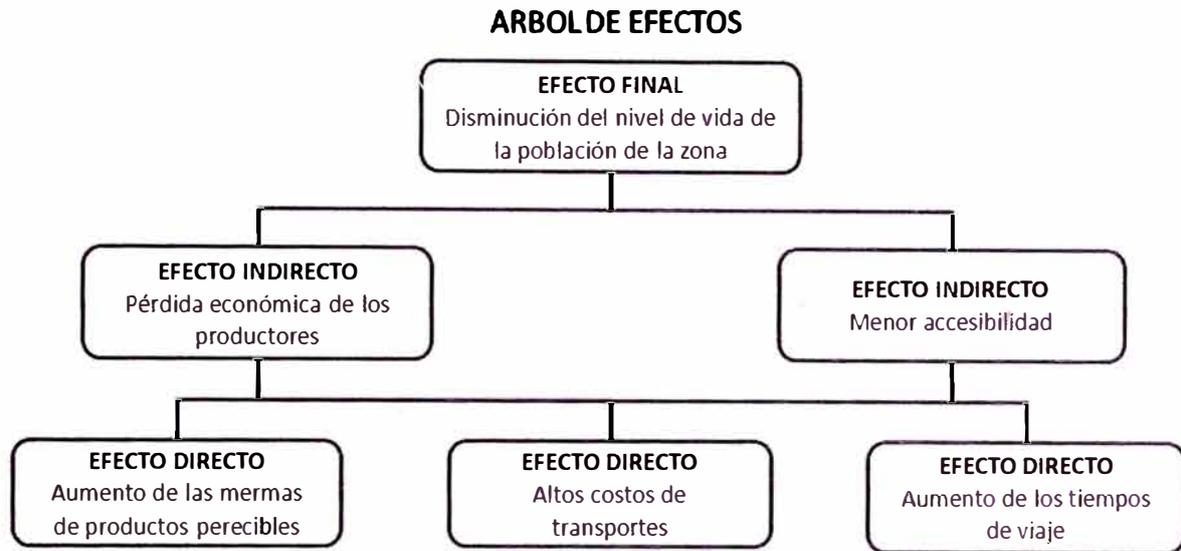
Estas causas son las que contribuyen al aislamiento de los pueblos ubicados a lo largo de la carretera en estudio que trae como consecuencia el retraso en su desarrollo económico y en general del país.

Figura N° 5.0: Árbol de causas



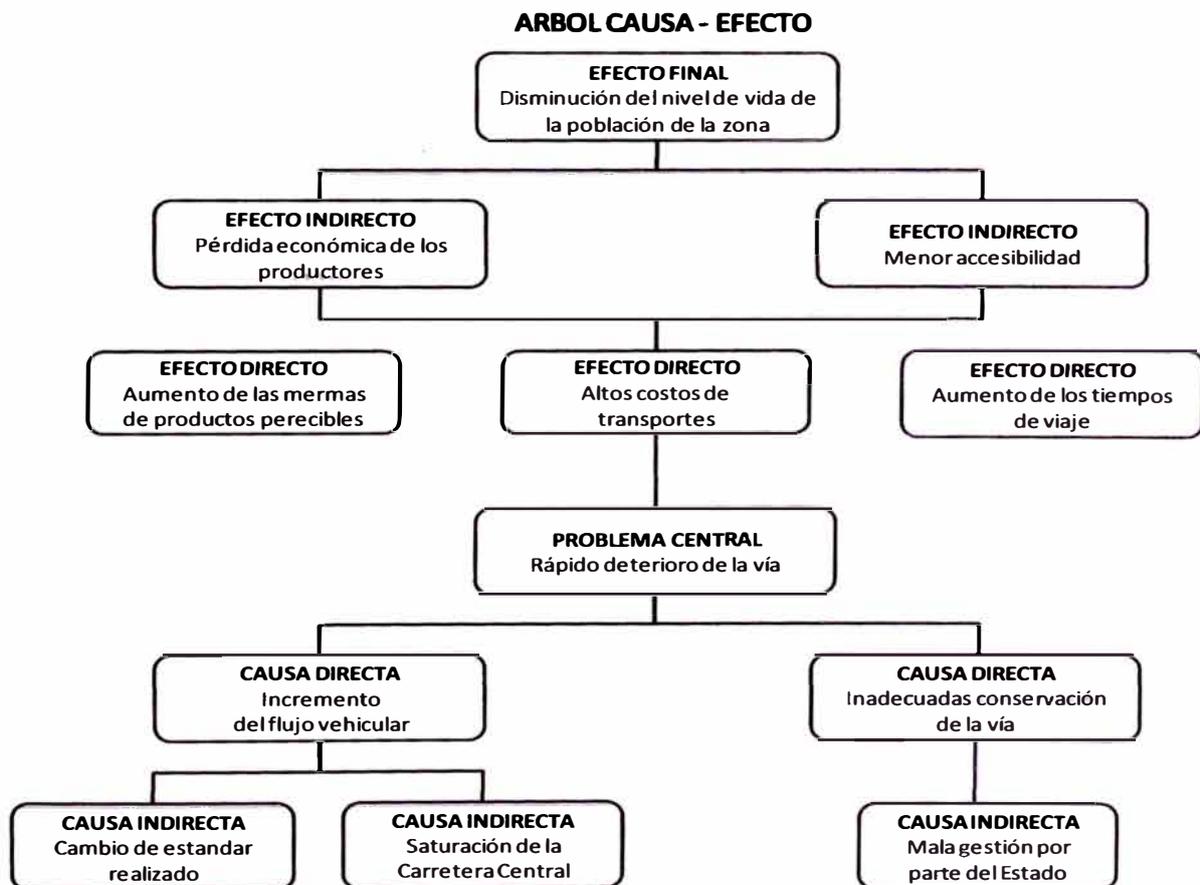
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 6.0: Árbol de efectos



Fuente: Elaboración Propia

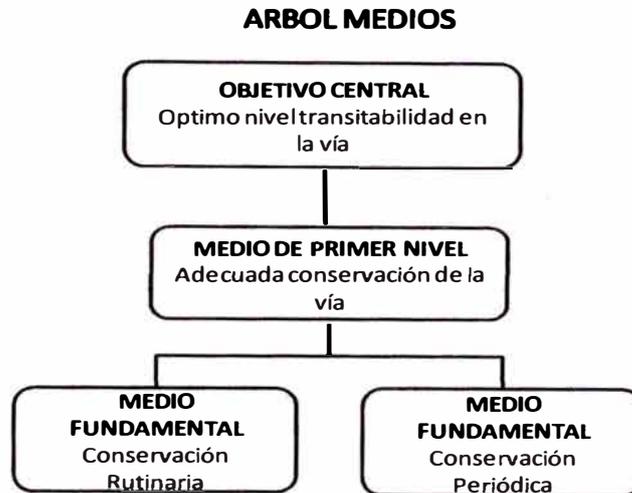
Figura N° 7.0: Árbol causa - efectos



Fuente: Elaboración Propia

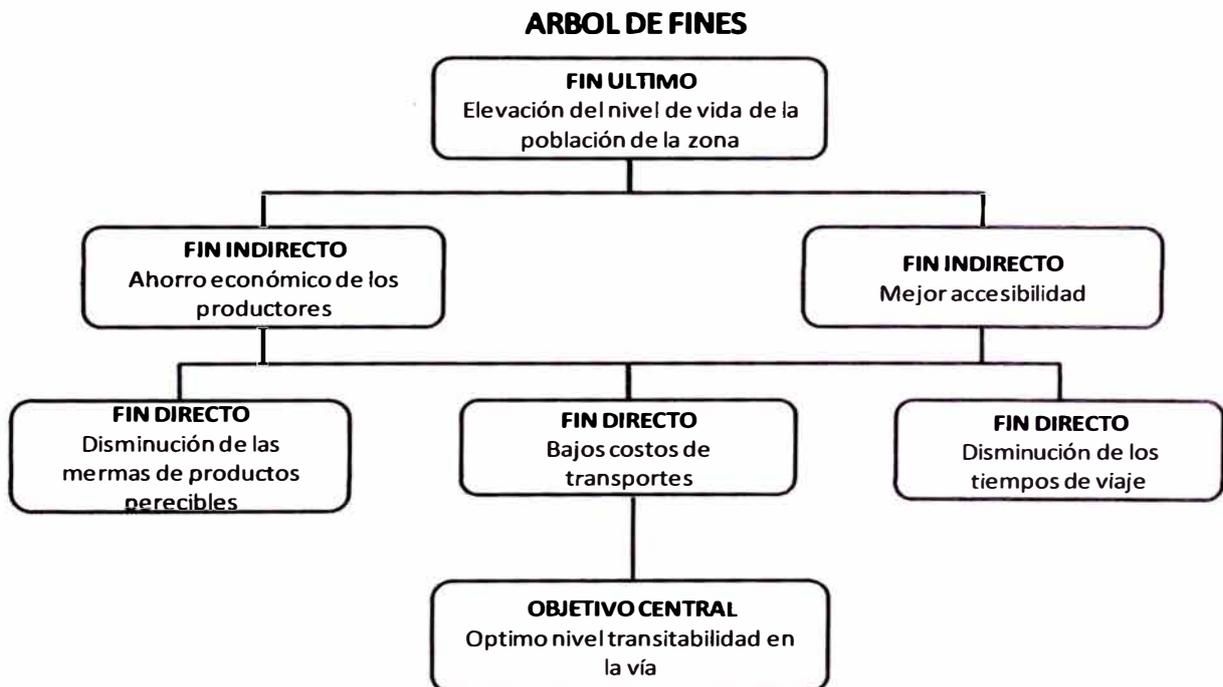
El árbol de medio - fines se desarrollan realizando la situación opuesta del árbol de causa - efecto, haciendo ello se obtiene:

Figura N° 8.0: Árbol de medios



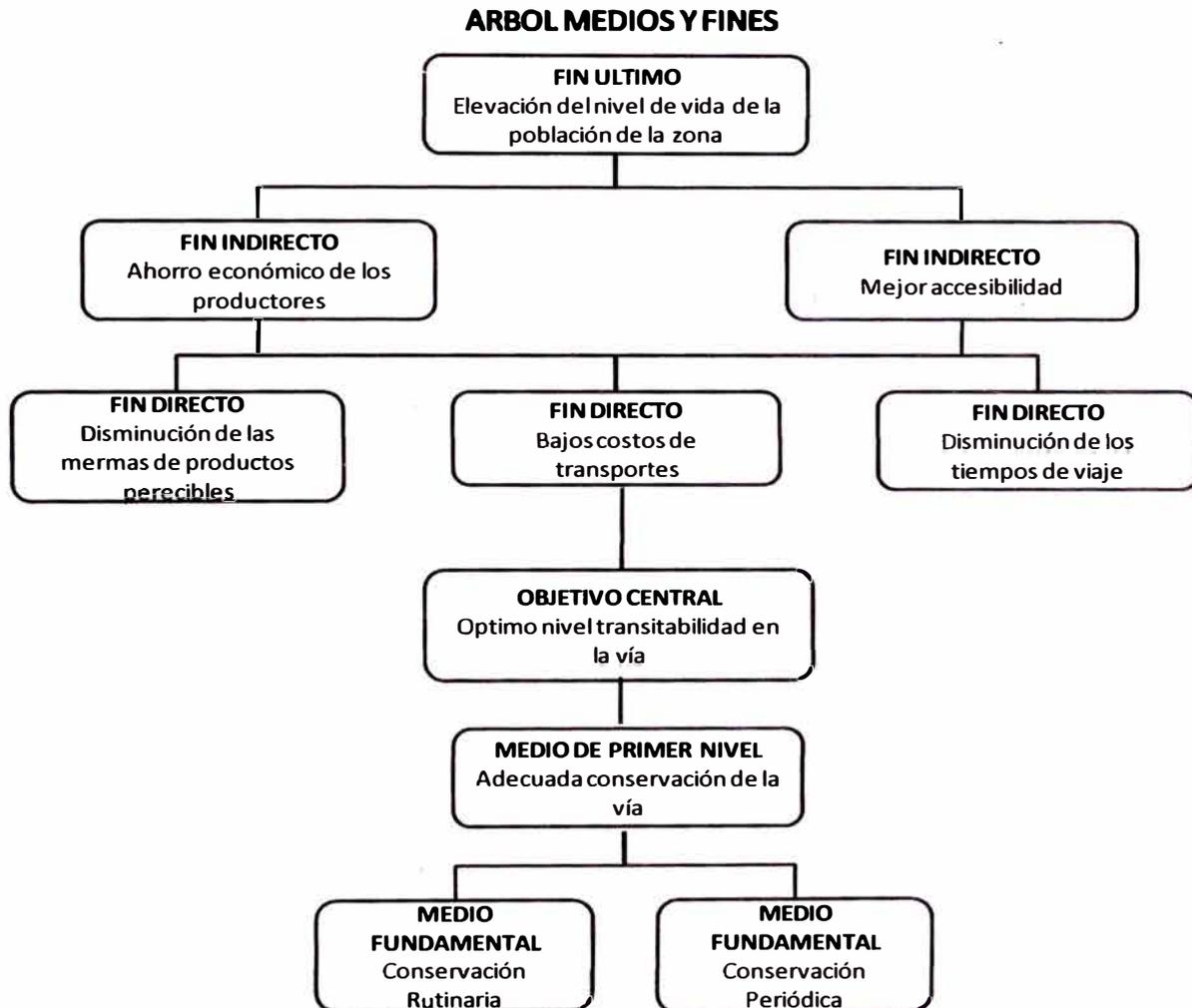
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 9.0: Árbol de fines



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 10.0: Árbol de medios - fines



Fuente: Elaboración Propia

5.0 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Se plantea un horizonte para el proyecto de (03) tres años, los que corresponden a los años que restan del contrato de servicios firmado entre el MTC, a través de PROVIAS, y el Consorcio Gestión de Carreteras (CGC).

Cabe indicar que para el proyecto se tiene la limitación de no considerar la rehabilitación y/o mejoramiento de la vía como alternativas de solución, a pesar de observar una carretera con anchos de calzada reducidos y variables, curvas muy cerradas, visibilidad inadecuada, por lo que nuestras alternativas de solución están limitadas solo al nivel de conservación del cambio de estándar ya realizado.

En el cuadro N° 1.03 se dan a conocer las alternativas de solución planteadas para dar solución al problema central de la vía.

Cuadro N° 3.0: Alternativas de solución

| TRAMO | INICIO | FIN | (Km) | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | | |
|-------|----------------------|----------------------|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | CAÑETE | PACARÁN | 52.807 | Mant. Rutinario en C.A. | Mant. Rutinario en C.A. | Mant. Rutinario en C.A. |
| 2 | PACARÁN | CATAHUASI | 24.143 | Mant. Rutinario en SLURRY SEAL | Mant. Rutinario en SLURRY SEAL | Mant. Rutinario en SLURRY SEAL |
| 3 | CATAHUASI | TINCO YAURICOCHA | 104.680 | Mant. Periódico MONOCAPA | Mant. Periódico MONOCAPA | Mant. Rutinario en MONOCAPA |
| 4 | TINCO YAURICOCHA | SAN JOSÉ DE QUERO | 47.620 | Mant. Periódico BICAPA | Mant. Periódico SLURRY SEAL | Mant. Periódico SLURRY SEAL+MONO CAPA |
| 5 | SAN JOSÉ DE QUERO | CHUPACA | 42.426 | Mant. Periódico MONOCAPA | Mant. Periódico BICAPA | Mant. Periódico SLURRY SEAL |

Fuente: Elaboración Propia

6.0 ESTUDIO DE TRAFICO

6.1 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 de 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).

Cuadro N° 4.0: Variación porcentual ingreso per cápita

| VARIACION PORCENTUAL INGRESO PERCAPITA | | |
|--|-------|-------|
| AÑO | JUNÍN | LIMA |
| 2003 | 2.66% | 2.95% |
| 2004 | 2.66% | 2.95% |
| 2005 | 2.66% | 2.95% |
| 2006 | 2.21% | 2.58% |
| 2007 | 2.21% | 2.58% |
| 2008 | 2.21% | 2.58% |
| 2009 | 2.21% | 2.58% |

Fuente: Elaboración Propia

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).

Cuadro N° 5.0: Variación porcentual crecimiento anual de población

| VARIACION PORCENTUAL CRECIMIENTO ANUAL DE POBLACIÓN | | |
|---|-------|-------|
| AÑO | JUNÍN | LIMA |
| 2003 | 1.10% | 1.70% |
| 2004 | 1.10% | 1.70% |
| 2005 | 1.10% | 1.70% |
| 2006 | 1.10% | 1.70% |
| 2007 | 1.10% | 1.70% |
| 2008 | 1.10% | 1.70% |
| 2009 | 1.10% | 1.70% |

Fuente: Elaboración Propia

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° 6.0: Variación porcentual crecimiento PBI

| VARIACION PORCENTUAL CRECIMIENTO DE PBI | | |
|---|-------|-------|
| AÑO | JUNÍN | LIMA |
| 2003 | 5.40% | 5.30% |
| 2004 | 5.30% | 5.20% |
| 2005 | 4.30% | 4.10% |
| 2006 | 4.40% | 4.20% |
| 2007 | 4.40% | 4.30% |
| 2008 | 4.40% | 4.30% |
| 2009 | 4.40% | 4.20% |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 7.0: Cuadro resumen tasas de proyección de tráfico, tipo de transporte

| TASAS DE PROYECCION DE TRAFICO / TIPO DE TRANSPORTE | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| PERIODO | TRANSPORTE LIVIANO | TRANSPORTE PÚBLICO | TRANSPORTE DE CARGA |
| 2010-2011 | 2.60% | 1.40% | 4.60% |
| 2010-2012 | 2.60% | 1.40% | 4.60% |
| 2010-2013 | 2.60% | 1.40% | 4.60% |

Fuente: Elaboración Propia

6.2 DEMANDA ACTUAL

La demanda 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, se ha considerado el conteo de vehículos realizado por ICCGSA en junio del 2009, y verificado y corregido por la UNI en diciembre del año 2009. (Ver cuadro N° 8.0).

Cuadro N° 8.0: Estudio de tráfico por estaciones de control - año 2009

| ESTUDIO DE TRÁFICO 2009 | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día) | | | | | | | | | |
| Tramo | Cañete-Lunahuana | Lunahuana-Pacarán | Pacarán-Zúñiga | Zúñiga-Catahuasi | Catahuasi-Capilluca | Capilluca-Dv. Yauyos | Dv. Yauyos-Colpa | Colpa-Huarisca | Huarisca-Chupaca |
| Tipo Vehículo | E1⁽¹⁾ | E2⁽²⁾ | E3⁽¹⁾ | E4⁽²⁾ | E5⁽²⁾ | E6⁽²⁾ | E7⁽¹⁾ | E8⁽²⁾ | E9⁽²⁾ |
| VL (Auto+SW+Camioneta) | 750 | 212 | 230 | 159 | 94 | 47 | 208 | 432 | 638 |
| Camta Rural | 406 | 136 | 143 | 86 | 37 | 16 | 22 | 59 | 65 |
| Microbus | 149 | 7 | 27 | 11 | 4 | 0 | 2 | 14 | 10 |
| Ómnibus | 32 | 16 | 13 | 11 | 10 | 10 | 4 | 8 | 13 |
| Camión Unitario (2,3,4 Ejes) | 103 | 77 | 82 | 53 | 40 | 23 | 41 | 76 | 76 |
| Camión Acoplado | 37 | 5 | 25 | 5 | 0 | 0 | 28 | 27 | 31 |
| IMDa (Veh/día) 2009 | 1477 | 453 | 520 | 325 | 185 | 96 | 305 | 616 | 823 |

Fuente: Estación ⁽¹⁾ Estudio Tráfico - ICCGSA - junio 2009, Estación ⁽²⁾ Estudio Tráfico - UNI - diciembre 2009

6.3 DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda de tráfico se ha tomado las tasas de proyección de tráfico indicadas en el cuadro N° 7.0.

Cabe indicar que para las proyecciones de tráfico de cada uno de los cinco (05) sectores se ha tomado en cuenta el estudio de tráfico del cuadro N° 8.0 asignándole el IMD mayor de cada estación (situación más crítica), según su ubicación, a cada tramo sectorizado. (Ver cuadro N° 9.0, cuadro N° 10.0, cuadro N° 11.0, cuadro N° 12.0)

Cuadro N° 9.0: Tráfico proyectado por sectores - año 2010

| TRÁFICO PROYECTADO - PERIODO 2010 | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día) | | | | | |
| Tramo | Cañete-Lunahuana | Pacarán-Zúñiga | Catahuasi-Capilluca | Dv. Yauyos-Colpa | Huarisca-Chupaca |
| Tipo Vehículo | E1⁽¹⁾ | E 3⁽¹⁾ | E5⁽²⁾ | E7⁽¹⁾ | E9⁽²⁾ |
| Sector | Sector 1 | Sector 2 | Sector 3 | Sector 4 | Sector 5 |
| VL (Auto+SW+Camioneta) | 769 | 235 | 96 | 213 | 654 |
| Camta Rural | 416 | 146 | 37 | 22 | 66 |
| Microbus | 151 | 27 | 4 | 2 | 10 |
| Ómnibus | 32 | 13 | 10 | 4 | 13 |
| Camión Unitario (2,3,4 Ejes) | 107 | 85 | 41 | 42 | 79 |
| Camión Acoplado | 38 | 26 | 0 | 29 | 32 |
| IMDa (Veh/día) 2010 | 1513 | 532 | 188 | 312 | 854 |
| IMDa (Veh/día) 2009 | 1477 | 520 | 185 | 305 | 823 |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 10.0: Tráfico proyectado por sectores - año 2011

| TRÁFICO PROYECTADO - PERIODO 2011 | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día) | | | | | |
| Tramo | Cañete-Lunahuana | Pacarán-Zúñiga | Catahuasi-Capilluca | Dv. Yauyos-Colpa | Huarisca-Chupaca |
| Tipo Vehículo | E1⁽¹⁾ | E 3⁽¹⁾ | E5⁽²⁾ | E7⁽¹⁾ | E9⁽²⁾ |
| Sector | Sector 1 | Sector 2 | Sector 3 | Sector 4 | Sector 5 |
| VL (Auto+SW+Camioneta) | 788 | 241 | 98 | 218 | 671 |
| Camta Rural | 426 | 149 | 37 | 22 | 67 |
| Microbus | 153 | 27 | 4 | 2 | 10 |
| Ómnibus | 32 | 13 | 10 | 4 | 13 |
| Camión Unitario (2,3,4 Ejes) | 111 | 88 | 42 | 43 | 82 |
| Camión Acoplado | 39 | 27 | 0 | 30 | 33 |
| IMDa (Veh/día) 2011 | 1549 | 545 | 191 | 319 | 876 |
| IMDa (Veh/día) 2010 | 1513 | 532 | 188 | 312 | 854 |
| IMDa (Veh/día) 2009 | 1477 | 520 | 185 | | 823 |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 11.0: Tráfico proyectado por sectores - año 2012

| TRÁFICO PROYECTADO - PERIODO 2012 | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día) | | | | | |
| Tramo | Cañete-Lunahuana | Pacarán-Zúñiga | Catahuasi-Capilluca | Dv. Yauyos-Colpa | Huarisca-Chupaca |
| Tipo Vehículo | E1⁽¹⁾ | E 3⁽¹⁾ | E5⁽²⁾ | E7⁽¹⁾ | E9⁽²⁾ |
| Sector | Sector 1 | Sector 2 | Sector 3 | Sector 4 | Sector 5 |
| VL (Auto+SW+Camioneta) | 808 | 247 | 100 | 223 | 688 |
| Camta Rural | 437 | 152 | 37 | 22 | 68 |
| Microbus | 155 | 27 | 4 | 2 | 10 |
| Ómnibus | 32 | 13 | 10 | 4 | 13 |
| Camión Unitario (2,3,4 Ejes) | 116 | 92 | 43 | 44 | 85 |
| Camión Acoplado | 40 | 28 | 0 | 31 | 34 |
| IMDa (Veh/día) 2012 | 1588 | 559 | 194 | 326 | 898 |
| IMDa (Veh/día) 2011 | 1549 | 545 | 191 | 319 | 876 |
| IMDa (Veh/día) 2010 | 1513 | 532 | 188 | 312 | 854 |
| IMDa (Veh/día) 2009 | 1477 | 520 | 185 | | 823 |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 12.0: Tráfico proyectado por sectores - año 2013

| TRÁFICO PROYECTADO - PERIODO 2013 | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día) | | | | | |
| Tramo | Cañete-Lunahuana | Pacarán-Zúñiga | Catahuasi-Capilluca | Dv. Yauyos-Colpa | Huarisca-Chupaca |
| Tipo Vehículo | E1⁽¹⁾ | E 3⁽¹⁾ | E5⁽²⁾ | E7⁽¹⁾ | E9⁽²⁾ |
| Sector | Sector 1 | Sector 2 | Sector 3 | Sector 4 | Sector 5 |
| VL (Auto+SW+Camioneta) | 829 | 253 | 102 | 228 | 705 |
| Camta Rural | 448 | 155 | 37 | 22 | 69 |
| Microbus | 157 | 27 | 4 | 2 | 10 |
| Ómnibus | 32 | 13 | 10 | 4 | 13 |
| Camión Unitario (2,3,4 Ejes) | 121 | 96 | 44 | 46 | 88 |
| Camión Acoplado | 41 | 29 | 0 | 32 | 35 |
| IMDa (Veh/día) 2013 | 1628 | 573 | 197 | 334 | 920 |
| IMDa (Veh/día) 2012 | 1588 | 559 | 194 | 326 | 898 |
| IMDa (Veh/día) 2011 | 1549 | 545 | 191 | 319 | 876 |
| IMDa (Veh/día) 2010 | 1513 | 532 | 188 | 312 | 854 |
| IMDa (Veh/día) 2009 | 1477 | 520 | 185 | | 823 |

Fuente: Elaboración Propia

7.0 EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1 COSTOS

Se han determinado los costos de mantenimiento periódico teniendo en cuenta solo dos tramos como representativos de los cinco sectorizados existente en la carretera, se asumió estos dos tramos porque son los más críticos (estado actual y longitud de la superficie de rodadura y clima que lo afecta), y además porque sobre ellos se va a realizar las actividades de mantenimiento periódico.

Los presupuestos posteriormente mencionados han sido elaborados teniendo como referencia las partidas básicas que constituyen un mantenimiento periódico, los que se encuentran en los Terminos de Referencia de Conservacion Vial.

A continuación se muestra un cuadro resumen de costo por kilometro de mantenimiento periódico con los tratamientos superficiales propuestos como alternativas de solución.

Cuadro N° 13.0: Cuadro resumen costos por kilometro en actividades de conservación periódica

| SECTOR DE CARRETERA | COSTO/KM | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | MONOCAPA | TSB | SLURRY SEAL |
| CATAHUASI - TINCO YAURICOCHA | S/. 78,731.94 | - | - |
| TINCO YAURICOCHA - SAN JOSE DE QUERO | - | S/. 89,475.60 | S/. 93,263.28 |

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de mantenimiento rutinario para nuestra sectorización se han obtenido realizando un promedio ponderado teniendo en cuenta el tramo, longitud y costo (del contrato MTC – CGC) al que corresponde el sector analizado. El cuadro siguiente muestra los montos.

Cuadro N° 14.0: Costos de actividades conservación rutinaria por Km - año

| COSTOS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO | | | |
|--------------------------------------|----------------|--|---|
| TRAMOS | LONGITUD Km | COSTOS MANTENIMIENTO RUTINARIO (S/.) Km/año | COSTOS TOTAL MANTENIMIENTO RUTINARIO (POR AÑO) |
| CAÑETE-PACARÁN | 52.85 | S/. 15,582.92 | S/. 823,557.27 |
| PACARÁN-CATAHUASI | 24.14 | S/. 24,544.51 | S/. 592,578.03 |
| CATAHUASI-TINCO (YAURICOCHA) | 104.68 | S/. 24,989.30 | S/. 2,615,879.85 |
| TINCO (YAURICOCHA)-SAN JOSE DE QUERO | 47.62 | S/. 24,876.89 | S/. 1,184,637.50 |
| SAN JOSE DE QUERO-CHUPACA | 25.89 | S/. 25,021.74 | S/. 647,687.68 |

Fuente: Elaboracion Propia.

Los costos totales se determinan sumando los costos de conservación (periódica mas rutinaria). (Ver cuadro N° 15.0, cuadro N° 16.0, cuadro N° 17.0).

Cuadro N° 15.0: Costos de Conservación alternativa N°1

| ALTERNATIVA N° 1 | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|--|--|
| TRAMOS | LONGITUD (Km) | MANTENIMIENTO PERIODICO (S/) | MANTENIMIENTO RUTINARIO (3 AÑOS) (S/) | DESCRIPCION |
| CAÑETE-PACARÁN | 52.85 | - | 2,470,672 | Mantenimiento Rutinario en Vía Asfaltada y TSB. |
| PACARÁN-CATAHUASI | 24.14 | - | 1,777,734 | Mantenimiento Rutinario en vía de Slarry Seal. |
| CATAHUASI-TINCO (YAURICOCHA) | 104.68 | - | 7,847,640 | Mantenimiento Rutinario en Vía de Monocapa. |
| TINCO (YAURICOCHA)-SAN JOSE DE QUERO | 47.62 | 4,260,828 | 3,553,913 | Mant. Periodico utilizando TSB - Mant. Rutinario en vía |
| SAN JOSE DE QUERO-CHUPACA | 25.89 | 2,037,976 | 1,943,063 | Mant. Periodico utilizando Monocapa - Mant. Rutinario en vía |
| | | S/. 6,298,804 | S/. 17,593,021 | |
| | | TOTAL | S/. 23,891,825 | |
| | | ALTERNATIVA N°1 | | |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 16.0: Costos de Conservación alternativa N°2

| ALTERNATIVA N° 2 | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|--|--|
| TRAMOS | LONGITUD (Km) | MANTENIMIENTO PERIODICO (S/) | MANTENIMIENTO RUTINARIO (3 AÑOS) (S/) | DESCRIPCION |
| CAÑETE-PACARÁN | 52.85 | - | 2,470,672 | Mantenimiento Rutinario en Vía Asfaltada y TSB. |
| PACARÁN-CATAHUASI | 24.14 | - | 1,777,734 | Mantenimiento Rutinario en vía de Slurry Seal. |
| CATAHUASI-TINCO (YAURICOCHA) | 104.68 | 8,241,659 | 7,847,640 | Mant. Periodico utilizando Monocapa - Mant. Rutinario en vía |
| TINCO (YAURICOCHA)-SAN JOSE DE QUERO | 47.62 | 4,441,197 | 3,553,913 | Mant. Periodico utilizando Slurry Seal - Mant. Rutinario en vía |
| SAN JOSE DE QUERO-CHUPACA | 25.89 | 3,969,272 | 1,943,063 | Mant. Periodico utilizando Monocapa + Slurry Seal - Mant. Rutinario en vía |
| | | S/. 16,652,129 | S/. 17,593,021 | |
| | | TOTAL ALTERNATIVA N°2 | S/. 34,245,150 | |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 17.: Costos de Conservación alternativa N°3

| ALTERNATIVA N° 3 | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|--|--|
| TRAMOS | LONGITUD (Km) | MANTENIMIENTO PERIODICO (S/) | MANTENIMIENTO RUTINARIO (3 AÑOS) (S/) | DESCRIPCION |
| CAÑETE-PACARÁN | 52.85 | - | 2,470,672 | Mantenimiento Rutinario en Vía Asfaltada y TSB. |
| PACARÁN-CATAHUASI | 24.14 | - | 1,777,734 | Mantenimiento Rutinario en vía de Slarry Seal. |
| CATAHUASI-TINCO (YAURICOCHA) | 104.68 | - | 7,847,640 | Mant. Rutinario en vía de Monocapa - Mant. Rutinario en vía |
| TINCO (YAURICOCHA)-SAN JOSE DE QUERO | 47.62 | 7,302,173 | 3,553,913 | Mant. Periodico utilizando Monocapa + Slurry Seal - Mant. Rutinario en vía |
| SAN JOSE DE QUERO-CHUPACA | 25.89 | 2,414,120 | 1,943,063 | Mant. Periodico utilizando Slurry Seal - Mant. Rutinario en vía |
| | | S/. 9,716,293 | S/. 17,593,021 | |
| | | TOTAL ALTERNATIVA N°3 | S/. 27,309,314 | |

Fuente: Elaboración propia

7.2 BENEFICIOS

Cada uno de los cinco (05) sectores de la tres alternativas de solución propuestas del presente proyecto vial generan una serie de beneficios, en este caso se van a determinar los beneficios directos o beneficios cuantificables.

Los principales beneficios directos que se considera, son los siguientes:

Beneficios por ahorro de Costo de Operación Vehicular (COV).

Beneficios por ahorro de Tiempo de Viaje de los Usuarios.

Beneficios por ahorro de Costo de Mantenimiento

7.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Para la determinación la mejor alternativa propuesta, se ha considerado conveniente calcular los indicadores de rentabilidad social, tales como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El analisis consisten en comparar los flujos de beneficios y costos de la situación con proyecto (de las tres alternativas), con los correspondientes a la situación base (sin proyecto optimizada), llevándolo a un valor actual utilizando la Tasa Social de Descuento (TSD = 11%) que es la tasa que utiliza el Estado para los proyectos de carreteras.

Para el Estado los costos de mantenimiento aplicables son los costos de mantenimiento invertido por el contratista multiplicado por el Factor Económico de Conversión (FEC = 0.75).

Un proyecto se dice que es rentable cuando $VAN > 0$ y $TIR > TSD$.

TSD : La tasa social de descuento es utilizada en la actualización de flujos económicos del proyecto y refleja el costo social del capital invertido por el Gobierno.

En los cuadros N° 18.0, 19.0, 20.0 se aprecian los indicadores de rentabilidad de cada alternativa.

Cuadro N° 18.0: Ahorros de Costos, Beneficios, VAN y TIR alternativa N°1

| Año | ALTERNATIVA N°1 | | | |
|-----------|-------------------------|--------------------------|---|-------------------------|
| | Ahorro por Costos Mant. | Ahorro por reducción COV | Ahorro por reducción de Tiempo de Viaje | Flujo Neto del Proyecto |
| 2010-2011 | -2,959,272 | 0 | 0 | -2,959,272 |
| 2011-2012 | 1,765,126 | 29,174,014 | 4,468,431 | 35,407,572 |
| 2012-2013 | 1,765,126 | 31,140,564 | 4,530,989 | 37,436,679 |

| | |
|------------------|-------------------|
| VAN (S/.) | 43,787,558 |
| TIR (%) | 11.94% |

FUENTE: Elaboración Propia

Cuadro N° 19.0: Ahorros de Costos, Beneficios, VAN y TIR alternativa N°2

| Año | ALTERNATIVA N°2 | | | |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | Ahorro por Costos Mant. | Ahorro por reducción COV | Ahorro por reducción de Tiempo | Flujo Neto del Proyecto |
| 2010-2011 | -14,074,614 | 0.00 | 0.00 | -14,074,614 |
| 2011-2012 | 1,765,126 | 21,225,904.03 | 4,455,418.18 | 27,446,448 |
| 2012-2013 | 1,765,126 | 34,891,506.12 | 4,517,794.03 | 41,174,426 |

| | |
|------------------|-------------------|
| VAN (S/.) | 32,074,178 |
| TIR (%) | 1.94% |

FUENTE: Elaboración Propia

Cuadro N° 20.0: Ahorros de Costos, Beneficios, VAN y TIR alternativa N°3

| Año | ALTERNATIVA N°3 | | | |
|-----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Ahorro por Costos Mant. | Ahorro por reducción COV | Ahorro por reducción de | Flujo Neto del Proyecto |
| 2010-2011 | -8,872,504 | 0.00 | 0.00 | -8,872,504 |
| 2011-2012 | 1,765,126 | 21,917,196.10 | 4,460,496.62 | 28,142,819 |
| 2012-2013 | 1,765,126 | 35,701,741.84 | 4,522,943.57 | 41,989,811 |

| | |
|------------------|-------------------|
| VAN (S/.) | 37,029,837 |
| TIR (%) | 3.28% |

FUENTE: Elaboración Propia

Analizando cada alternativa se concluye que la alternativa N°1 es la que tiene los mejores indicadores económicos, siendo la más rentable VAN (S/.)=43,787.558 y un TIR (%) =11.94. (Ver cuadros N° 21.0 y N° 22.0).

Cuadro N° 21.0: Indicadores de rentabilidad por alternativa

| ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | INDICADORES DE RENTABILIDAD | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|
| | VAN (S/.) | TIR (%) |
| Alternativa N°1 | 43,787.56 | 11.94 |
| Alternativa N°2 | 32,074.18 | 1.94 |
| Alternativa N°3 | 37,029.84 | 3.28 |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 22.0: Alternativa N°1, alternativa elegida

| TRAMO | INICIO | FIN | (Km) | ALTERNATIVA ELEGIDA |
|----------|-----------|-----------|---------|---------------------------------------|
| 1 | CAÑETE | PACARÁN | 52.807 | Mant. Rutinario en C.A. |
| 2 | PACARÁN | CATAHUASI | 24.143 | Mant. Rutinario en SLURRY SEAL |
| 3 | CATAHUASI | TINCO | 104.680 | Mant. Periódico MONOCAPA |
| 4 | TINCO | SAN JOSÉ | 47.620 | Mant. Periódico BICAPA |
| 5 | SAN JOSÉ | CHUPACA | 42.426 | Mant. Periódico MONOCAPA |

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO B

CAP I – GENERALIDADES

CAP III – MARCO TEORICO

CAP IV – APLICACIÓN AL TRAMO

Fotografía N° 1.03



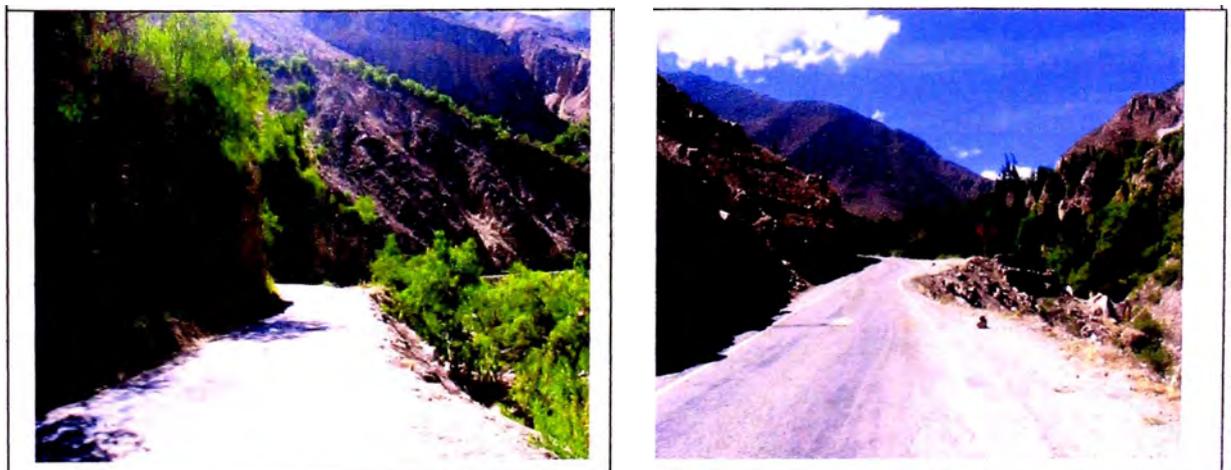
Zona de taludes con material suelto y roca, existe posibilidad de deslizamiento.

Fotografía N° 1.04



Zonas donde existe asentamiento en la plataforma de la vía, falta reforzamiento.

Fotografía N° 1.05



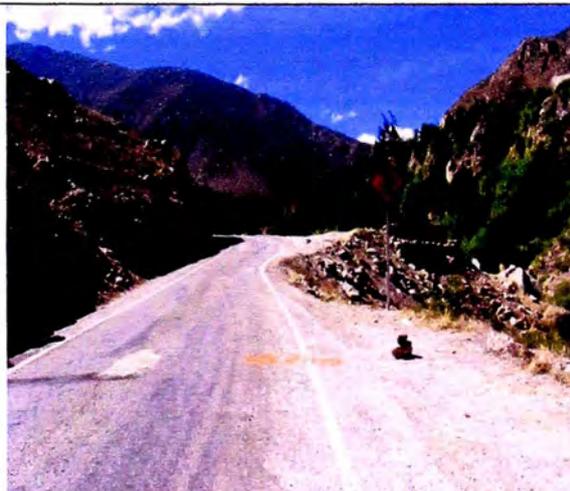
Existencia de curvas cerradas, peligro de accidente de tránsito.

Fotografía N° 1.06



Obras de drenaje, cunetas a base de tierra y tres 03 alcantarillas de tubería metálica corrugada (TMC) en buen estado.

Fotografía N° 1.07



Presencia de señales verticales preventivas y de señales horizontales de pavimento en buenas condiciones.

CAMBIO DE ESTANDAR REALIZADO POR EL C.G.C. EN EL TRAMO.



Fotografía N° 1.08: Conformación de afirmado estabilizado con riego de emulsión.



Fotografía N° 1.09: Superficie de Plataforma luego de ser compactada.



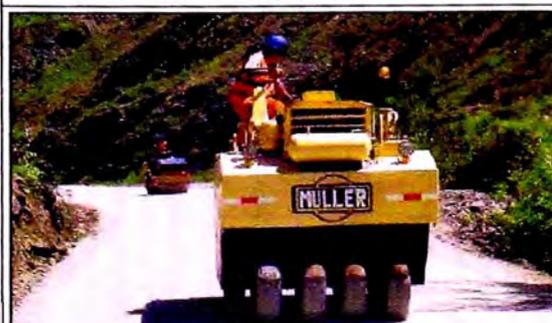
Fotografía N° 1.10: Producción de gravilla de 3/8" para monocapa.



Fotografía N° 1.11: Aplicación de RC 250 para riego de liga para el monocapa.



Fotografía N° 1.12: Colocación del T.S. monocapa con esparcidora.



Fotografía N° 1.13: Compactado del monocapa con rodillo de neumáticos.



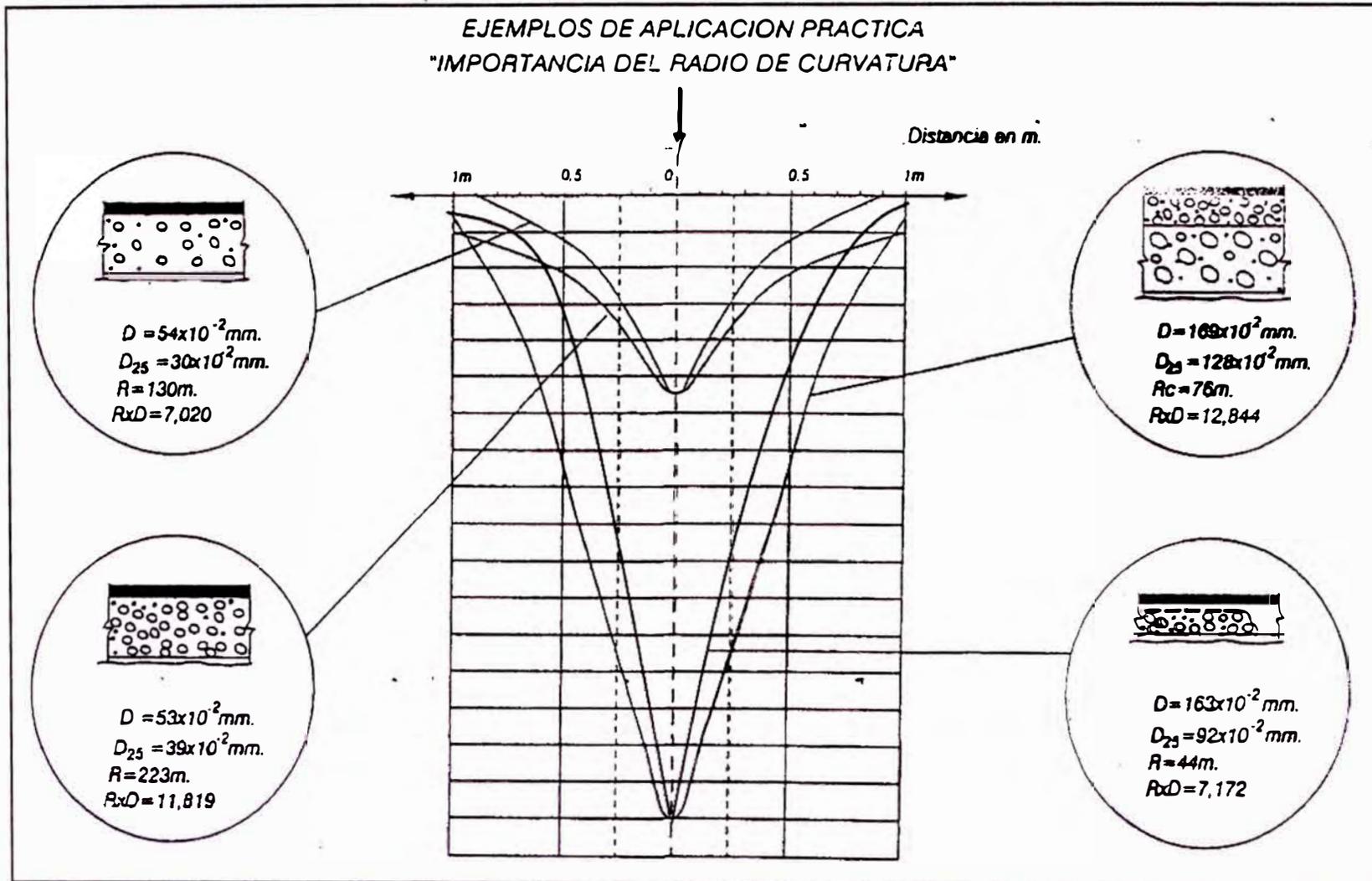
Fotografía N° 1.14: Tramo con monocapa terminado.

Figura N° 3.04: Casos típicos para la evaluación de la estructura del pavimento

| DEFLECTOMETRIA | ESTADO VISUAL | ESTADO ESTRUCTURA | RECOMENDACIÓN |
|---|---|---|---|
| La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son elevados o aceptables (en relación a la estructura). $D_c > D_{adm}$ | No hay fallas de origen estructural. | Estructura infradiseñada, pero 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..... 1º CASO |
| | Hay fallas de origen estructural generalizadas. | | Hay acuerdo entre todas las variables. <u>a) Las deflexiones son empleadas para el cálculo de refuerzo.</u> b) Para deflexiones muy fuertes analizar económicamente reconstrucción. Verificar refuerzo con métodos de diseño..... 2º CASO |
| La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son pequeños (aún para deflexiones reducidas). $D_c > D_a$ | | Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas (Relación entre módulos de elasticidad menor de 1). | Se trata de neutralizar el efecto de la capa que falla, ya sea por reconstrucción parcial, o refuerzo. <u>No es conveniente emplear la deflexión ya que puede no ser representativa</u> 3º CASO |
| La deflexión característica es inferior a la admisible. Los radios de curvatura son reducidos. $D_c < D_a$ | 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). <u>De ninguna manera se pueden considerar las deflexiones para el proyecto: emplear métodos de diseño</u> 3º CASO |
| La deflexión característica es inferior a la admisible. $D_c < D_a$ | Hay fallas de origen estructural: deformaciones permanentes de la fundación. | Estructura degradada no adecuada para la fundación. | Evaluar aporte estructural de la calzada existente (reconstrucción o refuerzo). <u>La deflexión no es representativa</u> 4º CASO |
| | 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.... 5º CASO |

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial

Figura N° 3.05: Ejemplos de aplicación práctica e importancia del radio de curvatura



Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial

Cuadro N° 4.03: Deflexiones corregidas por temperatura y estacionalidad

| DEFLEXIONES CORREGIDAS POR TEMPERATURA Y ESTACIONALIDAD | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|--|-------------------|--------------|--------------------|-----------|---|---|--|---|--|
| CARRETERA: CAÑETE - Dv. YAUYOS - CHUPACA | | | | | | | | | | | | |
| Sector : Km 112+000 - Km 114+000 | | | | | | | | Relación de brazo largo : 4.13:1 | | | | |
| Carril : Izquierdo | | | | | | | | Relación de brazo corto : 4.05:1 | | | | |
| Capa : Tratamiento superficial Monocapa | | | | | | | | Fecha : 22/05/2010 | | | | |
| Progresiva (km) | Lecturas de campo (10 ⁻² mm) | | Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm) | | Espesor (mm) | Ahuellamiento (mm) | Temp (°C) | Factor de corrección por estacionalidad | RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS | | | |
| | Brazo Corto | Brazo Largo | D _{25max} | D _{0max} | | | | | Deflexiones Corregidas por Temperatura | | Deflexiones Corregidas por Estacionalidad | |
| | L _{25max} | L _{0max} | | | | | | | D _{25maxT} × 10 ⁻² mm | D _{0maxT} × 10 ⁻² mm | D _{25maxE} × 10 ⁻² mm | D _{0maxE} × 10 ⁻² mm |
| 112+000 | 12.00 | 20.00 | 48.60 | 82.60 | 11 | 6 | 39.8 | 1.1 | 47.56 | 80.84 | 52.32 | 88.92 |
| 112+200 | 19.00 | 25.00 | 78.47 | 103.25 | 8 | 4 | 40.4 | 1.1 | 77.21 | 101.59 | 84.93 | 111.75 |
| 112+400 | 13.00 | 21.00 | 53.69 | 86.73 | 11 | 3 | 41.2 | 1.1 | 52.47 | 84.75 | 57.71 | 93.23 |
| 112+600 | 15.00 | 21.00 | 61.95 | 86.73 | 7 | 5 | 40.8 | 1.1 | 61.06 | 85.49 | 67.17 | 94.03 |
| 112+800 | 11.00 | 20.00 | 45.43 | 82.60 | 8 | 6 | 39.7 | 1.1 | 44.73 | 81.32 | 49.20 | 89.45 |
| 113+000 | 18.00 | 24.00 | 74.34 | 99.12 | 14 | 2 | 40.6 | 1.1 | 72.26 | 96.34 | 79.48 | 105.98 |
| 113+200 | 12.00 | 19.00 | 49.56 | 78.47 | 9 | 3 | 39.6 | 1.1 | 48.70 | 77.11 | 53.57 | 84.82 |
| 113+400 | 2.00 | 4.00 | 8.26 | 16.52 | 6 | 6 | 41.8 | 1.1 | 8.15 | 16.31 | 8.97 | 17.94 |
| 113+600 | 2.00 | 4.00 | 8.26 | 16.52 | 8 | 5 | 42.2 | 1.1 | 8.12 | 16.23 | 8.93 | 17.85 |
| 113+800 | 7.00 | 12.00 | 28.91 | 49.56 | 8 | 4 | 41.6 | 1.1 | 28.42 | 48.72 | 31.26 | 53.59 |
| 114+000 | 5.00 | 10.00 | 20.65 | 41.30 | 2 | 8 | 41.5 | 1.1 | 20.56 | 41.12 | 22.62 | 45.24 |

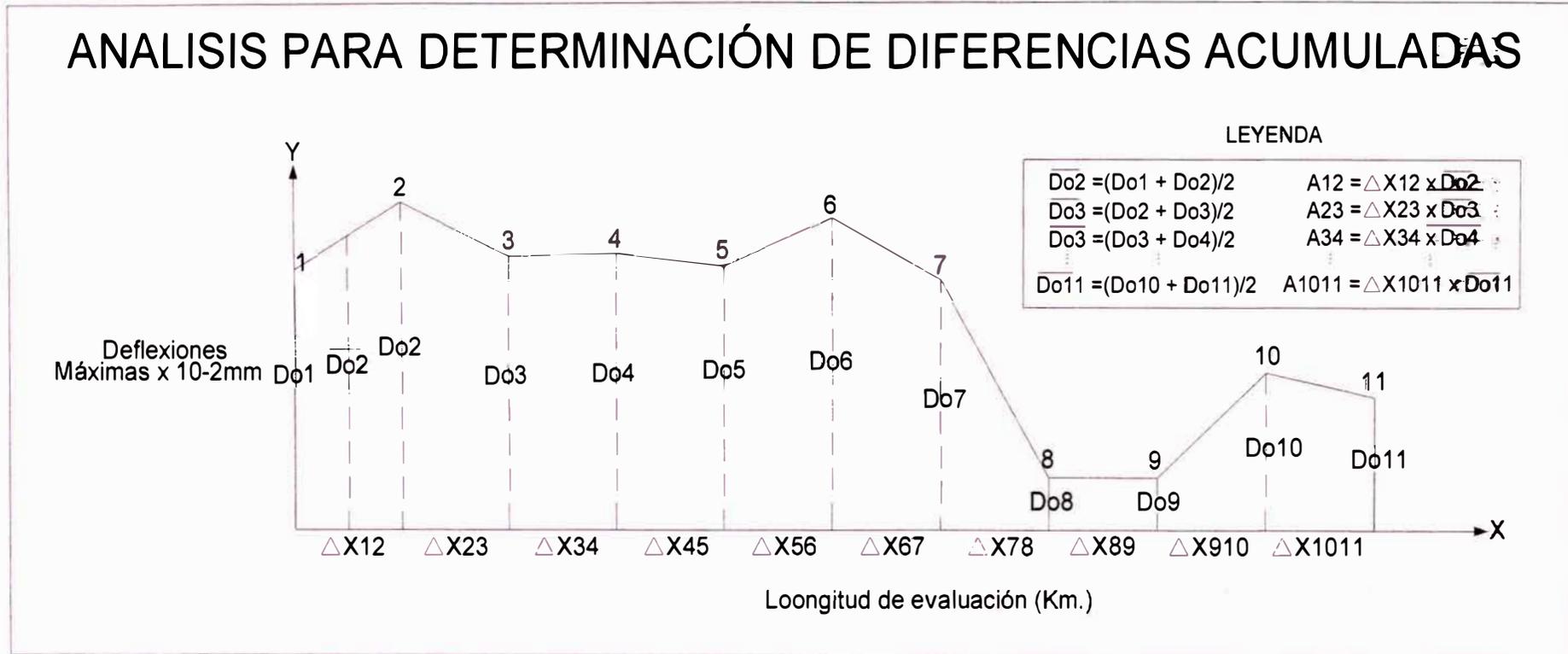
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4.10: Resultados de EAL, N₁₈ y Da

| Tramo Capillucas (Km. 96+445) - Dv. Yauyos (Km. 128+805) | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|
| Tipo de vehículo | Factor Equivalente de Carga (FEE) | IMD ₂₀₁₀ | Tasa de crecimiento (i%) | Proyección (Horizonte de Proyecto) | | | | | |
| | | | | n (años) | EAL ₂₀₁₁ | n (años) | EAL ₂₀₁₂ | n (años) | EAL ₂₀₁₃ |
| Micro | 4.504 | 0 | 1.4 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Ómnibus 2E | 4.504 | 10 | 1.4 | 1 | 16670 | 2 | 33573 | 3 | 50713 |
| Ómnibus 3E | 3.285 | 0 | 1.4 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Camión 2 Ejes | 4.504 | 17 | 4.6 | 1 | 27513 | 2 | 56292 | 3 | 86395 |
| Camión 3 Ejes | 3.285 | 7 | 4.6 | 1 | 8779 | 2 | 17962 | 3 | 27568 |
| Camión 4 Ejes | 2.283 | 0 | 4.6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Semitraylers | 6.523 | 0 | 4.6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Traylers | 10.980 | 0 | 4.6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Nota: N ₁₈ , número de repeticiones de ejes equivalentes a 18 klb u 8.2 Tn (en millones) | EAL | | | 5.30E+04 | | 1.08E+05 | | 1.65E+05 | |
| | N₁₈ | | | 0.053 | | 0.108 | | 0.165 | |
| | Da (x 10-2 mm) | | | 215.87 | | 180.71 | | 162.56 | |

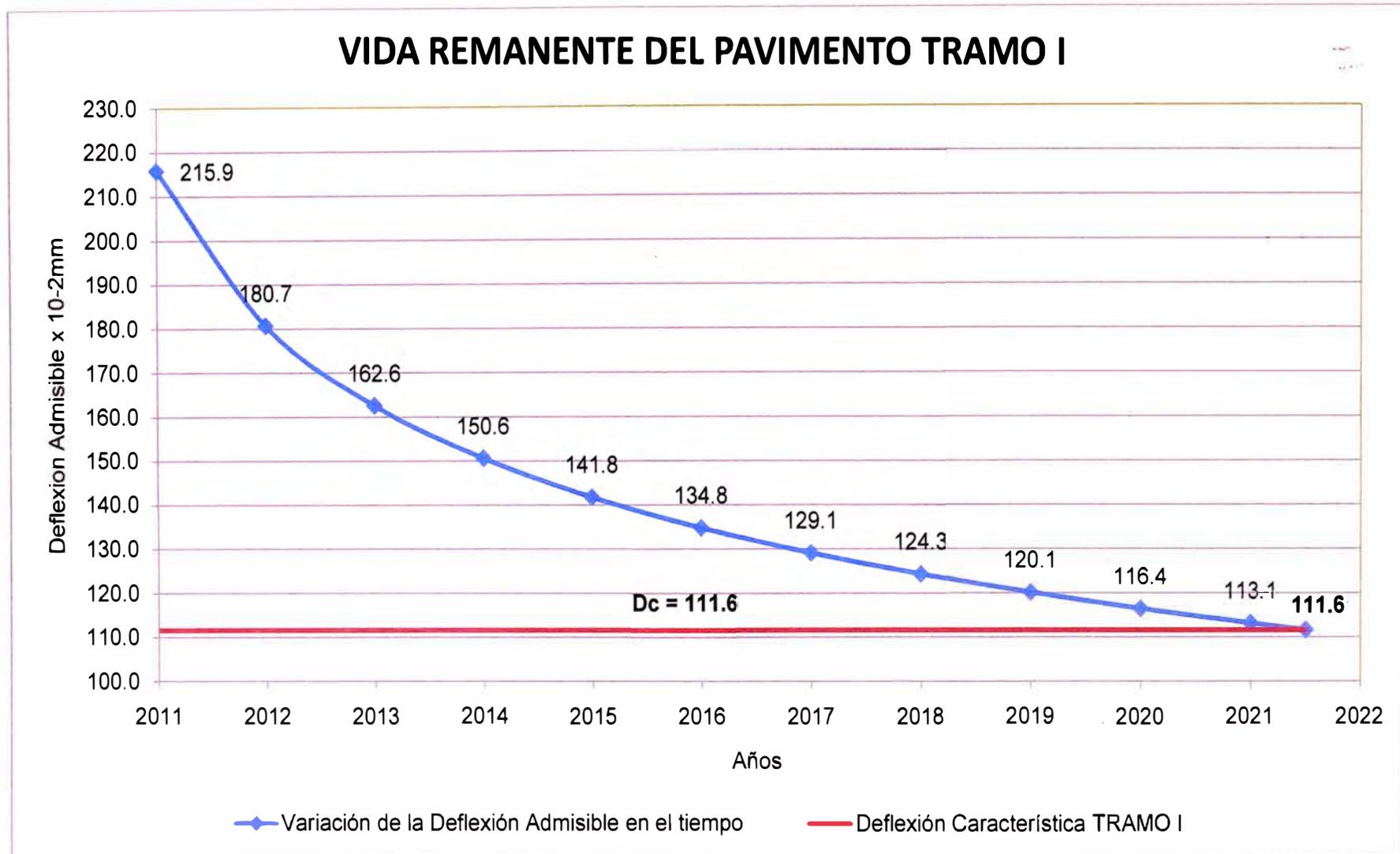
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 4.02: Análisis para la determinación de diferencias acumuladas



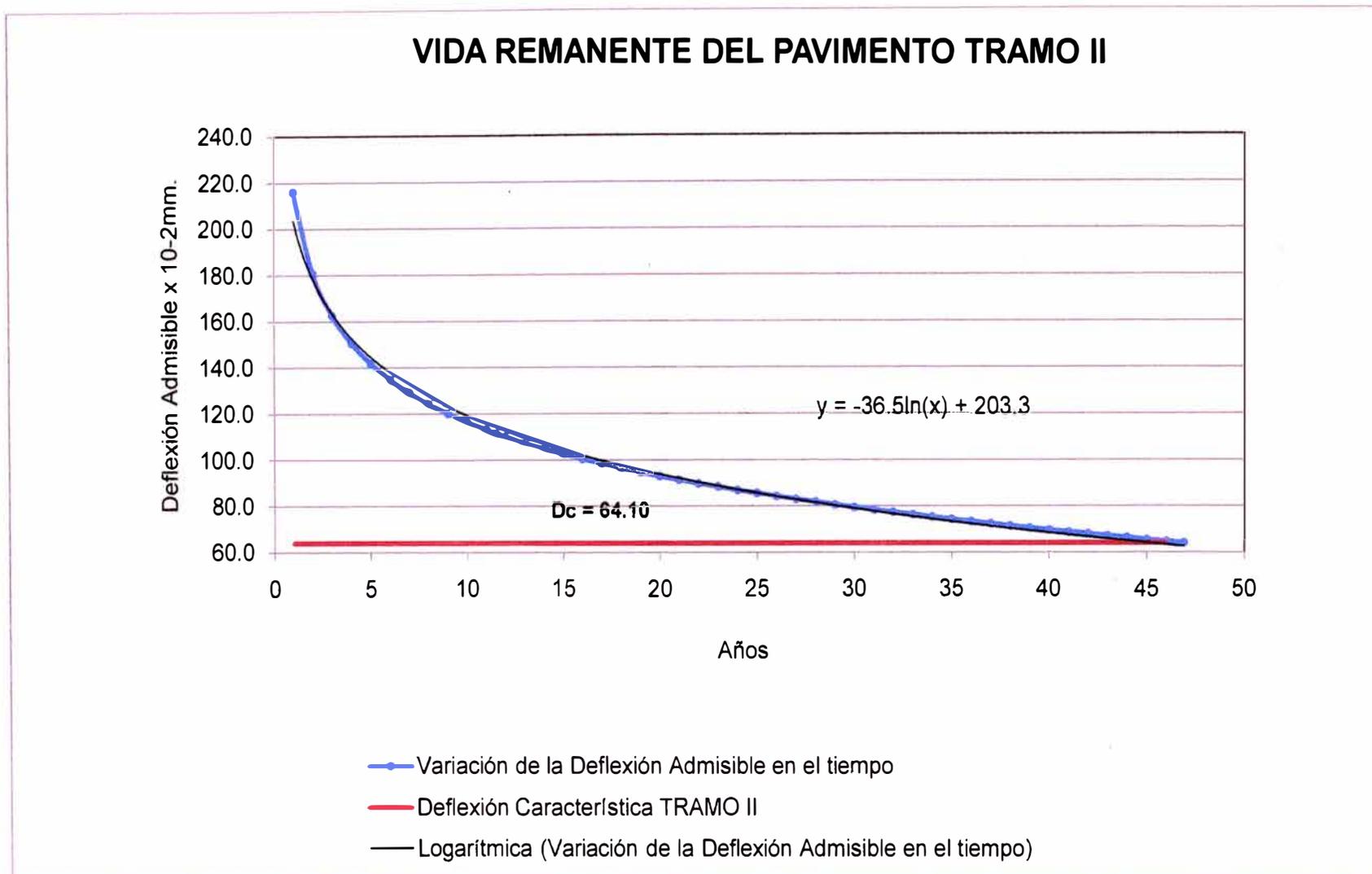
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 4.07: Vida remanente del pavimento tramo I



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 4.08: Vida remanente del pavimento tramo II



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO C

ESTUDIO DE SUELOS

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 " PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSERVACION VAL DE LA CARPETERA CAJETE - LUNAHUJIA - PACARAN - GRUPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

REALIZADO: G.H.M

REVISADO: E.M.H

MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE

FECHA: 15/06/2003

PROGRESIVA: 111+500.0

CALICATA L.DER

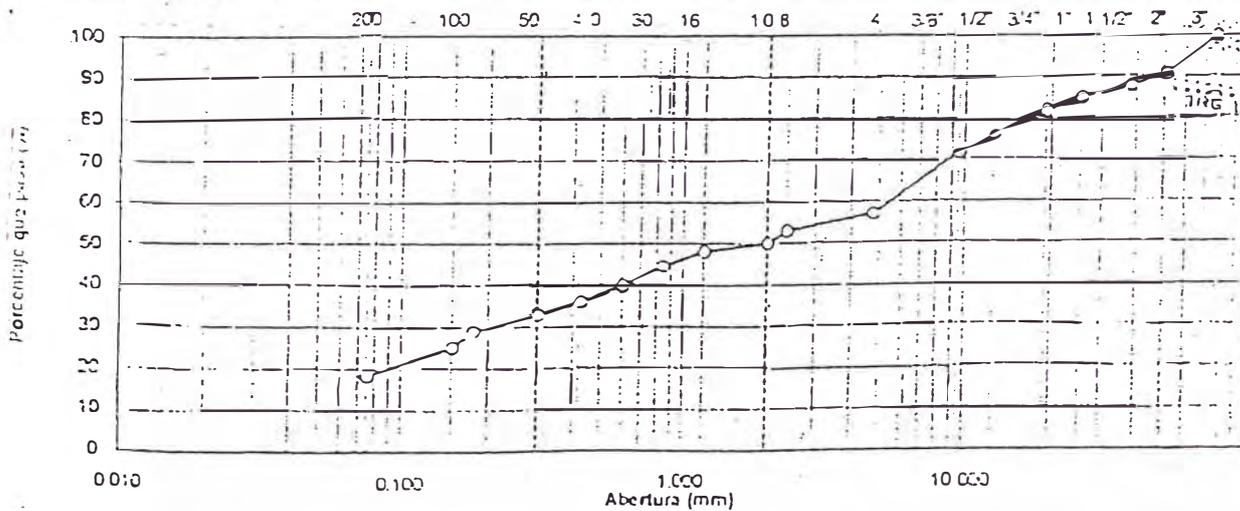
N° REGISTRO: G-055

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | | |
|-----------|-------------|-------------------|---|---------|
| CAJETA | C-35 | TAMAÑO MAXIMO | : | 3" |
| MUESTRA | M-01 | Peso Inicial seco | : | 10453 g |
| PR F. (m) | 0.00 - 1.50 | Peso lavado seco | : | 6386 g |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|
| 5" | 76.200 | | | | 100.0 | | Contenido de Humedad (%): 2.1 |
| 2" | 50.800 | 941 | 9.0 | 9.0 | 91.0 | | Límite Líquido (LL): 25 |
| 1 1/2" | 38.100 | 293 | 2.8 | 11.8 | 88.2 | | Límite Plástico (LP): 20 |
| 1" | 25.400 | 314 | 3.0 | 14.8 | 85.2 | | Índice Plástico (IP): 5 |
| 3/4" | 19.000 | 324 | 3.1 | 17.9 | 82.1 | | Clasificación (SUCS): GC - G.M |
| 1/2" | 12.500 | 544 | 5.2 | 23.1 | 76.9 | | Clasificación (AASHTO): A-1-5 |
| 3/5" | 9.500 | 512 | 4.9 | 28.0 | 72.0 | | Índice de Grupo: 0 |
| N° 4 | 4.750 | 1537 | 14.7 | 42.7 | 57.3 | | Descripción (AASHTO): BUENO |
| N° 8 | 2.360 | 62.6 | 4.2 | 46.9 | 53.1 | | Módulo de Fineza: |
| N° 10 | 2.000 | 44.7 | 3.0 | 49.9 | 50.1 | | Materia Orgánica: |
| N° 16 | 1.180 | 28.3 | 1.9 | 51.8 | 48.2 | | Turba: |
| N° 20 | 0.840 | 53.7 | 3.6 | 55.4 | 44.6 | | OBSERVACIONES: |
| N° 30 | 0.600 | 70.1 | 4.7 | 60.1 | 39.9 | | Bolometría > 3": 8.0 |
| N° 40 | 0.425 | 56.5 | 3.8 | 63.9 | 35.1 | | Grava 3" - N° 4: 42.7 |
| N° 50 | 0.300 | 44.7 | 3.0 | 65.9 | 33.1 | | Arena N° 4 - N° 200: 39.0 |
| N° 60 | 0.250 | 61.1 | 4.1 | 71.0 | 29.0 | | Finos < N° 200: 16.3 |
| N° 100 | 0.150 | 58.1 | 3.9 | 74.9 | 25.1 | | |
| N° 200 | 0.075 | 101.4 | 6.8 | 81.7 | 18.3 | | Fracción: 85.1 |
| < N° 200 | FONDO | 272.8 | 18.3 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



REVISADO POR: G.H.M
 GERENTE VAL

—○— MUESTRA

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

REALIZADO: G.H.M

REVISADO: E.M.H

MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE

FECHA: 19/06/2008

PROGRESIVA: 112+600.0

CALICATA LIZQ

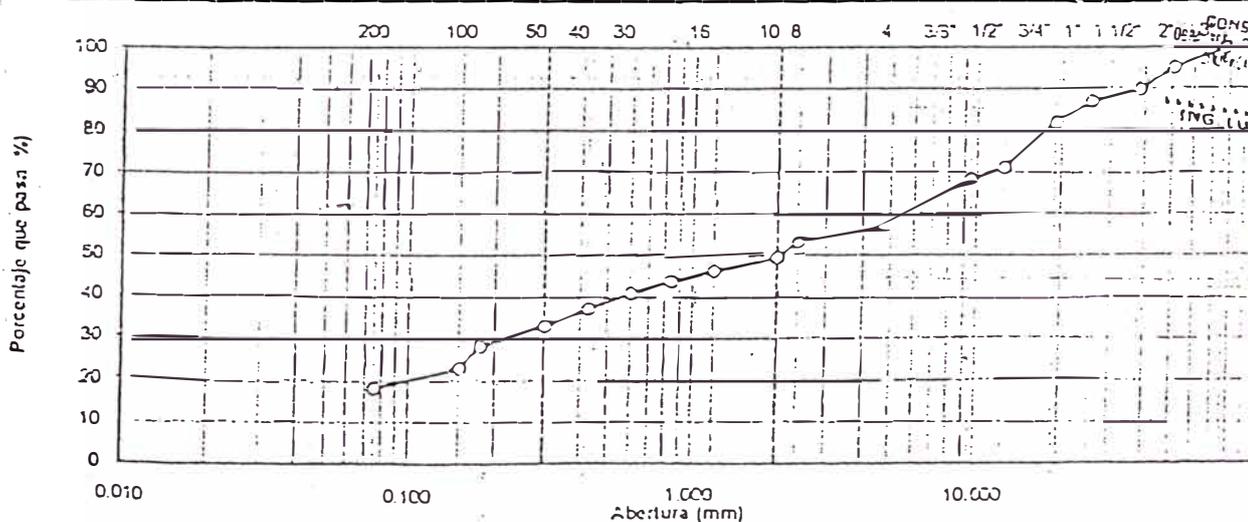
N° REGISTRO: G-066

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-56 TAMAÑO MÁXIMO : 3"
 MUESTRA M-01 Peso Inicial seco : 16723 g
 PROF. (m) 0.00 - 1.50 Peso lavado seco : 11589 g

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|-------------------------------|
| 3" | 75.200 | | | | 100.0 | | Contenido de Humedad (%): 3.4 |
| 2" | 50.800 | 785 | 4.7 | 4.7 | 95.3 | | Límite Líquido (LL): 24 |
| 1 1/2" | 38.100 | 870 | 5.2 | 9.9 | 90.1 | | Límite Plástico (LP): 19 |
| 1" | 25.400 | 485 | 2.9 | 12.8 | 87.2 | | Índice Plástico (IP): 5 |
| 3/4" | 19.000 | 653 | 5.1 | 17.9 | 82.1 | | Clasificación (SUCS): GC - GA |
| 1/2" | 12.500 | 1840 | 11.0 | 28.9 | 71.1 | | Clasificación (AASHTO): A-1-b |
| 3/8" | 9.500 | 468 | 2.8 | 31.7 | 68.3 | | Índice de Grupo: 0 |
| N° 4 | 4.750 | 1990 | 11.3 | 43.0 | 57.0 | | Descripción (AASHTO): BUENO |
| N° 8 | 2.360 | 65.3 | 3.9 | 46.9 | 53.1 | | Módulo de Finera: |
| N° 10 | 2.000 | 60.3 | 3.6 | 50.5 | 49.5 | | Materia Orgánica: |
| N° 16 | 1.190 | 53.6 | 3.2 | 53.7 | 46.3 | | Turba: |
| N° 20 | 0.840 | 40.2 | 2.4 | 56.1 | 43.9 | | OBSERVACIONES: |
| N° 30 | 0.600 | 46.9 | 2.8 | 58.9 | 41.1 | | Bolonería > 3": 2.0 |
| N° 40 | 0.425 | 65.3 | 3.9 | 62.8 | 37.2 | | Grava 3" - N° 4: 4.00 |
| N° 50 | 0.300 | 68.6 | 4.1 | 66.9 | 33.1 | | Arena N° 4 - N° 200: 35.7 |
| N° 80 | 0.177 | 78.7 | 4.7 | 71.6 | 28.4 | | Fines N° 200: 16.3 |
| N° 100 | 0.150 | 92.1 | 5.5 | 77.1 | 22.9 | | |
| N° 200 | 0.075 | 77.0 | 4.6 | 81.7 | 18.3 | | Fracción: 954.1 |
| < N° 200 | FONDO | 305.1 | 18.3 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



—○— MUESTRA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

303

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LA BORATORIOMECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

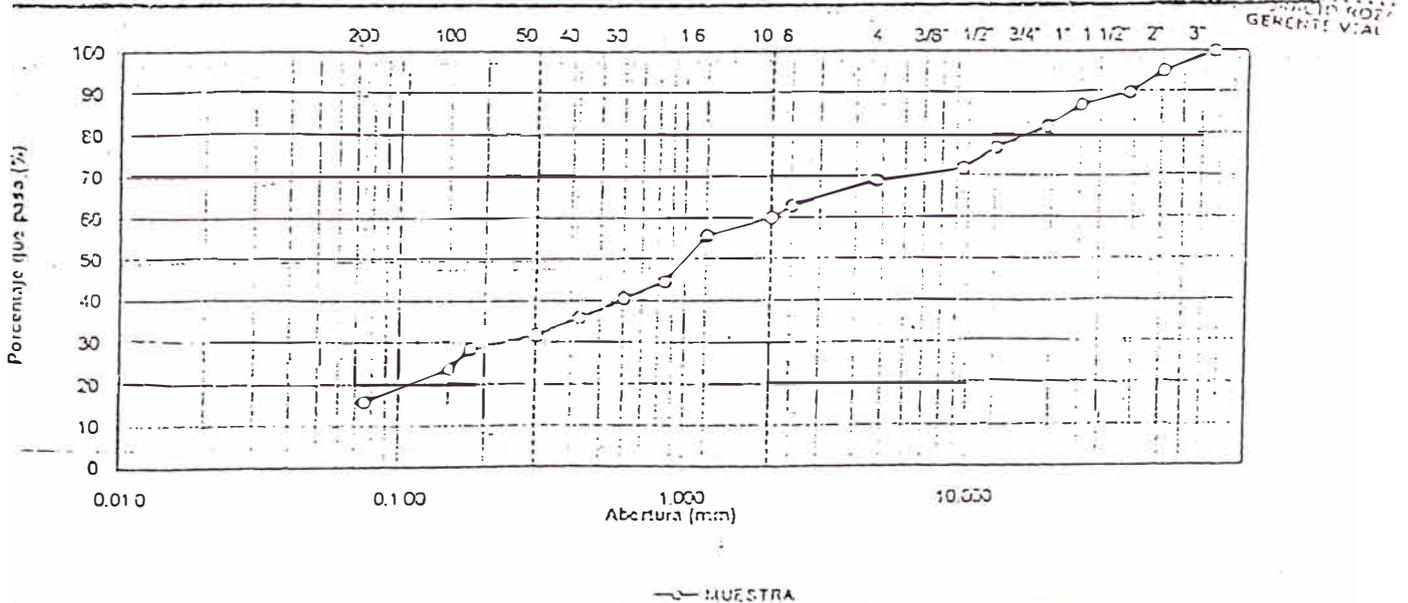
| | |
|--|----------------------|
| OBRA: CONSERVACION VAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUAYIA - PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV YAUYO - RONCHAS | REALIZADO: G.H J. J. |
| MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE | REVISADO: E.M.H |
| PROGRESO A.M. 13+600.0 CALGATAL DE | FECHA: 19/06/2008 |
| | N REG ISTO: G-05 7 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| CALCATA C-57 | TAMAÑO MÁXIMO : 3" |
| MUESTRA M-01 | Peso Inicial seco : 9823 g |
| PROF. (m) 0.00 - 1.50 | Peso lavado seco : 7167 g |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | 100.0 | | Contenido de Humedad (%): 3.5 |
| 2" | 50.800 | 462 | 4.7 | 4.7 | 95.3 | | Limite Líquido (LL): 24 |
| 1 1/2" | 38.100 | 511 | 5.2 | 9.9 | 90.1 | | Limite Plástico (LP): 19 |
| 1" | 25.400 | 285 | 2.9 | 12.8 | 87.2 | | Indice Plástico (IP): 6 |
| 3/4" | 19.000 | 501 | 5.1 | 17.9 | 82.1 | | Clasificación (SUCS): SC - SI |
| 1/2" | 12.500 | 511 | 5.2 | 23.1 | 76.9 | | Clasificación (AASHTO): A-2-4 |
| 3/8" | 9.500 | 481 | 4.9 | 28.0 | 72.0 | | Indice de Grupo: 0 |
| Nº 4 | 4.750 | 295 | 3.0 | 31.0 | 69.0 | | Descripción (AASHTO): BUENO |
| Nº 8 | 2.360 | 79.0 | 6.1 | 37.1 | 62.9 | | Módulo de Finos: |
| Nº 10 | 2.000 | 37.5 | 2.9 | 40.0 | 60.0 | | Materia Orgánica: |
| Nº 15 | 1.180 | 56.2 | 4.3 | 44.3 | 55.7 | | Turba: |
| Nº 20 | 0.840 | 143.7 | 11.1 | 55.5 | 44.5 | | OBSERVACIONES: |
| Nº 30 | 0.600 | 51.8 | 4.0 | 59.5 | 40.5 | | Boltonera > 3": 4.0 |
| Nº 40 | 0.425 | 60.8 | 4.7 | 64.1 | 35.9 | | Grava Nº 4 - Nº 4: 31.0 |
| Nº 50 | 0.300 | 53.1 | 4.1 | 68.3 | 31.7 | | Arena Nº 4 - Nº 200: 53.1 |
| Nº 60 | 0.250 | 44.0 | 3.4 | 71.6 | 28.4 | | Finos < Nº 200: 15.9 |
| Nº 100 | 0.150 | 59.5 | 4.6 | 76.2 | 23.8 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 102.3 | 7.9 | 84.1 | 15.9 | | Fración: 53.1 |
| < Nº 200 | FONDO | 205.2 | 15.9 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSERVACION VAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LURAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

REALIZADO: G.H.M
 REVISADO: E.M.H

MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE

FECHA: 19/06/2008

PROGRESIVA: 114+600.0 CALICATA LIZO

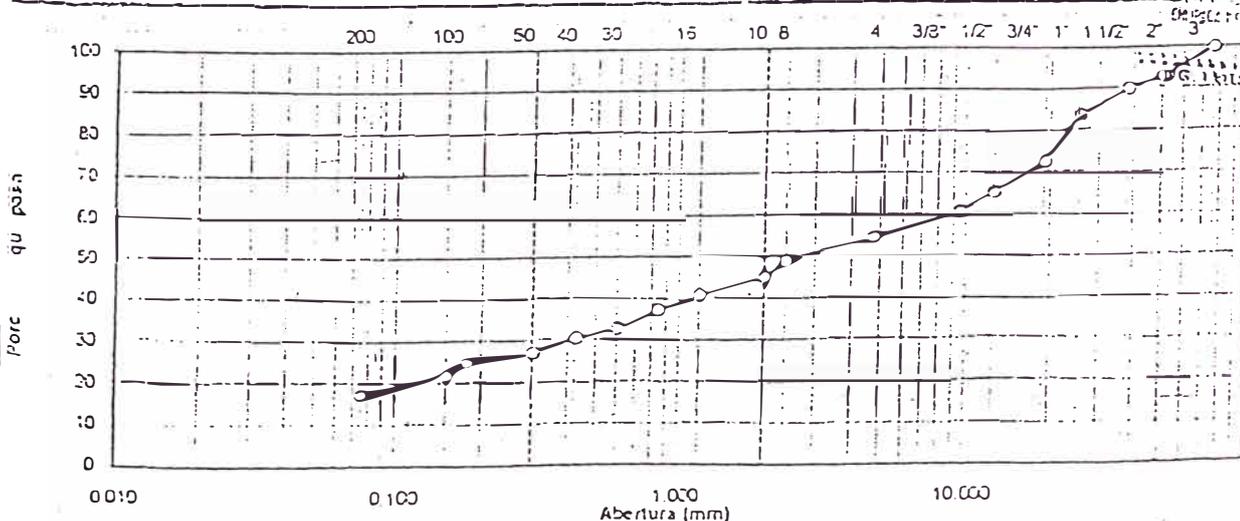
N° REGISTRO: G-068

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|-----------|-------------|------------------|-----------|
| ALICATA | C-58 | TAMAÑO MAXIMO | : 3" |
| MUESTRA | M-01 | Peso ml al abeco | : 16355 g |
| PROF. (m) | 0.00 - 1.50 | Peso lavado seco | : 12253 g |

| TAMIZO | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | 100.0 | | Contenido de Humedad (%): 3.0 |
| 2" | 50.800 | 1161 | 7.1 | 7.1 | 92.9 | | Limite Liquido (LL): 24 |
| 1 1/2" | 38.100 | 458 | 2.8 | 9.9 | 90.1 | | Limite Plástico (LP): 19 |
| 1" | 25.400 | 982 | 6.0 | 15.9 | 84.1 | | Indice Plástico (IP): 5 |
| 3/4" | 19.000 | 1672 | 11.4 | 27.3 | 72.7 | | Clasificación (US): GC - G.M |
| 1/2" | 12.500 | 1178 | 7.2 | 34.6 | 65.4 | | Clasificación (AASHTO): A-1-B |
| 3/8" | 9.500 | 769 | 4.7 | 39.3 | 60.7 | | Indice de Grupo: 0 |
| N° 4 | 4.750 | 1014 | 6.2 | 45.5 | 54.5 | | Descripción (AASHTO): BUENO |
| N° 8 | 2.360 | 67.5 | 5.6 | 51.1 | 48.9 | | Índice de Fines: |
| N° 10 | 2.000 | 59.9 | 3.9 | 55.0 | 45.0 | | Materia Orgánica: |
| N° 16 | 1.190 | 67.1 | 4.3 | 59.3 | 40.7 | | Turba: |
| N° 20 | 0.840 | 52.2 | 3.4 | 62.7 | 37.3 | | OBSERVACIONES: |
| N° 30 | 0.600 | 59.1 | 4.5 | 67.1 | 32.9 | | Bolonesa > 3": 4.0 |
| N° 40 | 0.425 | 35.9 | 2.4 | 69.5 | 30.5 | | Grava 3" - N° 4: 45.5 |
| N° 50 | 0.300 | 53.8 | 3.5 | 73.0 | 27.0 | | Arena N° 4 - N° 200: 37.5 |
| N° 60 | 0.250 | 33.9 | 2.2 | 75.2 | 24.8 | | Finos < N° 200: 17.1 |
| N° 100 | 0.150 | 46.1 | 3.0 | 78.1 | 21.9 | | |
| N° 200 | 0.075 | 73.7 | 4.8 | 82.9 | 17.1 | | Fines: 84.9 |
| < N° 200 | FONDO | 254.8 | 17.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



—○— MUESTRA

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

| | | | |
|----------|--|--------------------------|------------|
| E.C.T.C. | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - OROPACA Y | CALICATA | C-65 |
| | REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO | G.H.M |
| ACCIÓN | MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA | REVISADO | E.M.H |
| | 111+600 | FECHA DE EXCAVACION | 23/06/2008 |
| | DERECHO | PROFUNDIDAD TOTAL (m) | 1.60 |
| | | PROF. NIVEL FREATICO (m) | |

| DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad /compresibilidad; grado de compactad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc. | SUCS | GRANULOMETRIA | | | | LL | LP | H.H | N° DE MUESTRA | |
|--|---------------------|---------------|-------|-------|-----|------|-----|-----|---------------|----|
| | | < | 0.075 | 4.750 | 75 | | | | | > |
| | | mm | mm | mm | mm | | | | | mm |
| CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO | GC - GM A-1-b(0) | 13.1 | 43.3 | 44.4 | | 15.1 | 1.8 | 2.2 | | |
| Grava limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 8% boloneria, material fino sin materia organica. Suelo granular grueso tamaño máximo 5" | GC - GM A-1-b(0) | 18.3 | 39.0 | 42.7 | 6.0 | 25.0 | 6.2 | 2.1 | H-01 | |
| ROCA | | | | | | | | | | |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 ORO PAKI CC S.A.S. VIAL DE CARRETERAS CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN
 ORO PAKI CC S.A.S. VIAL DE CARRETERAS CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN
 YAUYO - RONCHAS
 ING. LUIS HORACIO ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:

MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+600 LIZO

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

| | | | |
|-----------|--|--------------------------|--------------|
| PROYECTO | : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CANETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | CALICATA | : C-26 |
| UBICACION | : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA | REALIZADO | : G.H.M |
| KM | : 112+600 | REVISADO | : E.M.H |
| LADO | : IZQUIERDO | FECHA DE EXCAVACION | : 23/06/2008 |
| TRAMO | : | PROFUNDIDAD TOTAL (m) | : 1.50 |
| | | PROF. NIVEL FREATICO (m) | : * |

| PROF. (m) | O R A F I C O | DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc. | SUCS | GRANULOMETRIA | | | | LL | LP | M.M. | N° DE MUESTRA |
|--------------|---|--|---------------------|---------------|-------|------|-----|------|-----|------|---------------|
| | | | | < | 0.075 | 4.75 | > | | | | |
| | | | | mm | mm | mm | mm | | | | |
| 1.4 |  | CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO | GC - GM A-1-a(0) | 13.1 | 43.3 | 44.4 | | 15.1 | 2.2 | 3.1 | |
| 3.0 |  | Grava limosa, cub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 2% bolonera, material fino sin materia organica, suelo granular grueso tamaño máximo 5" | GC - GM A-1-b(0) | 18.3 | 38.7 | 43.0 | 2.0 | 24.0 | 6.4 | 3.4 | M-01 |
| 1.8 |  | ROCA | | | | | | | | | |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 DEL SEPT. DE LOS VIALS DE LA CARRETERA CANETE - LUNAHUANA - PACARAN
 DEL TRAMO DE LA CARRETERA DE YAUYO - RONCHAS
 ING. LUIS HORACIO ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:

EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+600 LIZO

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

| | |
|--|--|
| TO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CALAPACA Y : REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS ON : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA : 113+600 : DERECHO : | CALICATA : C-57 REALIZADO : G.H.M REVISADO : E.M.H FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50 PROF. NIVEL FREATICO (m) : |
|--|--|

| DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.</small> | SUCS | GRANULOMETRIA | | | | LL | LP | R.N. | M ^{CE} | MUESTRA |
|--|--------|---------------|-------|-------|----|----|----|------|-----------------|---------|
| | | < | 0.075 | 4.750 | > | | | | | |
| | | mm | mm | mm | mm | | | | | |
| | AASHTO | 0.075 | 4.750 | 75 | 75 | % | % | % | | |

| CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO | GC - GM | 13.1 | 43.3 | 44.4 | 15.1 | 2.0 | 2.2 | | |
|--|---------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Arenas limosas Inorganicas, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media, 4% boloneria material fino con materia organica, suelo granular suelto | SC - SM A-2-4(0) | 15.9 | 53.3 | 31.0 | 4.0 | 24.0 | 6.2 | 3.5 | M-01 |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
DESA, SEPA, COMS Y A. O. S. S. A. CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN
 CALAPACA Y TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

 ING. LUIS HORACIO ROSAS OCHOA
 GERENTE VIAL

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LLINARJANA - PACARAN - CHUPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA
 114+600
 IZQUIERDO

CALICATA : C-58
 REALIZADO : G.H.M
 REVISADO : E.M.H
 FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 PROF. NIVEL FREATICO (m) :

| G R A F I C O | DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc. | SUCS | GRANULOMETRIA | | | | LL | L.P. | K.N. | N° DE MUESTRA |
|---------------------------------|--|---------------------|---------------|-------|-------|-----|------|------|------|---------------|
| | | | < | 0.075 | 4.750 | > | | | | |
| | | | mm | mm | mm | mm | | | | |
| | CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO | GC - GM A-1-b(0) | 13.1 | 43.3 | 44.4 | | 15.1 | 2.1 | 2.2 | |
| | Grava limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 4% boloneta, material fino sin materia organica, tamaño maximo 5" suelo granular grueso | GC - GM A-1-b(0) | 17.1 | 37.5 | 45.0 | 4.0 | 24.0 | 6.0 | 3.0 | M-01 |
| | ROCA | | | | | | | | | |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE OBRAS DE LA CARRETERA CAÑETE - LLINARJANA - PACARAN
 CHUPACA Y TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 ING. LUIS HORACIO ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

EXCAVACIONES:

TERRENO DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+600 LIZO

Página

1/1