

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



**EVALUACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD CON  
IRI-EQUIPO MERLIN  
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA  
CAÑETE–HUANCAYO KM 104 + 000 AL KM 106 + 000**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ZAIDA ROCIO QUISPE AYUQUE**

**Lima- Perú**

**2010**

*A Dios por estar junto a mí siempre,  
a mi papá Varo y Mamá Victoria por  
su apoyo y comprensión y a mis  
hermanos por confiar en mí.*

## ÍNDICE

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>RESUMEN</b> .....   | <b>3</b>    |
| <b>LISTA DE CUADROS</b> .....  | <b>4</b>    |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....  | <b>5</b>    |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b> .....                                 | <b>6</b>    |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>7</b>    |
| <br>   |             |
| <b>CAPITULO I.- CARRETERA CAÑETE – YAUYOS – HUANCAYO.</b>                  |             |
| 1.1 ANTECEDENTES.....  | 8           |
| 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....  | 10          |
| 1.3 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.....   | 19          |
| 1.4 TRAMO EVALUADO KM. 104+000 -106+000.....                               | 20          |
| <br>   |             |
| <b>CAPITULO II.- ESTADO DE ARTE</b>  |             |
| 2.1 RESUMEN DE LA ESCALA DE RUGOSIDAD IRI DE UNA CARRETERA.....            | 27          |
| 2.2 MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD.....                          | 30          |
| 2.3 MÉTODO UTILIZADO EN EL PERÚ.....                                       | 32          |
| 2.4 EVALUACIÓN FUNCIONAL.....  | 32          |
| 2.5 EQUIPO MERLÍN.....   | 35          |
| 2.5.1 Descripción General.....   | 35          |
| 2.5.2 Metodología para la Determinación de la Rugosidad.....               | 38          |
| 2.6 DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD.....                                     | 40          |
| 2.6.1 Ejecución de ensayos.....  | 40          |
| 2.6.2 Calculo del Rango “D”.....   | 43          |
| 2.6.3 Factor de Corrección para el ajuste de “D”.....                      | 44          |
| 2.6.4 Variación de relación de brazos.....                                 | 46          |
| 2.6.5 Cálculo del Rango “D” corregido.....                                 | 46          |
| 2.6.6 Determinación de la Rugosidad en la escala del IRI.....              | 46          |
| <br>   |             |
| <b>CAPITULO III: APLICACIÓN TRAMO KM. 104+000 AL KM. 106+000</b>           |             |
| <br>   |             |
| 3.1 CÁLCULO DEL PARÁMETRO DE EVALUACIÓN IRI CON LOS DATOS<br>DE CAMPO..... | 48          |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.1 Selección del tramo representativo.....   | 48        |
| 3.1.2 Toma de datos de las lecturas del Merlín en el carril derecho.....  | 48        |
| 3.1.3 Cálculo de la rugosidad.....  | 52        |
| 3.2 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA CON<br>EL INDICE DE RUGOSIDAD, REALIZADA POR PROVIAS-UNI FIC.....   | 57        |
| 3.3 EVALUACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD COMO PARÁMETRO PARA EL<br>MANTENIMIENTO OPORTUNO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA..... | 58        |
| 3.4 ANALISIS DE RESULTADOS.....   | 59        |
| <br>  |           |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>65</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>68</b> |

## RESUMEN

El presente informe desarrolla la evaluación de la rugosidad (IRI) de la Carretera Cañete – Huancayo del km. 104+000 al km. 106+000, en la huella derecha de la vía, utilizando el rugosímetro Merlin, la rugosidad obtenida servirá para conocer el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) la cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, con la finalidad de realizar labores de mantenimiento oportunos y dar así buenas características superficiales para brindar comodidad y seguridad de los usuarios de esta vía.

El tramo evaluado actualmente presenta una capa granular estabilizada con emulsión asfáltica y un tratamiento superficial Monocapa que fue ejecutado en diciembre 2008 y enero del 2009.

Las magnitudes de las irregularidades superficiales se expresan en unidades de rugosidad IRI por ser un parámetro estándar internacional. Se mide la rugosidad con el MERLIN, equipo de diseño simple por su fácil manejo y precisión en sus resultados.

Si bien es cierto que la serviciabilidad no solamente depende de la rugosidad sino de otros parámetros como son el estado de la superficie de rodadura, cuantificados por el grado de fisuramiento, desprendimiento, ahuellamiento y otros defectos propios del deterioro de la carretera, la rugosidad es el parámetro de mayor influencia en la determinación de la serviciabilidad.

Los valores de rugosidad promedio obtenidas en la huella derecha del tramo evaluado km 104+000 a km 106+000, por la UNI-FIC son: (enero-2009)  $IRI_{inicial} = 3.5$  m/km, (julio-2009)  $IRI=4.29$ m/km y (febrero-2010)  $IRI=4.71$ m/km. Y valores de PSI de 2.65, 2.29 y 2.12 respectivamente, que de acuerdo (AASHO, 1962) da una serviciabilidad que, califica como Regular.

Por el estado regular y con tendencia a malo que se encuentra la carretera indica que se debe adelantar el tiempo considerado para el mantenimiento periódico que podría ser con un sello asfáltico tipo Slurry Seal.

## LISTA DE CUADROS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Cuadro N° 1.01 Población a Nivel Distrital.....                               | 16          |
| Cuadro N° 1.02 Demanda actual 2010.....                                       | 17          |
| Cuadro N° 1.03 Demanda proyectada con tráfico normal.....                     | 18          |
| Cuadro N° 1.04 Longitud de Tramos y Superficie de Rodadura Actual.....        | 19          |
| Cuadro N° 1.05 Valor de CBR.....  | 21          |
| Cuadro N° 2.01 Escala de clasificación de la Serviciabilidad según AASHO...27 |             |
| Cuadro N° 3.01 Datos obtenidos en la zona de ensayo km 105+000                |             |
| Al km 104+600.....  | 50          |
| Cuadro N° 3.02 Datos obtenidos en la zona de ensayo km. 105+400               |             |
| Al km 105+000.....  | 51          |
| Cuadro N° 3.03 Datos para la calibración del equipo Merlín SERIE              |             |
| 541/MODELO TM 171.....  | 54          |
| Cuadro N° 3.04 Resultado de la rugosidad promedio.....                        | 56          |
| Cuadro N° 3.05 Resultado de PSI.....  | 57          |
| Cuadro N° 3.06 Resultado de la evaluación de rugosidad julio 2009.....        | 57          |
| Cuadro N° 3.07 Resultado de la evaluación de rugosidad febrero-               |             |
| Marzo 2010.....   | 58          |
| Cuadro N° 3.08 Resultado de PSI.....  | 59          |

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura N° 1.01 Plano Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Zúñiga-Dv.Yauyos-<br>Ronchas-Chupaca.....  | 9           |
| Figura N° 1.02 Plano de Ubicación.....   | 10          |
| Figura N° 1.03 Ubicación del tramo en Estudio.....   | 20          |
| Figura N° 1.04 Vista satelital del Tramo en Estudio.....   | 21          |
| Figura N° 1.05 Sección Cambio de Estándar con Monocapa.....  | 22          |
| Figura N° 2.01 Escala de Rugosidad IRI.....  | 30          |
| Figura N° 2.02 Esquema del rugosímetro MERLIN - vista perfil.....  | 35          |
| Figura N° 2.03 Esquema del rugosímetro MERLIN - corte A-A y B-B.....   | 36          |
| Figura N°2.04 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones<br>de la superficie de pavimento respecto del nivel de<br>referencia o cuerda promedio..... | 37          |
| Figura N°2.05 Medición de la desviación de la superficie del pavimento<br>respecto a la cuerda promedio.....   | 38          |
| Figura N° 2.06 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra<br>de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.....                                | 39          |
| Figura N° 2.07 Formato para la recolección de datos de campo.....  | 42          |
| Figura N° 2.08 Histograma de la distribución de frecuencias - ejemplo<br>Aplicativo.....   | 44          |
| Figura N° 3.01 Histograma de la distribución de frecuencias km.104+600-<br>km105+000.....  | 52          |
| Figura N° 3.02 Histograma de la distribución de frecuencias km.105+000-<br>km105+400.....  | 53          |
| Figura N° 3.03 Curva del comportamiento del pavimento.....   | 61          |

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| TRRL    | Laboratorio Británico de Investigación de Transporte y Caminos. |
| RTRRMS  | Responce - Type Road Roghness Measuring System.                 |
| CCGC    | Consortio General de Carreteras                                 |
| FS      | Factor de Seguridad   |
| IGN     | Instituto Geográfico Nacional                                   |
| IRI     | Índice Internacional de Rugosidad                               |
| MTC     | Ministerio de Transportes y Comunicaciones                      |
| PROVIAS | Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte              |
| PSI     | Índice de Serviciabilidad Presente                              |
| IMD     | Índice Medio Diario   |

## INTRODUCCIÓN

El monitoreo o seguimiento es un proceso de gestión moderna que consiste en el registro ordenado de los avances de un proyecto, de manera sistemática, a fin de verificar el cumplimiento de actividades, detectando las dificultades y adoptar las medidas necesarias para asegurar el éxito del proyecto.

Una de las principales actividades del monitoreo es determinar las características superficiales de la carretera en especial la rugosidad que es el parámetro de mayor influencia en la determinación de la serviciabilidad.

El grado de irregularidad longitudinal del pavimento influye en el nivel de comodidad y tiempo de transporte de los usuarios que transitan en la vía.

La rugosidad es el parámetro que “cuantifica” el grado de irregularidad longitudinal de una carretera.

El concepto de rugosidad está estrechamente relacionado con el concepto de serviciabilidad. A menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad será menor y por consiguiente la vía estará en capacidad de proporcionar un mejor nivel de serviciabilidad. En el caso opuesto cuando mas irregular es la superficie de rodadura, la rugosidad será mayor y la vía no estará en condiciones de brindar un adecuado nivel de serviciabilidad.

En el presente informe se determina la serviciabilidad que tiene el usuario mediante el parámetro de rugosidad en el tramo km. 104+000 al km. 106+000 del lado derecho de la carretera.

En el Capítulo I se hace una descripción de la Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo y el tramo Evaluado.

En el Capítulo II se hace una explicación del estado del estado del Arte del parámetro rugosidad y serviciabilidad.

En el Capítulo III se desarrollo el cálculo de los parámetros rugosidad y serviciabilidad del tramo evaluado km.104+000 al km. 106+000.

## CAPITULO I

### CARRETERA CAÑETE – YAUYOS – HUANCAYO

#### 1.1 ANTECEDENTES

En PROINVERSION existe el “Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental para la Ampliación, Construcción y Conservación de la Carretera Lunahuaná – Huancayo (Progresiva 42+480 – 285+900), elaborado por el Consultor AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 y consta de 13 tomos. El Estudio fue contratado por PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas).

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó la elaboración del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 245.15 km de longitud aproximadamente mediante el Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003, obteniéndose la aprobación mediante Resolución Directoral N° 815-2004-MTC/20 del 22.11.2004.

Con oficio N° 1411-2004-EF/68.01 de fecha 06.10.2004 el Director General de Programación Multianual del Sector Público del MEF autoriza la elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca.

Mediante la Resolución Ministerial N° 223 -2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02 se creó el Programa Proyecto Perú. Diseñado para mejorar las vías de Integración de Corredores económicos con el fin de elevar el Nivel de Competitividad de las Zonas Rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El programa aspira a establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o

superiores a tres años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

De esta forma se busca mantener las vías nacionales con una adecuada serviciabilidad, interviniendo en forma oportuna y metódicamente mediante las actividades de Conservación Rutinaria, Conservación Periódica, Reparaciones Menores y atención de emergencias viales.

Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2007 celebrado con el PROVIAS NACIONAL, el Consorcio Gestión de Carreteras asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca (281,73 km) y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas, como indica en los Términos de Referencia.



Figura N°1.01: Plano Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Zúñiga-Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Proviás Nacional.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### a. UBICACIÓN

La carretera Cañete– Dv. Yauyos – Huancayo, se encuentra ubicada entre los departamentos de Lima y Junín, Geopolíticamente esta carretera une la provincia de Cañete (Lima), Yauyos (Lima) y Chupaca (Junín), esta vía pertenece a la Red Vial Nacional con Código PE-24. El trazo definido enlaza las localidades de Cañete, Lunahuana, Pacaran, Zuñiga, Catahuasi, Capillucas, Yauyos, Colpa, Ronchas y Chupaca.

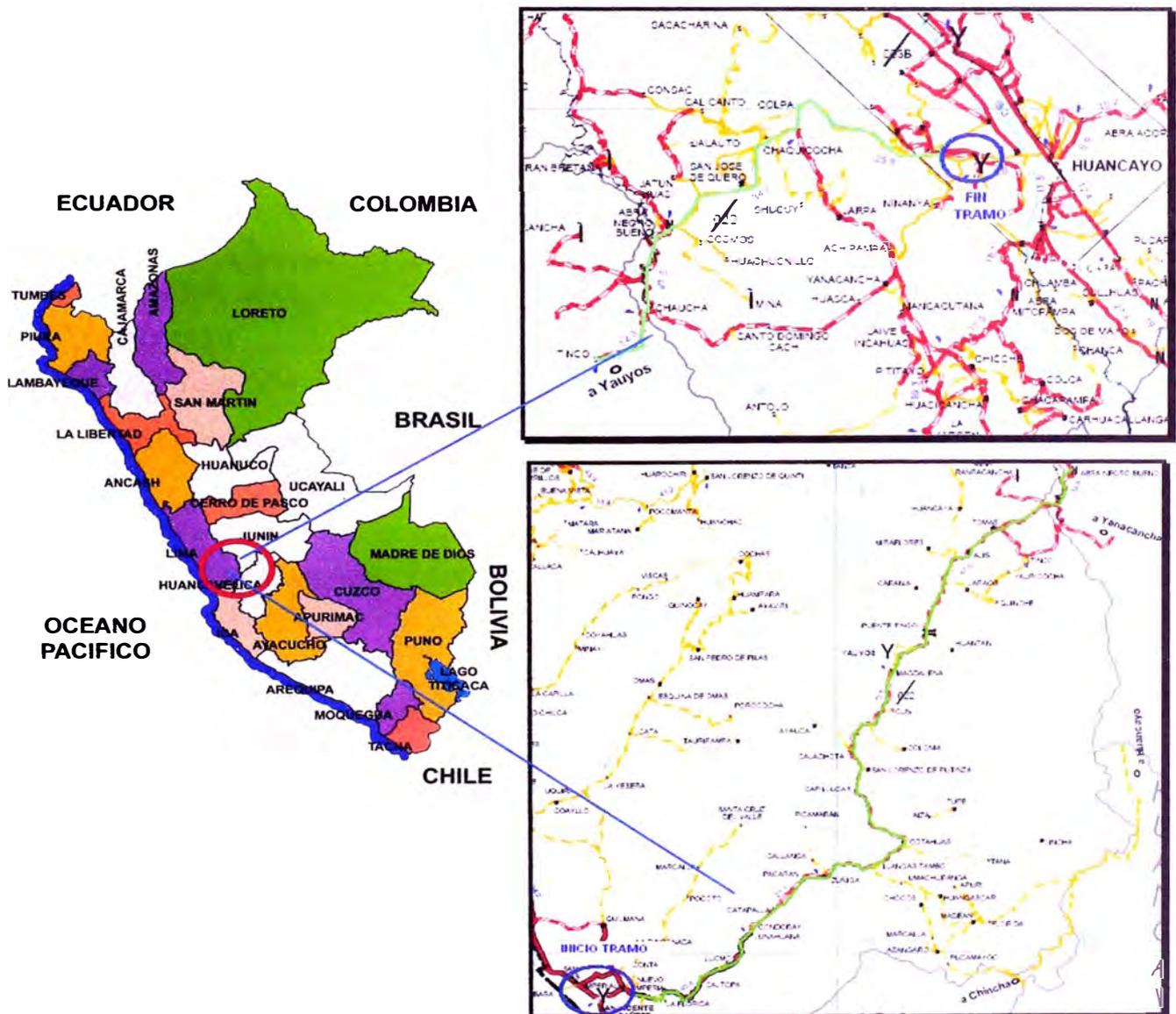


Figura N° 1.02: Plano de Ubicación

Fuente: Resumen Ejecutivo. CGC.

## b. CLIMA

Como se ha visto, el área comprometida en el proyecto se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su "Geografía del Perú").

A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

**Yunga Marítima:** Esta región se caracteriza por ser 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.

**Quechua:** El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

**Suni o Jalca:** El clima es frío debido a la elevación ya los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

**Puna:** La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200 mm y 1000 mm al año.

### **c. GEOLOGÍA**

De acuerdo a la información obtenida del ONERN se puede indicar que la composición frecuentemente observada son las rocas ígneas intrusivas las que constituyen el batolito andino de la costa que aflora desde la localidad de Trujillo en el norte de forma ininterrumpida, hasta las cercanías de la quebrada de Pescadores, Arequipa, en el sur del país.

En la cuenca alta del río Cañete se observan además capas de lutitas carbonosas con areniscas de grano fino, estratos de calizas silíceas en gruesos estratos, así como pseudobrechas calcáreas. Este conjunto pétreo es de gran importancia, ya que en las calizas de este grupo están localizadas la mejor mineralización de la zona, como la evidencian las minas existentes en la cuenca alta.

### **d. SUELOS**

La evaluación del recurso suelo tiene como objetivo fundamental proporcionar la información básica sobre las características edafológicas de las áreas contiguas a la carretera en mantenimiento; desde este punto de vista se puede diferenciar tres zonas bien diferenciadas:

La cuenca baja del río Cañete presenta en la parte más baja suelos de textura variable, entre ligeros a finos, con cementaciones salinas, cálcicas o gipsicas (yeso) y con incipiente horizonte A superficial con menos de 1% de materia orgánica. Actualmente prospera la actividad agrícola en el valle aluvial irrigado (frutales).

La cuenca media está conformado por suelos un tanto profundos de textura media, generalmente de naturaleza calcárea, pertenecientes a los Kastanozems (cálcicos principalmente). Asimismo se tiene suelos superficiales y muy calcáreos (Rendzinas).

Los litosoles dominan las superficies muy empinadas y de escasa cubierta edáfica. La actividad agrícola está reducida al fondo de valle en áreas conformadas por terrazas aluviales y pequeñas zonas de cultivo en laderas

fuertemente empinadas. Los cultivos que se conducen son frutales (manzanos) y en las partes más altas maíz, alfalfa, papa, habas, arveja.

La cuenca alta está conformada por suelos relativamente profundos, textura media, ácidos con influencia volcánica, presentan también suelos de mal drenaje, suelos orgánicos y litosoles. En la mayor parte estos suelos están siendo usados como zonas de pastoreo por la predominancia de gramíneas que presenta esta zona.

#### e. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES DE FUNDACION

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera:

**km 57+000 – km 63+650.** Se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es subangular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7". Bajo él se encuentra un material areno-limoso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma subangular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6".

En este sector se tiene áreas de cultivo a ambos lados de la vía, encontrándose en su gran mayoría sobre la plataforma vial.

**km 63+650 – km 88+600.** Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentra aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio)

mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8".

Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y transcurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

**km 88+600 – km 91+500.** La subrasante es una arena arcillosa cuya plasticidad promedio es de I.P. = 12%. Su clasificación de suelos en el sistema SUCS es SC, mientras que en el sistema AASHTO es A-6(2). También en este estrato, a partir de los 0,40m se ha encontrado bolonería entre 40% y 50% cuyo tamaño máximo es de 7". La capacidad de soporte de este suelo expresado en CBR es de 7% al 95% de la Máxima Densidad Seca del material.

**km 91+500 – km 96+600.** En este sector mayoritariamente se tiene mayoritariamente suelos gravosos que en el sistema SUCS clasifican como GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0) a A-1-b(0). Su Índice de Plasticidad se encuentra entre 4,9% y 6,1%. En estos suelos también se aprecia la presencia de bolonería, la cual se incrementa a partir de 0,40m a valores comprendidos entre 40% y 60%.

**km 96+600 – km 106+600.** Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

**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.

**km 114+600 – km 130+000.** Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su

plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

**km 130+000 – km 220+000.** Arenas y gravas limosas y arcillosa, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM, y en el AASHTO, A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5,7% y 9,2%. Varias perforaciones no han llegado al 1,50m, debido a que aproximadamente desde los 0,30m hasta los 1,50m, se ha ubicado roca.

**km 220+000 – km 240+000.** Sector de carretera donde en la mayoría de los casos se tiene una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GM-GC o SC-SM, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-2-6 y A-6(4), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

**km 240+000 – km 248+000.** Arena arcillosa y arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como SC o SM-SC, y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). Su plasticidad es media, encontrándose que varía entre 6,8% y 9,7%.

**km 248+000 – km 258+000.** En este sector se tiene también una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GC y GM-GC, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-6(1), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

#### **f. ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS**

Los pueblos beneficiados por el servicio de mantenimiento y conservación vial concentran una población total estimada de 73,205 habitantes (según INEI 2005), tal como puede observarse en el siguiente cuadro.

| N° | LOCALIDAD         | PROVINCIA    | POBLACION     |
|----|-------------------|--------------|---------------|
| 1  | Nuevo Imperial    | Cañete       | 34,778        |
| 2  | Lunahuaná         | Cañete       | 4,383         |
| 3  | Pacarán           | Cañete       | 1,588         |
| 4  | Zuñiga            | Cañete       | 1,194         |
| 5  | Catahuasi         | Yauyos       | 1,310         |
| 6  | Tomas             | Yauyos       | 596           |
| 7  | Alis              | Yauyos       | 380           |
| 8  | Yauyos            | Yauyos       | 1,892         |
| 9  | San José de Quero | Chupaca      | 6,671         |
| 10 | Chupaca           | Chupaca      | 20,421        |
|    |                   | <b>TOTAL</b> | <b>73,205</b> |

**Cuadro N° 1.01: Población a Nivel Distrital**

Fuente: INEI-2005

Las características de las viviendas en su gran mayoría son de material rústico, es decir; paredes de adobe o tapial y techos de calamina o tejas; con la salvedad de que en la localidad de Nuevo Imperial hay predominancia de viviendas construidas con ladrillo y concreto.

La mayoría de las viviendas de los pueblos en el tramo de la carretera en mantenimiento ya cuentan con servicio de agua y algunos con alcantarillado, pero en general el servicio es deficiente. Se observa en todos los pueblos la existencia de servicio de energía eléctrica.

La economía en los pueblos se basa principalmente en la producción agropecuaria a pequeña escala para el autoconsumo. La producción agrícola es almacenada y trocada en algunos casos en ferias y otras actividades similares de intercambio, para obtener el dinero que les permita comprar productos manufacturados o procesados (azúcar, fideos, sal, bebidas embotelladas, insumos agrícolas, etc.), y en muchos casos deben recurrir a la venta de su ganado.

La ocasión para el intercambio económico se da generalmente en la feria popular de Tinco Alis (aprox. a 30 minutos de Alis) los miércoles de cada

semana; las poblaciones vecinas de Miraflores, Vitis, Huancaya, Carania, llevan ganado (ovino, auquénidos), quesos, truchas, papas, ocas, cebada, ajos, etc. La mayoría de los productos manufacturados, alimentos procesados y las bebidas embotelladas provienen de Cañete y Huancayo, ciudades donde acuden cuando requieren de algún servicio más especializado.

### g. ANÁLISIS DEMANDA

Las tasas de proyección del tráfico fueron determinadas en función de parámetros socioeconómicos (tasa de crecimiento de PBI(4.6%), tasa de crecimiento anual de población(1.4%), tasa crecimiento anual ingreso per cápita(2.6%)), considerando las regiones Lima y Junín.

#### Demanda Actual

**Cuadro N° 1.02: Demanda actual 2010**

RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día)

| Tramo                               | Cañete-<br>Lunahuana | Lunahuana-<br>Pacaran | Pacaran-<br>Zuñiga | Zuñiga-<br>Catahuasi | Catahuasi-<br>Capilluca | Capilluca-<br>DV Yauyos | Dv Yauyos-<br>Colpa | Colpa-<br>Huarisca | Huarisca-<br>Chupaca |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Tipo Vehículo                       | E1                   | E 2                   | E 3                | E 4                  | E5                      | E6                      | E7                  | E 8                | E9                   |
| 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                   |
| <b>IMDa (Veh/día) 2009</b>          | <b>1477</b>          | <b>453</b>            | <b>520</b>         | <b>325</b>           | <b>185</b>              | <b>96</b>               | <b>305</b>          | <b>616</b>         | <b>823</b>           |
| <b>IMDa (Veh/día) 2008</b>          | <b>1010</b>          | <b>417</b>            | <b>418</b>         | <b>461</b>           | <b>569</b>              | <b>53</b>               |                     | <b>347</b>         | <b>454</b>           |
| <b>Tasa Promedio DE Crecimiento</b> | <b>46.24</b>         | <b>8.63</b>           | <b>24.4</b>        | <b>-29.5</b>         | <b>-67.49</b>           | <b>81.13</b>            |                     | <b>77.52</b>       | <b>81.28</b>         |

Fuente: Estudio de tráfico Junio 2008/09 ICCGSA/  
Estudio Tráfico Diciembre 2009 UNI

## Demanda Proyectada con Tráfico Normal

**RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día)**

| Tramo                           | Cañete-<br>Lunahuana<br>E1 | Lunahuana-<br>Pacaran<br>E 2 | Pacaran-<br>Zuñiga<br>E 3 | Zuñiga-<br>Catahuasi<br>E 4 | Catahuasi-<br>Capilluca<br>E5 | Capilluca-<br>DV Yauyos<br>E6 | Dv Yauyos-<br>Colpa<br>E7 | Colpa-<br>Huarisca<br>E 8 | Huarisca-<br>Chupaca<br>E9 |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| VL (Auto+SW+Camioneta)          | 829                        | 232                          | 253                       | 175                         | 102                           | 51                            | 228                       | 477                       | 705                        |
| Camta Rural                     | 448                        | 148                          | 155                       | 94                          | 37                            | 16                            | 22                        | 63                        | 69                         |
| Microbus                        | 157                        | 7                            | 27                        | 11                          | 4                             | 0                             | 2                         | 14                        | 10                         |
| Ómnibus                         | 32                         | 16                           | 13                        | 11                          | 10                            | 10                            | 4                         | 8                         | 13                         |
| Camión Unitario (2,3,4<br>Ejes) | 121                        | 89                           | 96                        | 61                          | 44                            | 27                            | 46                        | 88                        | 88                         |
| Camión Acoplado                 | 41                         | 5                            | 29                        | 5                           | 0                             | 0                             | 32                        | 31                        | 35                         |
| <b>IMDa (Veh/día) 2013</b>      | <b>1628</b>                | <b>497</b>                   | <b>573</b>                | <b>357</b>                  | <b>197</b>                    | <b>104</b>                    | <b>334</b>                | <b>681</b>                | <b>920</b>                 |
| <b>IMDa (Veh/día) 2012</b>      | <b>1588</b>                | <b>486</b>                   | <b>559</b>                | <b>349</b>                  | <b>194</b>                    | <b>102</b>                    | <b>326</b>                | <b>664</b>                | <b>898</b>                 |
| <b>IMDa (Veh/día) 2011</b>      | <b>1549</b>                | <b>475</b>                   | <b>545</b>                | <b>341</b>                  | <b>191</b>                    | <b>100</b>                    | <b>319</b>                | <b>648</b>                | <b>876</b>                 |
| <b>IMDa (Veh/día) 2010</b>      | <b>1513</b>                | <b>464</b>                   | <b>532</b>                | <b>333</b>                  | <b>188</b>                    | <b>98</b>                     | <b>312</b>                | <b>632</b>                | <b>854</b>                 |
| <b>IMDa (Veh/día) 2009</b>      | <b>1477</b>                | <b>453</b>                   | <b>520</b>                | <b>325</b>                  | <b>185</b>                    | <b>96</b>                     |                           | <b>616</b>                | <b>823</b>                 |
| <b>IMDa (Veh/día) 2008</b>      | <b>1010</b>                | <b>417</b>                   | <b>418</b>                | <b>461</b>                  | <b>569</b>                    | <b>53</b>                     |                           | <b>347</b>                | <b>454</b>                 |

### Cuadro N° 1.03: Demanda proyectada con tráfico normal

Fuente: Elaboración propia

En el proyecto se han identificado los siguientes tramos:

- ❖ Cañete – Lunahuana consta de 40.95 km, con IMD de 1477, la superficie de rodadura se encuentra con carpeta asfáltica.
- ❖ Lunahuana – Pacarán consta de 11.91 km, con IMD de 453, la superficie de rodadura se encuentra con un tratamiento superficial – Slurry Seal.
- ❖ Pacaran – Zuñiga consta de 3.74 km, con IMD de 520, en este tramo se realizo el cambio de estándar con Slurry Seal.
- ❖ Zuñiga – Catahuasi consta de 20.40 km, con IMD de 325, en este tramo se realizo el cambio de estándar con Slurry Seal.
- ❖ Catahuasi – Capillucas consta de 17.64 km, con IMD de 185, en este tramo se realizo el cambio de estándar con Monocapa.
- ❖ Capillucas – Dv. Yauyos consta de 32.36 km, con IMD de 96, en este tramo se realizo el cambio de estándar con Monocapa.
- ❖ Dv. Yauyos – Km. 227 consta de 98.20 km, con IMD de 305, en este tramo se realizo el cambio de estándar con Monocapa.
- ❖ Km. 227+000 – Ronchas consta 29.99 km. con IMD de 616, este tramo se encuentra a nivel de afirmado.

- ❖ Ronchas – Chupaca consta 16.54 km. con IMD de 823, este tramo se encuentra en un proceso de cambio de estándar a nivel de estudio definitivo (asfaltado).

### 1.3 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

De acuerdo al Informe Técnico de la Situacional inicial, elaborada en el mes de junio de 2008 por el Consorcio Gestión de Carreteras, la carretera Cañete – Yauyos –Huancayo tiene una longitud de 271.726 Km.

De la información obtenida en el Informe Técnico Anual 2009 de la Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil (Convenio Provias Nacional – UNI) la vía se encuentra con diferentes superficies de rodadura como se aprecia en el cuadro

| CARRETERA | TRAMO                  | LONG.(KM)      | SITUACION AL 2008 | TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA     |
|-----------|------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|
| 24        | CAÑETE - LUNAHUANA     | 40.95          | ASFALTADO         | ASFALTADO                          |
| 24        | LUNAHUANA-PACARAN      | 11.91          | TSB               | MANTENIMIENTO PERIODICO CON SLURRY |
| 24        | PACARAN - ZUÑIGA       | 3.74           | AFIRMADO          | CAMBIO DE ESTANDAR CON SLURRY      |
| 24        | ZUÑIGA - CATAHUASI     | 20.40          | AFIRMADO          | CAMBIO DE ESTANDAR CON SLURRY      |
| 24        | CATAHUASI - CAPILLUCAS | 17.64          | AFIRMADO          | CAMBIO DE ESTANDAR CON MONOCAPA    |
| 24        | CAPILLUCAS -Dv. YAUYOS | 32.36          | AFIRMADO          | CAMBIO DE ESTANDAR CON MONOCAPA    |
| 24        | DV.YAUYOS - KM 227     | 98.20          | AFIRMADO          | CAMBIO DE ESTANDAR CON MONOCAPA    |
| 24        | KM 227 - RONCHAS       | 29.99          | AFIRMADO          | AFIRMADO                           |
| 24        | RONCHAS - CHUPACA      | 16.541         | AFIRMADO          | AFIRMADO                           |
|           | <b>TOTAL</b>           | <b>271.726</b> |                   |                                    |

#### Cuadro N° 1.04: Longitud de Tramos y Superficie de Rodadura Actual

Fuente: Informe Técnico Anual Año 2009 Convenio UNI - PROVIAS

#### 1.4 TRAMO EVALUADO KM.104+000 – 106+000

El tramo evaluado de la carretera presenta las siguientes características.

- a. Se encuentra ubicado en la provincia de Yauyos en el km. 104+000 al km. 106+000 de la Carretera Cañete –Yauyos – Huancayo entre los centros poblados de Capillucas (km. 96+445) y Calachota (km. 106+845), del corredor vial N 13.

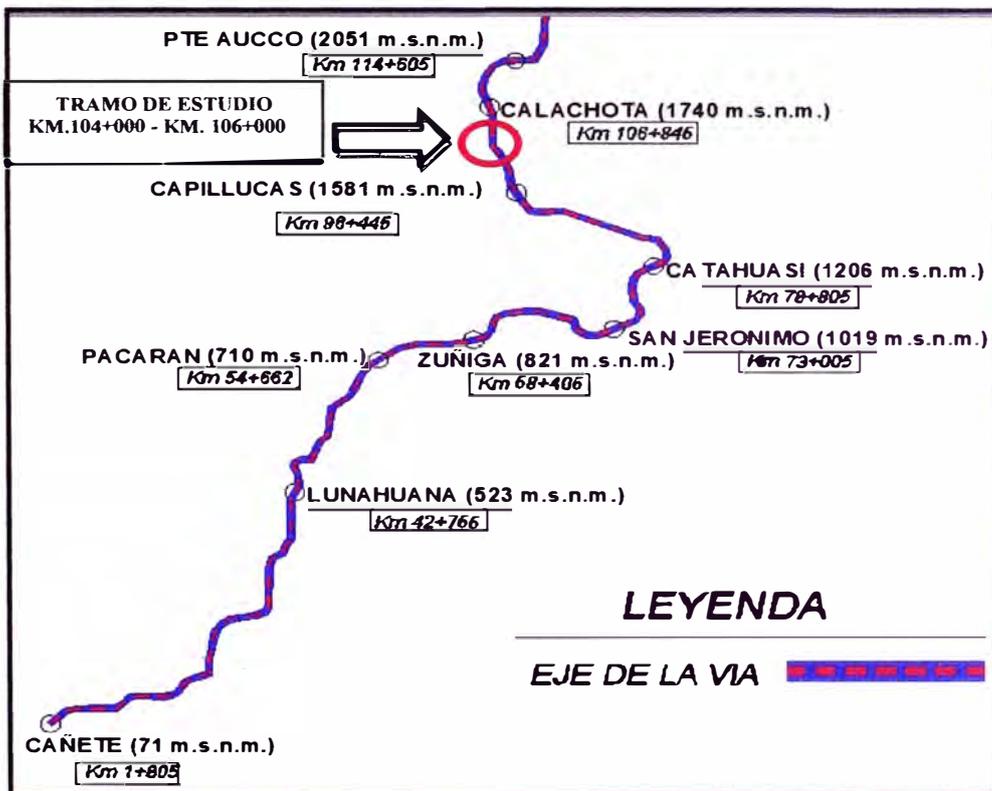
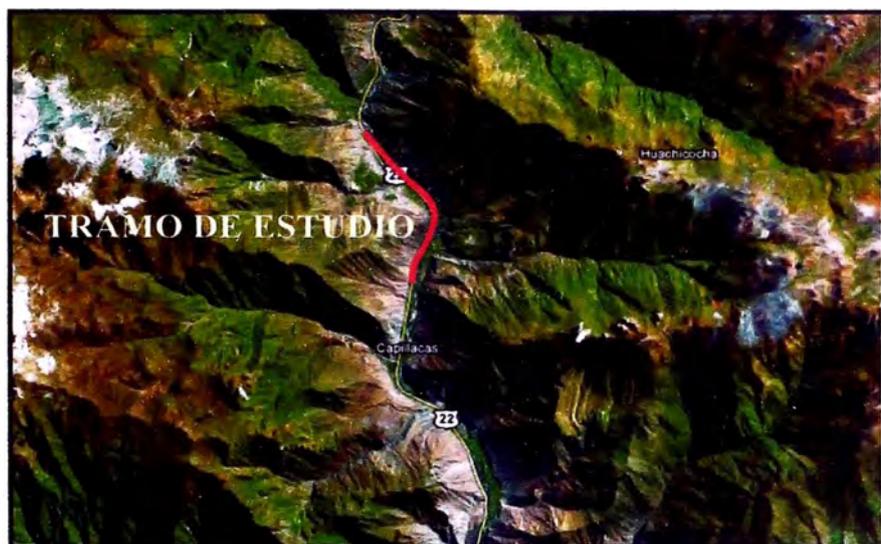


Figura N° 1.03: Ubicación del tramo en Estudio

Fuente: Elaboración Propia

- b. Este tramo de Estudio se encuentra en la región **Yunga** con alturas que varían de 1650 a 1700 m.s.n.m. Esta región se caracteriza por ser 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.



**Figura N° 1.04: Vista satelital del Tramo en Estudio**

Fuente: Google Earth

c. Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

d. De acuerdo a los resultados del estudio de suelos realizado por el consorcio Gestion de Carreteras el suelo es gravosos y arenosos con matriz arcillosa de mediana plasticidad. Los valores de CBR obtenidos en el Subsector (km. 57+450 –km. 130+00) en la cual está incluido nuestro tramo es como se indica en el cuadro adjunto.

| SUBSECTOR (km – km) | CBR (%) al 95% de MDS | CALIFICACIÓN |
|---------------------|-----------------------|--------------|
| 57+450 – 130+000    | 20                    | Regular      |

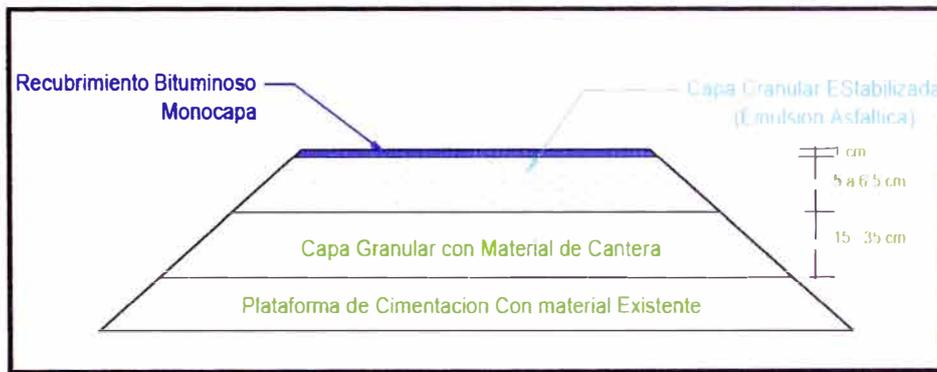
**Cuadro N° 1.05: Valor de CBR**

Fuente: Estudio Técnico Elaborado por el CGC.

e. Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, celebrado con el PROVIAS NACIONAL y el Consorcio Gestión de Carreteras, el consorcio asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación.

En el tramo km. 104+000 al km. 106+000, el contratista ha ejecutado un Cambio de estándar de Afirmado a Solución Básica y Colocación de un recubrimiento bituminoso "Monocapa".

- Estabilización: Con emulsión asfáltica.
- Recubrimiento bituminoso: Monocapa con RC-250.



**Figura N° 1.05: Sección Cambio de Estándar con Monocapa**

Fuente: Elaboración Propia

f. El cambio de estándar se ejecuto en el mes de Diciembre del 2008 y enero del 2009, y el procedimiento constructivo es el siguiente.





**Fotografía N° 1.01: Estabilización de suelo km. 105+800**

Fuente: Panel Fotográfico - Diciembre 2008 -Supervisión Proyecto Perú-MTC



**Fotografía N° 1.02: Colocación de Monocapa**

Fuente: Panel Fotográfico - Diciembre 2008 y Enero 2009 -Supervisión Proyecto Perú-MTC

- g. En el tramo de estudio actualmente se aprecia taludes inestables con presencia de materiales aluviales.



**Fotografía N° 1.03: Talud Inestable km.105+000 al km.105+720**

- h. Existen alcantarillas Tipo TMC de 48" en las progresivas km. 104+750, km. 105+610, km. 105+830 y km.105+970 en buen estado.
- i. Los anchos de vía varían de 2.8 a 3.2m, en la carpeta de rodadura se pueden apreciar desprendimiento de agregados.



**Fotografía N° 1.04: Tramo Inicial y Final**



**Fotografía N° 1.05: Desprendimiento de Agregados km.105+660**



**Fotografía N° 1.06: Parches km.105+000**

- j. Existen gibas en el km. 104+105, km. 104+460, km. 104+500 y km. 105+475.



**Fotografía N° 1.07: Giba km. 104+460**

## CAPITULO II ESTADO DEL ARTE

### 2.1 RESUMEN DE LA ESCALA DE RUGOSIDAD IRI DE UNA CARRETERA.

Rugosidad técnicamente se define como la distorsión superficial del pavimento, que consiste de ondulaciones aleatorias, longitudinales y transversales, de frecuencia múltiple con diferentes longitudes de onda y amplitudes, que se forman durante la construcción o se desarrollan durante la vida de servicio del pavimento.

Aunque básicamente es una medida del comportamiento funcional del pavimento, su presencia trae consigo una transitabilidad indeseable, insegura o antieconómica, por lo que está relacionada con el concepto de Serviciabilidad, desarrollado afines de la década de los años 50, en la carretera experimental AASHO.

Las primeras mediciones de la Serviciabilidad, se hacían con un panel de evaluadores que transitando una cierta longitud de pavimento en un vehículo patrón, a una velocidad preestablecida, la clasificaban en una escala de 0 a 5 (Cuadro N ° 2.01)

| CLASIFICACIÓN |           |
|---------------|-----------|
| NUMÉRICA      | VERBAL    |
| 0 – 1         | Muy Pobre |
| 1 – 2         | Pobre     |
| 2 – 3         | Regular   |
| 3 – 4         | Buena     |
| 4 – 5         | Muy Buena |

**Cuadro N° 2.01: Escala de clasificación de la Serviciabilidad según AASHO  
(AASHO, 1962)**

Al promedio de esas observaciones se le denomina PSR (Present Serviciability Rating). Que es el rango de serviciabilidad presente

A fines de la década de los 60, con la aparición de los aparatos de medición (perfilómetros), se desarrollo un nuevo concepto menos subjetivo, el del PSI (Present Serviciability Index), que tomaba en cuenta la varianza de la pendiente

$$PSI = 5e^{-(R/5.5)} + / - 25\% \quad ; \quad \text{Para un } R < 12$$

Donde:

R: Rugosidad en IRI.

A fines de la década de los 70, la proliferación de los equipos para la medición de la rugosidad, hizo necesario la búsqueda de patrones de comparación de sus resultados y una mejor definición de los sistemas de medición.

Así, en 1982, el Banco Mundial, llevó a cabo en Brasil un experimento Internacional cuyos resultados publicó en 1986 con el objetivo principal de establecer un parámetro único de medición de la rugosidad, al que denominó IRI por sus siglas en inglés (International Roughness Index); y con el objetivo adicional de agrupar los sistemas de medición de la rugosidad.

El Documento Técnico No. 46 del Banco Mundial, fue elaborado por Sayers, Gillespie y Paterson, en base a los resultados del IRRE (International Road Roughness Experiment) llevado a cabo en Brasil en 1982, como respuesta a la proliferación de instrumentos de medición de la rugosidad y a las dificultades cada vez crecientes por correlacionar sus resultados.

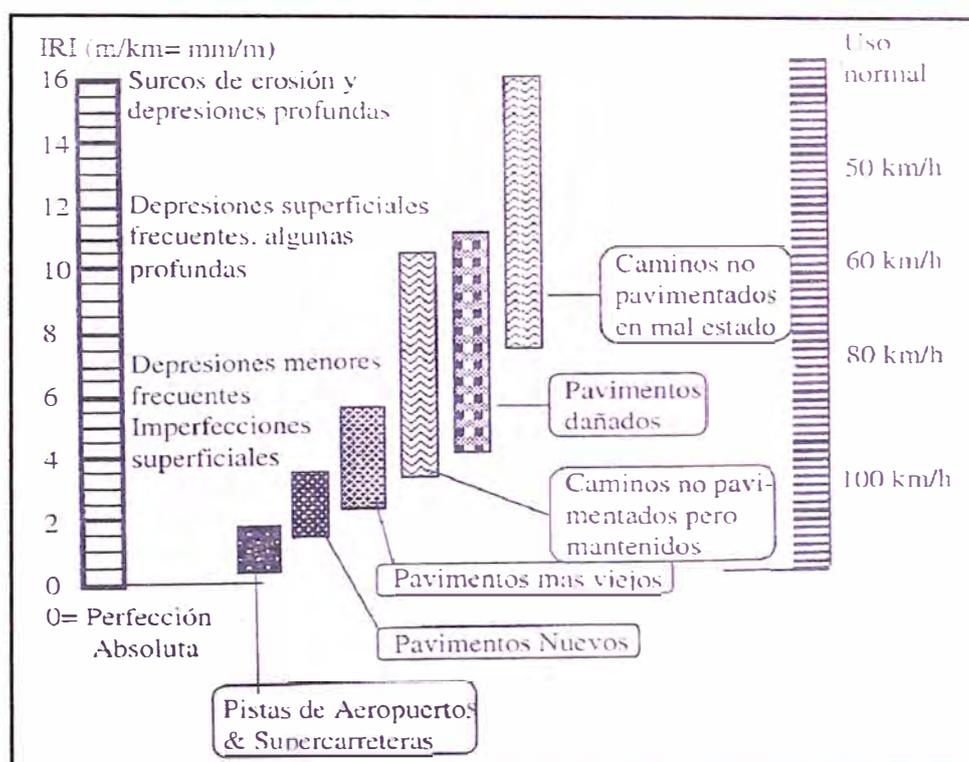
El documento Técnico No. 46 del Banco Mundial (DT46BM) publicado en 1986, es aplicable a dos tipos de medidas de la Rugosidad: mediciones directas y estimaciones de la medición estándar de la rugosidad, usando sistemas de medición del tipo respuesta (RTTMS por sus siglas en inglés: Response-Type Road Roughness Measuring Systems).

El DT46BM tiene por objetivo proporcionar una guía a los usuarios para adquirir información sobre la rugosidad, que les permita construir una base de datos para una red de carreteras. Para ello deberán: Seleccionar un método para medir la rugosidad; Calibrar el equipo de medición seleccionado, a una escala estándar de rugosidad; y emplear procedimientos que aseguren mediciones confiables en el uso rutinario.

La utilización de la Guía permite asegurar por otro lado que:

La medidas de la rugosidad indiquen la condición de la carretera y de cómo ella afecta a los conductores en términos de calidad de la transitabilidad, costo de los usuarios y seguridad; la información recopilada en mediciones rutinarias sea

relacionada a una escala estándar de rugosidad y que los datos erróneos puedan ser identificados antes de ingresarlos a la base de datos; los datos de la rugosidad pueden ser comparados directamente con los adquiridos por otras organizaciones de carreteras que siguen la misma guía; y las medidas de la rugosidad tengan el mismo significado en todos los tipos de carreteras utilizada por los camiones y autos de pasajeros, incluyendo asfalto, concreto, tratamiento superficial, grava y caminos de tierra. En la **Figura N° 2.01** se muestra la Escala de rugosidad para diferentes tipos de carreteras.



**Figura N° 2.01: Escala de Rugosidad IRI**

## 2.2 MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD

Los diversos métodos para medir la rugosidad que existen en el mundo pueden agruparse, de acuerdo a la clasificación dada por el Banco Mundial, en cuatro clases genéricas, en base a cuán directa sea la correlación que emplea para relacionar sus medidas con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

### **Clase 1: Perfiles de Precisión.**

Basados en la medición de perfiles topográficos de gran precisión, estos métodos se constituyen como los más exactos que existen para la determinación del IRI.

Los métodos de la clase 1 establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento, con medidas espaciadas cada 0.25m y cotas con una precisión de 0.5 mm. A esta clase pertenecen los métodos basados en la medición del perfil del pavimento con el perfilómetro TRRL Beam, y, con mira y nivel de precisión (Road and Level).

### **Clase 2: Otros Métodos Perfilométricos.**

Esta clase incluye todos los otros métodos en los cuales la rugosidad se determina sobre la base de la medición del perfil longitudinal, pero con una exactitud menor que los de la clase 1. Estos métodos recurren al uso de perfilómetros de alta velocidad o mediciones estáticas con equipos similares a los de Clase 1, pero con niveles inferiores de exactitud. Entre los perfilómetros de alta velocidad se tienen, el APL Trailer y GMR- type Inertial Profilometer.

Tanto los métodos de Clase 1, como los de Clase 2, establecen la rugosidad en unidades IRI haciendo uso de programas de cómputo, los cuales se basan en algoritmos matemáticos que simulan la respuesta dinámica que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo modelo, al “transitar” por el perfil medido. Dicha respuesta se sintetiza finalmente en la cantidad de movimiento relativo vertical acumulado por unidad de longitud, expresado en m/km y que recibe el nombre de IRI.

### **Clase 3: Estimación del IRI Mediante Ecuación de Calibración**

En esta clase están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. La mayoría de los datos de rugosidad que se recolectan a través del mundo se obtienen mediante estos métodos. Estos Métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response - Type Road Roghness Measuring System, o simplemente RTRRMS), establecen la rugosidad en base a la detección del movimiento relativo que experimenta el

sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un tráiler remolcado, al transitar sobre el pavimento. En este grupo se encuentran el Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Ingles), NAASRA Meter (Australiano), etc.

#### **Clase 4: Valoraciones Subjetivas y Medidas sin Calibrar**

Hay situaciones en las que se requieren datos de rugosidad sin necesidad de una gran precisión o simplemente no es posible obtener datos precisos; sin embargo se hace deseable relacionar las medidas a la escala del IRI. En tales casos se puede recurrir a una evaluación subjetiva, ya sea mediante experiencia previa recorriendo caminos o en base a una inspección visual. Otra posibilidad es utilizar las medidas obtenidas con un equipo sin calibrar, tal como un RTRRMS.

### **2.3 MÉTODO UTILIZADO EN EL PERÚ.**

En el Perú, se han efectuado mediciones de la rugosidad con perfilómetros estáticos, tipo **MERLIN**, acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using Lowcost Instrumentation, y perfilómetros dinámicos, tipo Bump Integrator. Sin embargo, ambos equipos requieren de una calibración previa con el objetivo de correlacionar la “rugosidad real” con la “rugosidad referencial” del equipo.

De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, el método de medición del MERLIN calificaría por la forma como Clase 3, ya que hace uso de una ecuación de correlación para relacionar los valores que determina con la escala del IRI. Sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilometro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 2. De hecho por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (Mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator), lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

### **2.4 EVALUACION FUNCIONAL**

La evaluación funcional está relacionada directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía. El confort y la calidad de rodado es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.

Las carreteras deterioradas con un alto nivel de rugosidad generan adicionalmente a la incomodidad que sufre el usuario, mayores costos derivados del mayor desgaste vehicular y un mayor tiempo de transporte. Adicionalmente, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no solo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

### **2.4.1 Rugosidad y Serviciabilidad**

La rugosidad es un parámetro que permite evaluar el estado de la superficie de rodadura del pavimento desde el punto de vista de irregularidades, deformaciones y ondulaciones. La medida de la rugosidad cuantifica las variaciones del perfil longitudinal de dicha superficie. La unidad de medida de la rugosidad es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), expresado en metros por kilómetro y se determina por medio de un rugosímetro patronado y aceptado de acuerdo con las prácticas de la ingeniería vial.

El concepto de rugosidad está estrechamente relacionado con el concepto de serviciabilidad. A menor irregularidad de la superficie de rodadura, la rugosidad será menor y por consiguiente la vía estará en capacidad de proporcionar un mejor nivel de serviciabilidad. En el caso opuesto, cuando más irregular es la superficie de rodadura, la rugosidad será mayor y al vía no está en condiciones de brindar un adecuado nivel de serviciabilidad.

Finalmente, estos parámetros se traducen en costos de operación vehicular, costos de transporte de los usuarios, y costos de mantenimiento de la vía.

Siendo la función más importante del pavimento el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento, el concepto de serviciabilidad se orienta a evaluar su capacidad para proporcionar una transitabilidad suave y confortable, siendo uno de los indicadores que permite evaluar la condición del pavimento en un determinado momento.

Si bien es cierto que la serviciabilidad no solamente depende de la rugosidad sino de otros parámetros, pero la rugosidad es el parámetro de mayor influencia en la determinación de la serviciabilidad.

En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

La expresión siguiente, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

$$PSI = 5e^{-(R/5.5)} \pm 25\% \quad \text{Para un } R < 12$$

Donde:

R: Rugosidad en IRI.

La rugosidad es empleada en la fase de diseño para determinar la condición actual del tramo y para plantear alternativas de rehabilitación y/o reconstrucción dependiendo del nivel de deterioro de la vía.

El procedimiento peruano para definir la transitabilidad toma los criterios de la AASHO, y tiene como objeto emitir una conclusión general acerca de la funcionalidad de la vía. Cuadro N° 2.01.

## 2.5 EQUIPO MERLIN

El MERLIN, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, es un equipo utilizado para la medición de la rugosidad de los pavimentos, desarrollado durante la década de los 80 y dado a conocer en 1990 por la unidad de ultramar del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL). El MERLIN es un equipo de tecnología intermedia que fue diseñado para ser difundido en los países en vías de desarrollo, por las ventajas de su bajo costo de fabricación y por la gran exactitud de los resultados que proporciona.

La introducción del MERLIN en el Perú se produjo en el año 1993, por iniciativa de Ing. Pablo del Aguila, en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El primer estudio de rugosidad con un MERLIN se efectuó durante el mes de septiembre de 1993, como parte de los estudios para la rehabilitación de la carretera Huayre-Huánuco, parte de una vía de integración regional de gran

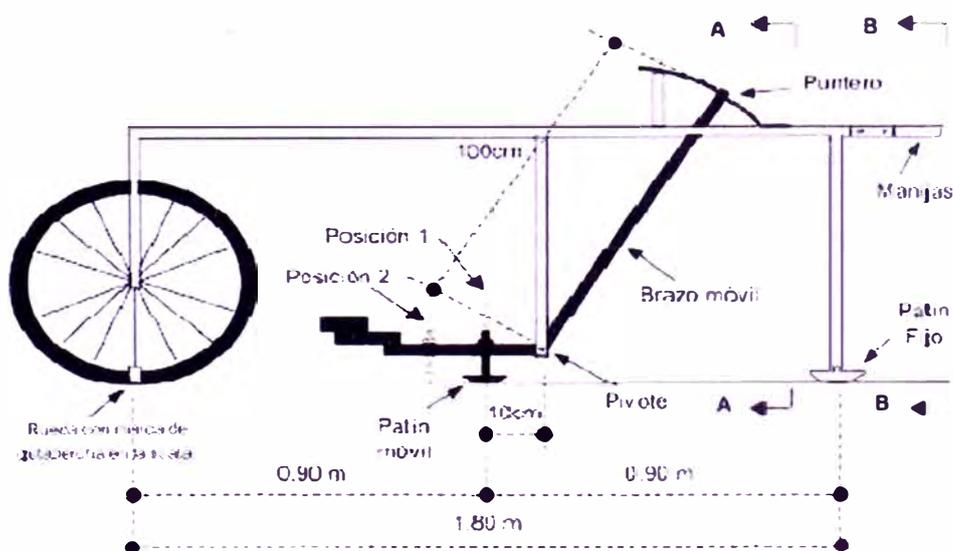
importancia en el Perú. En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro, y sobre tramos con tratamiento superficial bi-capa.

Entre Septiembre de 1993 y Febrero de 1995, las mediciones de rugosidad se efectuaron como parte integrante de estudios desarrollados para proyectos de rehabilitación de pavimentos, la mayoría con avanzado grado de deterioro.

La primera aplicación del MERLIN para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de Febrero de 1995, en el tramo de la Carretera Panamericana Norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú.

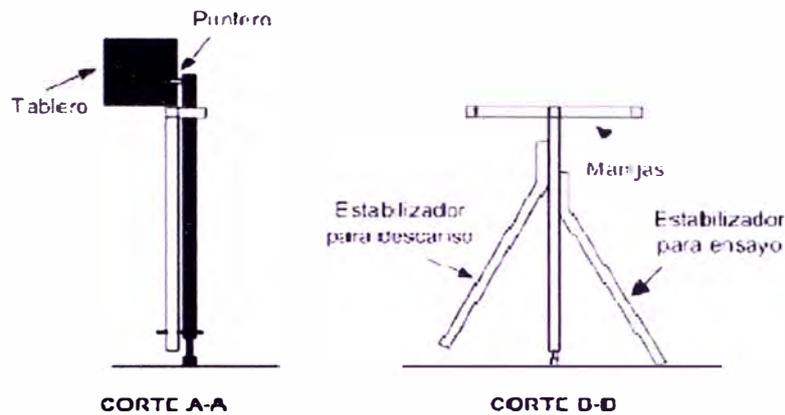
### 2.5.1. Descripción General

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La Figura N° 2.5.1.1 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.



**Figura N° 2.02 Esquema del rugosímetro MERLIN - vista perfil**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad



**Figura N° 2.03 Esquema del rugosímetro MERLIN - corte A-A y B-B**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil. El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cual se desliza el puntero (**Figura N° 2.04**).

| <b>RUGOSIMETRO MERLIN</b> |    |
|---------------------------|----|
| 1 DIVISION = 5 mm         | 50 |
|                           | 49 |
|                           | 48 |
|                           | 47 |
|                           | 46 |
|                           | 45 |
|                           | 44 |
|                           | 43 |
|                           | 42 |
|                           | 41 |
|                           | 40 |
|                           | 39 |
|                           | 38 |
|                           | 37 |
|                           | 36 |
|                           | 35 |
|                           | 34 |
|                           | 33 |
|                           | 32 |
|                           | 31 |
|                           | 30 |
|                           | 29 |
|                           | 28 |
|                           | 27 |
|                           | 26 |
|                           | 25 |
|                           | 24 |
|                           | 23 |
|                           | 22 |
|                           | 21 |
|                           | 20 |
|                           | 19 |
|                           | 18 |
|                           | 17 |
|                           | 16 |
|                           | 15 |
|                           | 14 |
|                           | 13 |
|                           | 12 |
|                           | 11 |
|                           | 10 |
|                           | 9  |
|                           | 8  |
|                           | 7  |
|                           | 6  |
|                           | 5  |
|                           | 4  |
|                           | 3  |
|                           | 2  |
|                           | 1  |

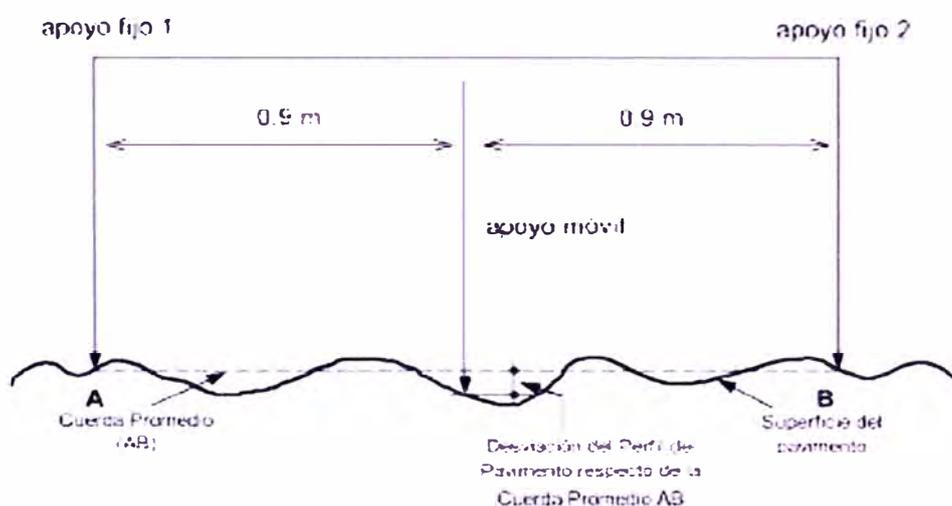
**Figura N° 2.4 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio (mid - cord deviations)**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad

## 2.5.2. Metodología para la Determinación de la Rugosidad.

### Fundamento teórico

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 2.05 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

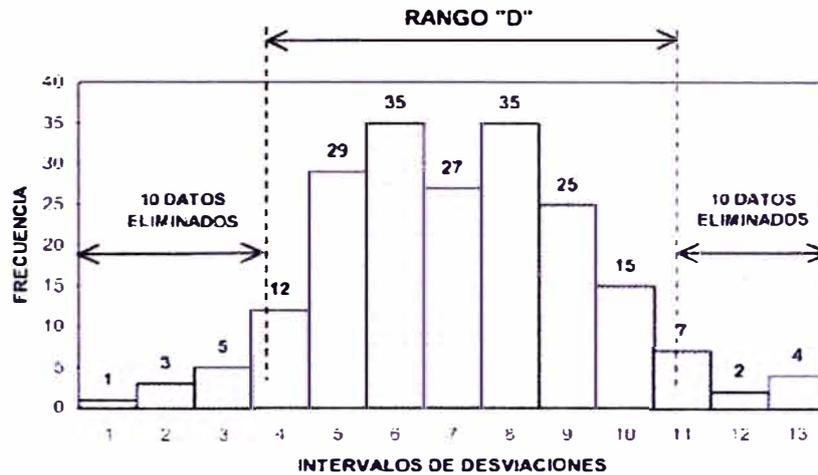


**Figura N° 2.05 Medición de la desviación de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar

de la rugosidad (Ver Figura N° 2.5.2.2). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del Histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.



**Figura N° 2.06 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto.

### Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

**a. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$  (1)**

**b. Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$  (2)**

**La expresión 1** es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

**La expresión 2** es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos.

Existen otras expresiones que han sido estudiadas para el caso de superficies que presentan cierto patrón de deformación que incide, de una manera particular, en las medidas que proporciona en MERLIN.

M.A. Cundill del TRRL estableció en 1996, para el caso de superficies con macadam de penetración de extendido manual, la siguiente expresión:

$$\text{IRI} = 1.913 + 0.0490 D \quad (3)$$

## 2.6 DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD

### 2.6.1 Ejecución de ensayos

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.



**Fotografía N° 2.01: Lectura de Datos**

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patin móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas. Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura N° 2.3, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en el Figura N° 2.7. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN  
 (HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_  
 SECTOR : \_\_\_\_\_ SUPERVISOR : \_\_\_\_\_  
 TRAMO : \_\_\_\_\_ FECHA : \_\_\_\_\_  
 CARRIL : \_\_\_\_\_

ENSAYON°  KM  +  HORA  :

|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | TIPO DE PAVIMENTO :                         |
| 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ATJHMALU <input type="checkbox"/>           |
| 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>      |
| 4  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>     |
| 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>       |
| 6  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>    |
| 7  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>  |
| 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | RECAPED. ASFALTICO <input type="checkbox"/> |
| 9  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | BELLO <input type="checkbox"/>              |
| 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | OTROS <input type="checkbox"/>              |
| 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 13 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 14 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 16 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 17 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 18 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 19 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| 20 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Figura Nº 2.07 Formato para la recolección de datos de campo**

Fuente: Ing. Pablo del Águila- Metodología para la determinación de la rugosidad

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h.

La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

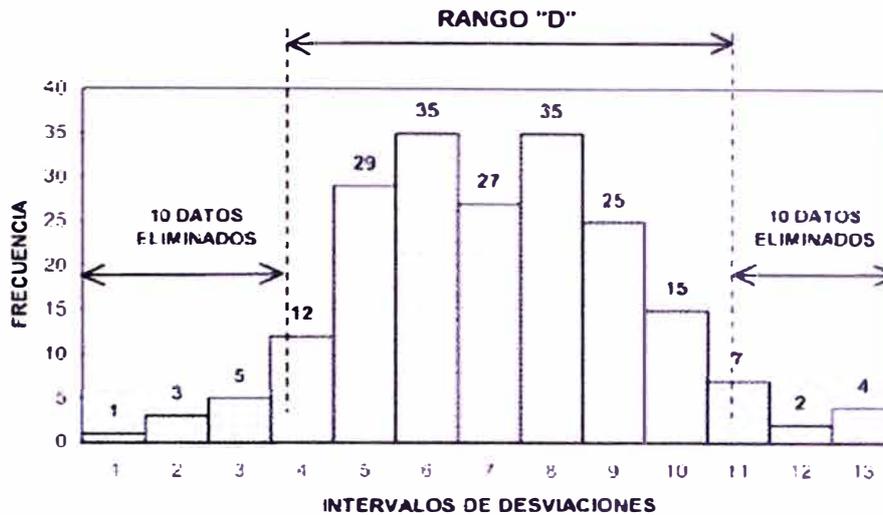
Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda).

En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

### **2.6.2 Cálculo del Rango “D”**

Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división N° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N°25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 2.8). Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.



**Figura Nº 2.08 Histograma de la distribución de frecuencias - ejemplo aplicativo**

Fuente: Ing. Pablo del Aguila- Metodología para la determinación de la rugosidad

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos.

En la Figura Nº 2.8 , por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a  $11/12=0.92$ . Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a  $3/7=0.43$ . Se tiene en consecuencia un Rango igual a  $0.92+6+0.43=7.35$  unidades.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ( $7.35 \times 5\text{mm}=36.75\text{mm}$ ).

### 2.6.3 Factor de Corrección para el ajuste de “D”

Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10 (Ver Figura Nº 2.7). Esta relación

en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

1. Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas. Por ejemplo: el espesor medido es 6.2mm.

2. Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana (un piso de terrazo, por ejemplo) y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso (por ejemplo, lectura=25). Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.

Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10 (es decir:  $6.2 \times 10 = 62$  mm), lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida.

Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \quad (4)$$

Donde,

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

### Por ejemplo:

Si la posición inicial del puntero fue 25 y la final fue 10, entonces el Factor de Corrección será:

$$FC = (6.2 \times 10) / [(25-10) \times 5] = 0.82666$$

#### 2.6.4 Variación de relación de brazos.

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 2.02):

- a. Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición estándar que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.
- b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados.

En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

#### 2.6.5 Cálculo del Rango "D" corregido.

El valor D calculado en la sección 2.6.2, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (**FC=0.82666**) definido en la sección 2.6.3 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1).

El valor D corregido será  $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38 \text{ mm}$ .

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en "unidades MERLIN".

#### 2.6.6 Determinación de la Rugosidad en la escala del IRI.

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2). Aplicando la expresión para el caso de  $IRI < 2.5$ , se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a 1.47 m/km.

## **Normatividad Tratamientos Superficiales**

En la Norma E-G 2000 en la sección 405.15 Aceptación de los trabajos, (c) Calidad del producto terminado y ítem (3) Rugosidad indica lo siguiente.

### **(3) Rugosidad**

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a dos metros cincuenta centímetros por kilómetro (2.5m/km), salvo que la especificación particular establezca un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando el tratamiento se construya sobre un pavimento existente. En este caso la rugosidad del tratamiento terminado será indicada en los planos y documentos del proyecto.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, deberán ser corregidas por el contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del supervisor y a satisfacción de este.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la Subsección 410.18 (f) (5).

El que indica lo siguiente:

La regularidad superficial de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el supervisor, para lo cual por cuenta y cargo del contratista deberá determinarse la rugosidad en unidades IRI.

Para la medición de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros perfilométricos o cualquier método aprobado por el supervisor.

La medida de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramo de 5km, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones parciales para cada kilómetro.

En el evento de no satisfacer el valor máximo, deberá revisarse el equipo y el procesamiento de esparcido y compactado, a fin de tomar las medidas correctivas que conduzca a un mejoramiento del acabado de la superficie de rodadura.

## CAPITULO III

### APLICACIÓN TRAMO KM. 104+000 AL KM. 106+000

#### 3.1 CALCULO DEL PARÁMETRO DE EVALUACIÓN IRI CON LOS DATOS DE CAMPO

##### 3.1.1 Selección del tramo representativo.

En el tramo evaluado existe la presencia de gibas en los km. 104+105, 104+460, 104+500 y 105+475, por tal motivo se escogió como tramo representativo del primer kilometro evaluado al tramo km.104+600 al km. 105+000 y del segundo kilometro evaluado el tramo km. 105+000 al km. 105+400, que están fuera de la presencia de gibas. Cabe resaltar que los ensayos se efectuaron en sentido de Chupaca hacia Cañete sobre la huella derecha de la carretera.

##### 3.1.2. Toma de datos de las lecturas del Merlín en el carril derecho.

Se tomaron 200 lecturas, usando una rueda de bicicleta de 26 pulgadas, uno en cada revolución de la rueda, esto para aproximadamente 400m de tramo de prueba. Para secciones de prueba más largas o más cortas, será requerido un procedimiento diferente de medición.

Tomar alrededor de 200 lecturas por tablero. Con menos lecturas, la precisión disminuirá; con más lecturas el tablero se desordenará.

Por tal motivo se toma una sección de prueba de 400m por cada kilometro y se toma 200 lecturas en sentido de Cañete a Chupaca.

Como se observa en las **fotografías N° 3.01 y N° 3.02.**



**Fotografía N° 3.01: Lectura de Datos km. 104+600 al 105+000  
Lado derecho**



**Fotografía N° 3.02: Lectura de Datos km. 105+000 al 105+400,  
Lado derecho**

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

| ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN<br>(HOJA DE CAMPO) |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
|---|----|----|----|----|--------------------------------------|---------|----|----|----|---------|--|------|--|-----------|--|
| PROYECTO: <i>Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo</i>                   |    |    |    |    | OPERADOR : <i>Zaida Rocio Quispe</i> |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| SECTOR : <i>Capillucas -Dv. Yauyos</i>                              |    |    |    |    | SUPERVISOR : <i>Ing. Apolinario</i>  |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| TRAMO : <i>km 104+000 - km 106+000</i>                              |    |    |    |    | FECHA : <i>15/05/2010</i>            |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| CARRIL : <i>DERECHO(de Chupaca a Cañete)</i>                        |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| ENSAYO N°   |    | 1  |    | KM |                                      | 105+000 |    | AL |    | 104+600 |  | HORA |  | 12:30 am. |  |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5                                    | 6       | 7  | 8  | 9  | 10      |  |      |  |           |  |
| 1   | 25 | 28 | 35 | 19 | 26                                   | 29      | 27 | 25 | 23 | 31      | TIPOS DE PAVIMENTO:                                      |      |  |           |  |
| 2   | 21 | 34 | 30 | 25 | 30                                   | 24      | 32 | 32 | 27 | 37      |  |      |  |           |  |
| 3   | 21 | 11 | 33 | 31 | 18                                   | 24      | 27 | 31 | 36 | 30      | AFIRMADO <input type="checkbox"/>                        |      |  |           |  |
| 4   | 34 | 26 | 33 | 33 | 25                                   | 34      | 29 | 32 | 26 | 27      | BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>                   |      |  |           |  |
| 5   | 34 | 19 | 28 | 22 | 27                                   | 29      | 29 | 26 | 26 | 41      | BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>                  |      |  |           |  |
| 6   | 26 | 34 | 31 | 25 | 28                                   | 24      | 34 | 30 | 31 | 30      | TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/> |      |  |           |  |
| 7   | 22 | 28 | 27 | 31 | 29                                   | 30      | 25 | 31 | 26 | 38      | TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>         |      |  |           |  |
| 8   | 30 | 31 | 24 | 33 | 27                                   | 31      | 23 | 26 | 30 | 22      | RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>               |      |  |           |  |
| 9   | 25 | 28 | 27 | 31 | 26                                   | 40      | 8  | 31 | 31 | 24      | SELLO <input type="checkbox"/>                           |      |  |           |  |
| 10  | 28 | 25 | 26 | 26 | 31                                   | 36      | 35 | 32 | 22 | 35      |  |      |  |           |  |
| 11  | 36 | 28 | 32 | 19 | 27                                   | 35      | 19 | 30 | 26 | 16      |  |      |  |           |  |
| 12  | 27 | 30 | 31 | 25 | 31                                   | 28      | 31 | 27 | 40 | 21      |  |      |  |           |  |
| 13  | 31 | 33 | 22 | 30 | 29                                   | 27      | 24 | 28 | 31 | 23      |  |      |  |           |  |
| 14  | 39 | 30 | 32 | 32 | 21                                   | 22      | 41 | 27 | 28 | 25      |  |      |  |           |  |
| 15  | 26 | 22 | 30 | 23 | 35                                   | 26      | 31 | 35 | 19 | 28      |  |      |  |           |  |
| 16  | 41 | 24 | 30 | 19 | 31                                   | 31      | 30 | 29 | 32 | 34      |  |      |  |           |  |
| 17  | 31 | 42 | 23 | 37 | 31                                   | 33      | 13 | 31 | 27 | 22      |  |      |  |           |  |
| 18  | 19 | 32 | 25 | 25 | 24                                   | 33      | 34 | 33 | 30 | 36      |  |      |  |           |  |
| 19  | 30 | 29 | 24 | 22 | 27                                   | 26      | 29 | 33 | 30 | 36      |  |      |  |           |  |
| 20  | 31 | 29 | 22 | 39 | 31                                   | 28      | 35 | 23 | 30 | 33      |  |      |  |           |  |
| OBSERVACIONES: .....  |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| .....   |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| .....   |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |
| .....   |    |    |    |    |                                      |         |    |    |    |         |  |      |  |           |  |

**Cuadro N° 3.01: Datos obtenidos en la zona de ensayo km 105+000  
Al km 104+600**

Fuente: Elaboración Propia -Visita de Campo al tramo de prueba

**ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN  
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO: *Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo*  
SECTOR : *Capillucas -Dv. Yauyos*  
TRAMO : *km 104+000 - km 106+000*  
CARRIL : *DERECHO(de Chupaca a Cañete)*

OPERADOR : *Zaida Rocio Quispe*  
SUPERVISOR : *Ing. Apolinario*  
FECHA : *15/05/2010*

ENSAYO N°  KM  AL  HORA

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 34 | 35 | 19 | 22 | 30 | 35 | 26 | 31 | 28 | 26 |
| 2  | 36 | 30 | 27 | 28 | 28 | 32 | 31 | 29 | 31 | 32 |
| 3  | 32 | 31 | 26 | 19 | 29 | 29 | 25 | 31 | 30 | 35 |
| 4  | 39 | 32 | 36 | 35 | 30 | 33 | 29 | 25 | 25 | 37 |
| 5  | 32 | 36 | 21 | 48 | 33 | 37 | 29 | 32 | 36 | 29 |
| 6  | 34 | 29 | 27 | 21 | 31 | 31 | 30 | 27 | 36 | 32 |
| 7  | 30 | 35 | 28 | 30 | 27 | 23 | 31 | 33 | 25 | 33 |
| 8  | 27 | 27 | 18 | 23 | 32 | 33 | 30 | 31 | 26 | 29 |
| 9  | 34 | 34 | 23 | 34 | 25 | 33 | 29 | 32 | 30 | 24 |
| 10 | 29 | 36 | 37 | 37 | 32 | 33 | 27 | 22 | 23 | 33 |
| 11 | 40 | 27 | 27 | 28 | 31 | 31 | 34 | 32 | 24 | 31 |
| 12 | 48 | 35 | 39 | 22 | 33 | 26 | 26 | 27 | 29 | 28 |
| 13 | 32 | 35 | 21 | 26 | 32 | 29 | 29 | 38 | 28 | 27 |
| 14 | 37 | 36 | 30 | 31 | 22 | 36 | 32 | 28 | 25 | 33 |
| 15 | 30 | 16 | 31 | 29 | 26 | 29 | 27 | 24 | 24 | 33 |
| 16 | 31 | 31 | 19 | 33 | 32 | 29 | 32 | 33 | 12 | 26 |
| 17 | 30 | 32 | 30 | 31 | 30 | 25 | 34 | 33 | 26 | 27 |
| 18 | 31 | 31 | 26 | 22 | 26 | 31 | 35 | 34 | 30 | 35 |
| 19 | 27 | 33 | 15 | 33 | 26 | 28 | 26 | 30 | 33 | 37 |
| 20 | 30 | 3  | 38 | 33 | 27 | 29 | 29 | 30 | 23 | 27 |

TIPOS DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMADA

TRATAMIENTO MONOCAPA

TRATAMIENTO SLURRY SEAL

RECAPEO ASFALTICO

SELLO

.....

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

.....

.....

**Cuadro N° 3.02: Datos obtenidos en la zona de ensayo km. 105+400  
Al km 105+000**

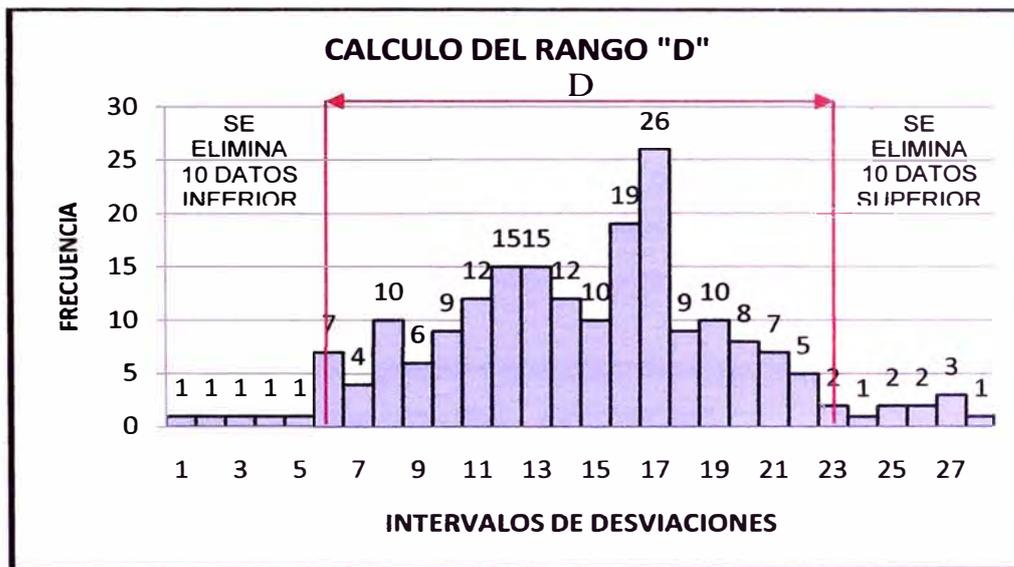
Fuente: Elaboración Propia -Visita de Campo al tramo de prueba

### 3.1.3. Cálculo de la rugosidad.

#### a. Cálculo del Rango "D"

Para el cálculo de "D" se elabora el histograma de distribución de frecuencias con los datos obtenidos de las lecturas. Como se muestra en la **Figura N° 3.01** y **Figura N° 3.02**.

#### ➤ Km.104+600 al km.105+000 (T1)



**Figura N° 3.01 Histograma de la distribución de frecuencias  
km.104+600-km105+000**

Fuente: Elaboración propia

Se descarta 10% de los datos erráticos, se eliminan el 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior, como se muestra en la figura N° 3.01, entonces quedarían 2/7, 1/2 y 16 unidades.

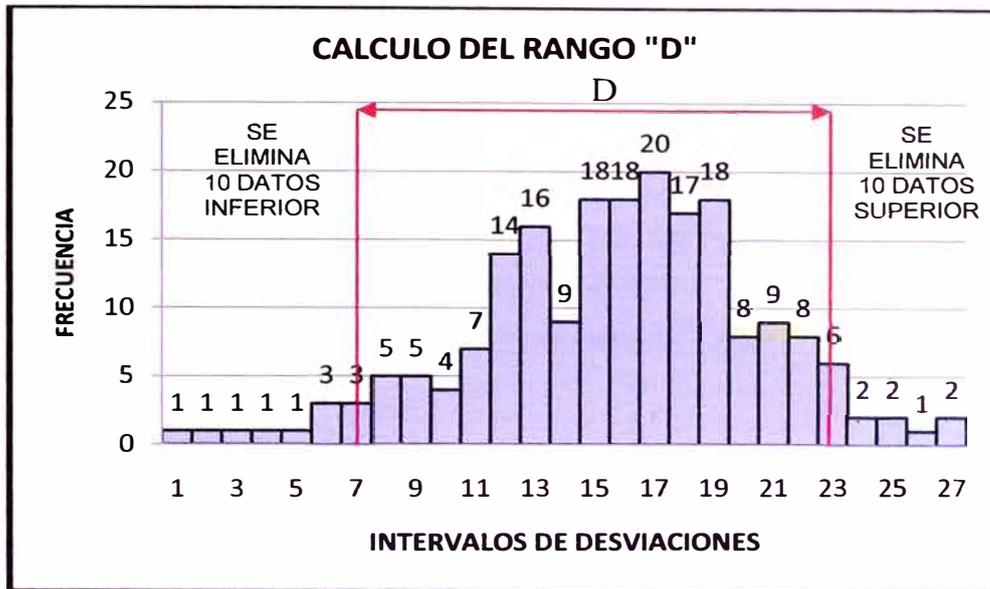
Por lo tanto se tiene un **Rango igual a 2/7+16+1/2=16.79**

$$D = \text{Rango} * 5 \text{ mm}$$

Entonces

$$D_{T1} = 16.79 * 5 = 83.95 \text{ mm}$$

➤ **Km.105+000 al km.105+400 (T2)**



**Figura Nº 3.02 Histograma de la distribución de frecuencias  
 km.105+000 - km105+400**

Fuente: Elaboración propia

Se descarta 10% de los datos erráticos, se eliminan el 5%(10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del estremo superior, como se muestra en la figura Nº 3.02, entonces quedarían 1/3, 3/6 y 15 unidades.

Por lo tanto se tiene un **Rango igual a  $1/3+15+3/6=15.83$**

$$D = \text{Rango} * 5 \text{ mm}$$

Entonces

$$D_{T2} = 15.83 * 5 = 79.15 \text{ mm}$$

**b. Factor de Corrección para el ajuste de “D”****FACTOR DE CORRECCIÓN DEL EQUIPO MERLIN**

| SERIE No | Factor de Corrección |    | Lecturas con pastillas de calibración |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|----------------------|----|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | Li                   | Lf | Li1                                   | Li2 | Li3 | Li4 | Lf1 | Lf2 | Lf3 | Lf4 |
| 541      | 25                   | 11 | 25                                    | 25  | 25  | 25  | 11  | 11  | 12  | 10  |

**Cuadro N° 3.03: Datos para la calibración del equipo Merlin SERIE 541/MODELO TM 171**

Fuente: UNI-FIC-Datos obtenidos de Campo

$$F. C = \frac{EP * 10}{[(LI - LF) * 5]}$$

Donde:

F.C: Factor de corrección.

EP. : Espesor de la pastilla de cobre. (e=6.47mm).

LI: Lectura inicial.

LF: lectura final.

Luego de reemplazar los datos en la formula obtenemos un factor de corrección de **FC (SERIE 541) = 0.924**

**c. Variación de relación de brazos.**

El equipo Merlin **SERIE 541/MODELO TM 171** que es el que se uso para la toma de datos tiene una relación de brazos de 1:10, por tanto al valor de D se le multiplica por la unidad.

$$RB = 1$$

Donde:

R.B: Relación de brazos.

**d. Cálculo del Rango "D" corregido.**

Los valores  $D_{T1}$  y  $D_{T2}$  calculado en (a), se modifica considerando el Factor de corrección y la relación de brazos.

$$D_{\text{corregido}} = D * FC * RB$$

➤ **Km.104+600 al km.105+000 (T1)**

Donde:

FC. : Factor de corrección. **(0.924)**.

RB: Relación de brazos. **(1)**

$D_{T1}$ : 83.95 mm

$D_{T1}$  corregido: **77.57 mm**

➤ **Km.105+000 al km.105+400 (T2)**

Donde:

FC. : Factor de corrección. **(0.924)**.

RB: Relación de brazos. **(1)**

$D_{T2}$ : 79.15 mm

$D_{T2}$  corregido: **73.13mm**

**e. Determinación de la Rugosidad en la escala del IRI.**

En seguida se procede a transforma la rugosidad de unidades MERLIN a la escala IRI, con la siguiente expresión.

$$IRI = 0.593 + 0.0471D_{\text{corregido}}$$

➤ **Km.104+600 al km.105+000 (T1)**

Donde:

**D<sub>T1</sub> corregido: 77.57 mm****IRI: 4.25 m/km**➤ **Km.105+000 al km.105+400 (T2)**

Donde:

**D<sub>T2</sub> corregido: 73.13 mm****IRI: 4.04 m/km**

Por lo tanto los resultados de la evaluación de la rugosidad del tramo km 104+000 al km 106+00 nos dio como resultado un **IRI promedio de 4.14**, como se aprecia en el **Cuadro N° 3.04**.

| <b>EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL<br/>(VISITA DE CAMPO) MAYO 2010</b> |              |                  |
|---|--------------|------------------|
| <b>Progresiva</b>   |              | <b>Rugosidad</b> |
| <b>Inicial</b>  | <b>Final</b> | <b>IRI</b>       |
| <b>(km)</b>   | <b>(km)</b>  | <b>(m/km)</b>    |
| 104+600   | 105+000      | 4.25             |
| 105+000   | 105+400      | 4.04             |
| <b>IRI promedio</b>   |              | <b>4.14</b>      |

**Cuadro N° 3.04: Resultado de la rugosidad promedio**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.4. Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente.

Utilizando la expresión establecida por Sayers, obtenemos los valores del índice de serviciabilidad presente.

$$PSI = 5e^{-(R/5.5)} ; \quad \text{Para un } R < 12$$

Para un IRI <sub>PROMEDIO</sub> de 4.14 m/km tenemos como resultado de PSI (AASHTO) de 2.35, como se observa en el cuadro.

| CUADRO DE RESULTADOS |         |
|----------------------|---------|
| CARRIL               | DERECHO |
| IRI (m/km)           | 4.14    |
| PSI (AASHTO)         | 2.35    |

**Cuadro N° 3.05: Resultado de PSI**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA CON EL INDICE DE RUGOSIDAD, REALIZADA POR PROVIAS-UNI FIC

Por el convenio de Cooperación Interinstitucional entre el proyecto especial de Infraestructura de Transporte Nacional - Provías Nacional y la Universidad Nacional de ingeniería-UNI-FIC, realizaron la evaluación de la rugosidad en el tramo con tratamiento superficial "Monocapa" del km. 79+500 al km 138+935 en el mes de julio del 2009 y km.90+000 al km 158+400 en los meses de febrero y marzo del 2010 (Anexo B), de los cuales extraemos los valores de IRI correspondientes al tramo evaluado km 104+000 al 106+000 lado derecho (huella derecha), los valores y resultado promedio de IRIs que se obtuvieron se muestran en los Cuadro N° 3.06 y Cuadro N° 3.07.

| EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL<br>06 DE JULIO 2009 (PROVIAS-UNI FIC) |         |           |
|--|---------|-----------|
| Progresiva   |         | Rugosidad |
| Inicial  | Final   | IRI       |
| (km)   | (km)    | (m/km)    |
| 104+000  | 104+400 | 4.28      |
| 105+000  | 105+400 | 4.30      |
| IRI promedio   |         | 4.29      |

**Cuadro N° 3.06: Resultado de la evaluación de rugosidad julio 2009**

Fuente: UNI-FIC

| <b>EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL<br/>FEBRERO -MARZO DEL 2010 (PROVIAS-UNI FIC)</b> |              |               |            |            |               |
|---|--------------|---------------|------------|------------|---------------|
| <b>Progresiva</b>   |              | <b>1ra</b>    | <b>2da</b> | <b>3ra</b> | <b>PROM</b>   |
| <b>Inicial</b>  | <b>Final</b> | <b>IRI</b>    |            |            | <b>IRI</b>    |
| <b>(km)</b>   | <b>(km)</b>  | <b>(m/km)</b> |            |            | <b>(m/km)</b> |
| 104+300   | 104+700      | 4.6           | 5.2        | 4.8        | <b>4.9</b>    |
| 104+700   | 105+100      | 4.5           | 4.2        | 4.5        | <b>4.4</b>    |
| 105+100   | 105+500      | 5.0           | 5.0        | 5.2        | <b>5.0</b>    |
| 105+500   | 105+900      | 4.6           | 4.5        | 4.4        | <b>4.5</b>    |
| <b>IRI promedio</b>   |              |               |            |            | <b>4.71</b>   |

**Cuadro N° 3.07: Resultado de la evaluación de rugosidad febrero-marzo 2010**

Fuente: UNI-FICI

En la evaluación efectuada por UNI-FIC en febrero-marzo del 2010, se realizaron tres repeticiones a cada lado del carril obteniendo valores de IRI más confiables.

El tramo evaluado no se cuenta con data inicial de rugosidad, pero la evaluación que realizo la UNI-FIC en tramos similares donde se aplico el mismo tratamiento superficial se obtuvo un **IRI 3.5m/km** aproximadamente.

Este dato así como los dos datos antes mencionados se usaran para poder evaluar el comportamiento del pavimento en función del tiempo.

### **3.3 EVALUACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD COMO PARÁMETRO PARA EL MANTENIMIENTO OPORTUNO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA.**

➤ Con los datos de la evaluación realizada en el trabajo de campo del 15 de mayo 2010 se obtiene un valor de **PSI de 2.35** con la cual califica como **REGULAR** de acuerdo al Cuadro N° 2.01.

| Clasificación |         | Descripción  |
|---------------|---------|--|
| Numérica      | Verbal  |  |
| 3--2          | Regular | En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos y pumping. |

- Con los datos de rugosidad **PROVIAS-UNI FIC** se procede a calcular la serviciabilidad de la vía, y da como resultado que la vía sigue en estado **REGULAR**, con tendencia a malo. Como se muestra en el **Cuadro N° 3.08**.

| CUADRO DE RESULTADOS DE PSI_DATOS UNI-FIC |            |              |           |
|---|------------|--------------|-----------|
| FECHAS DE EVALUACION                      | IRI (m/km) | PSI (AASHTO) | CONDICION |
| FIC-UNI enero 2009(Inicial)               | 3.50       | <b>2.65</b>  | Regular   |
| FIC-UNI Julio 2010                        | 4.29       | <b>2.29</b>  | Regular   |
| FIC-UNI febrero 2010                      | 4.71       | <b>2.12</b>  | Regular   |

**Cuadro N° 3.08: Resultado de PSI**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 ANALISIS DE RESULTADOS

- Para determinar la variación de la rugosidad con el tiempo, se toma los valores obtenidos por la UNI-FIC (enero-2009), UNI-FIC (julio-2009) y UNI-FIC (febrero-2010) y el valor obtenido con los datos de visita de campo del 15 de mayo 2010 se deja a manera de aplicación por qué la lectura de datos solo se realizaron en una pasada y no fueron tres repeticiones como realizó la UNI-FIC. Por ello el resultado obtenido.

➤ La norma EG-2000 en la sección 405.15: Aceptación de los trabajos en tratamiento superficiales, en cuanto a la calidad del producto terminado indica en el ítem tres lo siguiente.

**(3) Rugosidad**

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a dos metros cincuenta centímetros por kilómetro (2.5 m/km), salvo que la especificación particular establezca un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando el tratamiento se construya sobre un pavimento existente. En este caso la rugosidad del tratamiento terminado será indicada en los planos y documentos del proyecto.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y a satisfacción de éste.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la Subsección 410.18(f)(5)

Esté valor de rugosidad requerido en la norma son para valores de rugosidad iniciales y además para carreteras que tienen un diseño estructural.

Al tramo evaluado no se podrá aplicar esta normatividad porque la carretera tiene únicamente una base estabilizada protegido con un tratamiento superficial de monocapa de espesor de 1cm. Y además ya está en servicio.

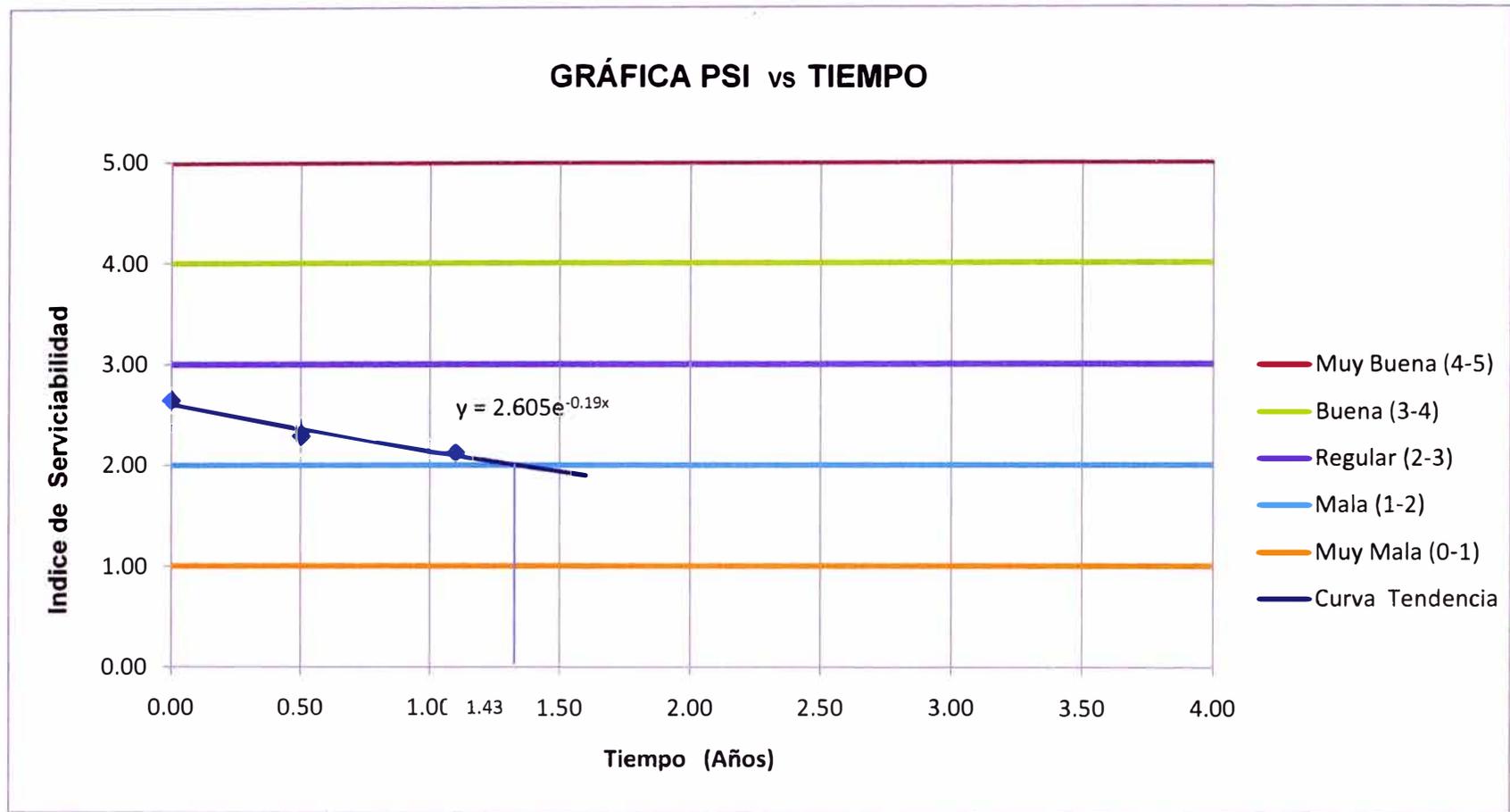
➤ la razones por la que se tiene valores de IRI altos es porque se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre dos puntos contiguos de elevación, cosa que no ocurre en la carretera evaluada por que la superficie de rodadura no fue definida mediante nivelación topográfico.

➤ Con los valores de IRI obtenidos tomando como referencia la **Escala de Rugosidad IRI (Figura N° 2.01)**, corresponde a **pavimentos viejos**.

➤ Con los valores de rugosidad promedio obtenidas por la UNI-FIC (enero-2009) **IRI<sub>inicial</sub> = 3.5 m/km**, UNI-FIC (julio-2009) **IRI=4.29m/km** y UNI-FIC (febrero-2010) **IRI=4.71m/km**, se nota que después de siete meses la rugosidad se ha incrementado en 0.79m/km, y después de catorce meses la rugosidad se

incremento en 1.21 **m/km** las cuales nos muestran que el tramo evaluado está perdiendo **transitabilidad**.

➤ En la curva del comportamiento del pavimento o grafica PSI vs TIEMPO, (**Figura N° 3.03**) notamos que en 1.43 años (16 meses) de realizado el tratamiento superficial, el tramo evaluado tendrá la condición de **Serviciabilidad Mala**.



**Figura N° 3.03 Curva del comportamiento del pavimento**

Fuente: Elaboración Propia.

La frecuencia de evaluación de la rugosidad de la carretera que realizó la UNI-FIC fue de 7 meses aproximadamente como se observa en (**Figura N° 3.03**).

Si la frecuencia de mediciones de rugosidad fuera mayor podríamos dar una vía con una servicialidad regular al usuario por un tiempo más prolongado, interviniendo oportunamente con mantenimiento rutinarios.

Se propone realizar las mediciones en tiempos intermedios a los ejecutados por la UNI-FIC, hacer las mediciones de rugosidad cada 3 meses.

Si tuviéramos más datos en la grafica podríamos determinar con mayor precisión a cuánto tiempo se debe realizar la evaluación de la rugosidad, por ello sugerimos hacer mas investigaciones en el tramo de estudio.

## CONCLUSIONES

- Los valores de rugosidad promedio obtenidas en la huella derecha del tramo evaluado km 104+000 a km 106+000, por la UNI-FIC son: (enero-2009) **IRI<sub>inicial</sub> = 3.5 m/km**, (julio-2009) **IRI=4.29m/km** y (febrero-2010) **IRI=4.71m/km**.
- La razón por la que se tiene valores de IRI altos es porque se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre dos puntos contiguos de elevación, cosa que no ocurre en la carretera evaluada por que la superficie de rodadura no fue definida mediante nivelación topográfica.
- En el tramo km 104+000 a km 106+000, se nota que después de siete meses de construida la carretera, la rugosidad se ha incrementado en 0.79m/km, y después de 14 meses la rugosidad se incremento en 1.21 m/km la cual muestra que el tramo evaluado está perdiendo transitabilidad.
- El tramo evaluado km 104+000 a km 106+000 según la escala de clasificación de la serviciabilidad le corresponde la categoría de REGULAR con tendencia a la MALA.
- En la curva del comportamiento del pavimento o grafica PSI vs TIEMPO, se aprecia que en 1.43 años (16 meses) de realizado el tratamiento superficial, el tramo evaluado tendrá la condición de Serviciabilidad **Mala**. Lo que indica que se debe adelantar el tiempo considerado para el mantenimiento periódico.

## RECOMENDACIONES

- Para tener un control de calidad adecuado para las carreteras que no cuenten con un diseño estructural, se debe de realizar Monitoreo permanente y recolección de datos las cuales van a permitir obtener rangos de IRI; para garantizar la serviciabilidad al usuario.
- Del análisis de la curva del comportamiento del pavimento, se aprecia que deben realizar mediciones de la rugosidad en tiempos intermedios a los realizados por la UNI-FIC, proponemos realizarlo cada 3 meses.
- Se recomienda realizar el Mantenimiento Periódico del tramo evaluado en el mes de mayo del 2010.
- Se recomienda hacer el pintado de la huella antes de realizar las mediciones con equipo Merlín, para recorrer por la misma línea en las tres repeticiones y evitar la dispersión de resultados en un mismo tramo.
- Con la finalidad de encontrar parámetros que definan la serviciabilidad de la vía a partir de la rugosidad de la superficie de rodadura definidos sin el uso de instrumentos de nivelación topográfica, se propone el uso Bump integrator por su mayor rendimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Consorcio de Rehabilitación Vial de Carreteras en el País, Perú, 1982.
  
- 2.- CHANG ALBITRES, CARLOS Y MELÉNDEZ PALMA, JOSÉ. “Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos y su Aplicabilidad en la Calibración de Equipos de Medición”. Trabajo Presentado al V Congreso Nacional del Asfalto.
  
- 3.- CONTRERAS SAUÑE, JORGE. “Evaluación Superficial de Pavimentos – Aplicación del Índice de Rugosidad”, Tesis UNI-FIC, Lima, 2007.
  
4. - CUNDILL, M.A. “The MERLIN Road Roughness Machine: User Guide” Transpot research Laboratory, Overseas Development Administration. TRL Report 299. Crowthorne.
  
- 5.- DEL AGUILA, P.M. “Estado de Arte Sobre la Medición de la Rugosidad de Pavimentos en el Perú”. Trabajo Presentado en el II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998.
  
- 6.- DEL AGUILA, P.M. “Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos con Equipo de Bajo costo y Gran Precisión”. Trabajo Presentado al III Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1999.
  
- 7.- DEL AGUILA, P.M. “Desarrollo de la ecuación de Correlación Para la Determinación de Pavimentos Asfálticos Nuevos, Utilizando el Equipo MERLIN”. Trabajo Presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998.

8.- GOMEZ VEGA, JUAN CARLOS."Evaluación de la Rugosidad de la Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca con Equipo Merlin Tramo km 84+000 al 89+000", Informe Suficiencia.Lima, 2009.

9.- VIVAR, G.R. "Comentarios Sobre la Medición e Interpretación de la Rugosidad en los pavimentos del Perú". Trabajo Presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998.

10.-[www.proviasnac.gob.pe](http://www.proviasnac.gob.pe).

## **ANEXOS**

**A:** ESTUDIO DE SUELOS.

**B:** RELACION DE PROYECTOS DE RUGOSIDAD.

**C:** LISTA DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL JULIO DEL 2009 Y  
FEBRERO DEL 2010.

**D:** HOJA DE LECTURA DE CAMPO.

**E:** PANEL FOTOGRÁFICO.

**ANEXO A**

**ESTUDIO DE SUELOS**

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40  
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |   |             |            |
|-------------|---|-------------|------------|
| OBRA:       | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAMUNYA - FACARAN - CHUPAZA Y<br>REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO   | G.M.M      |
| MATERIAL:   | MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE  | REVISADO    | E.M.H      |
| PROGRESIVA: | 104+500.0 CALICATA LIZO   | FECHA       | 15/03/2009 |
|             |   | N° REGISTRO | L-248      |

DATOS DE LA MUESTRA

|           |               |               |       |
|-----------|---------------|---------------|-------|
| CALICATA  | : C-48        | TAMAÑO MAXIMO | N° 40 |
| MUESTRA   | : M-01        |               |       |
| PROF. (m) | : 0.00 - 1.50 |               |       |

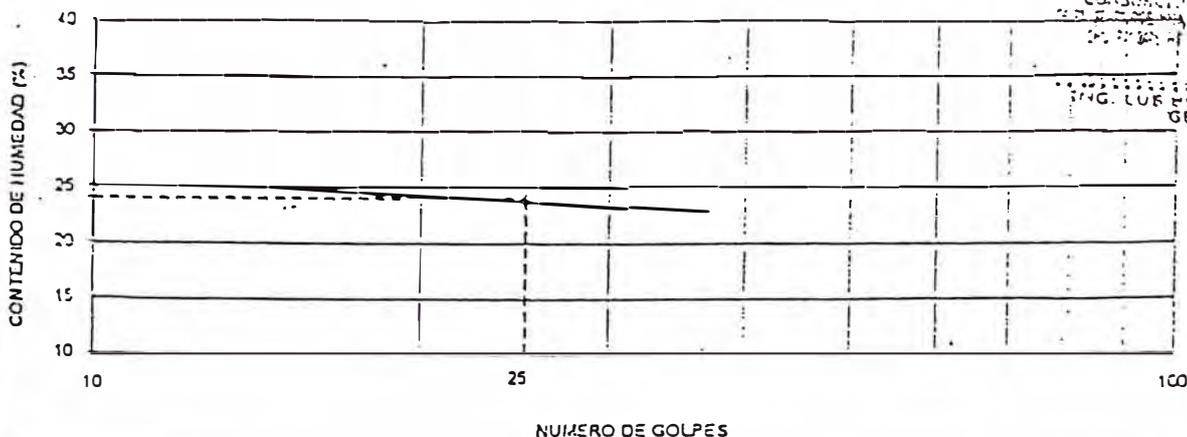
LIMITE LIQUIDO

| N° TARRO                      |  | 1     | 2     | 3     |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 27.79 | 33.35 | 29.34 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 23.93 | 26.21 | 25.45 |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 3.84  | 4.15  | 3.89  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 6.64  | 6.91  | 6.60  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 15.31 | 17.30 | 16.68 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      |  | 25.08 | 23.99 | 23.29 |
| NUMERO DE GOLPES              |  | 15    | 25    | 32    |

LIMITE PLASTICO

| N° TARRO                      |  | 4     | 5     |
|-------------------------------|--|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 18.80 | 15.25 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 17.21 | 15.29 |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 1.59  | 1.27  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 9.01  | 8.79  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 8.20  | 6.80  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      |  | 19.39 | 18.63 |

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

ING. LUIS EDUARDO ROSAS OCHOA  
 GERENTE VIAL

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

|                       |    |
|-----------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO        | 24 |
| LIMITE PLASTICO       | 19 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5  |

OBSERVACIONES

|  |
|--|
|  |
|--|

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

408

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40  
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |  |             |            |
|-------------|--|-------------|------------|
| OBRA:       | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CARETE - LUNAMAMA - FACARAN - CHUPACA Y<br>REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO   | G.N.M      |
| MATERIAL:   | MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE   | REVISADO    | E.M.H      |
| PROGRESIVA: | 103+600.0 CALICATA L.DER   | FECHA       | 15/06/2003 |
|             |  | N° REGISTRO | L-247      |

DATOS DE LA MUESTRA

|           |               |               |       |
|-----------|---------------|---------------|-------|
| CALICATA  | : C-47        | TAMAÑO MAXIMO | N° 40 |
| MUESTRA   | : M-01        |               |       |
| PROF. (m) | : 0.00 - 1.50 |               |       |

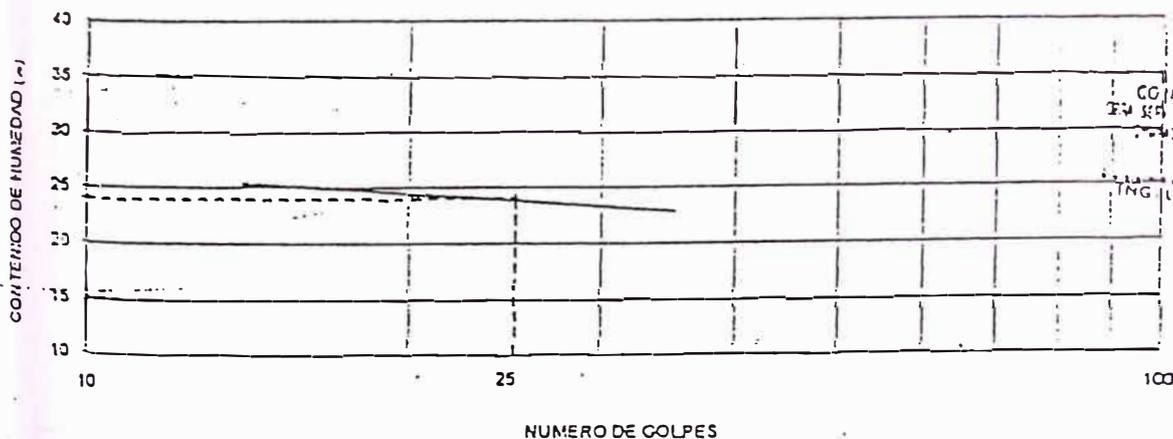
LIMITE LIQUIDO

| N° TARRO                      |  | 1     | 2     | 3     |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 31.73 | 33.63 | 30.04 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 27.08 | 28.81 | 25.01 |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 4.65  | 4.82  | 4.03  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 8.64  | 8.91  | 8.00  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 18.44 | 19.90 | 17.21 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      |  | 25.22 | 24.22 | 23.42 |
| NUMERO DE GOLPES              |  | 16    | 25    | 30    |

LIMITE PLASTICO

| N° TARRO                      |  | 4     | 5     |
|-------------------------------|--|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 17.52 | 17.60 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 15.41 | 16.19 |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 1.41  | 1.41  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 9.01  | 8.79  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 7.40  | 7.40  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)   |  | 19.05 | 19.05 |

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25.GOLPES



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 EN SESION DEL COMITE TECNICO DE CONTROL DE CALIDAD  
 PARA EL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS  
 ING. LUIS ROBERTO NOZAR, GERENTE VIAL

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

|                       |    |
|-----------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO        | 24 |
| LIMITE PLASTICO       | 19 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5  |

OBSERVACIONES

Empty box for observations.

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

402

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40  
 (NORMA AASHTO T-59, T-90, ASTM D 4315)

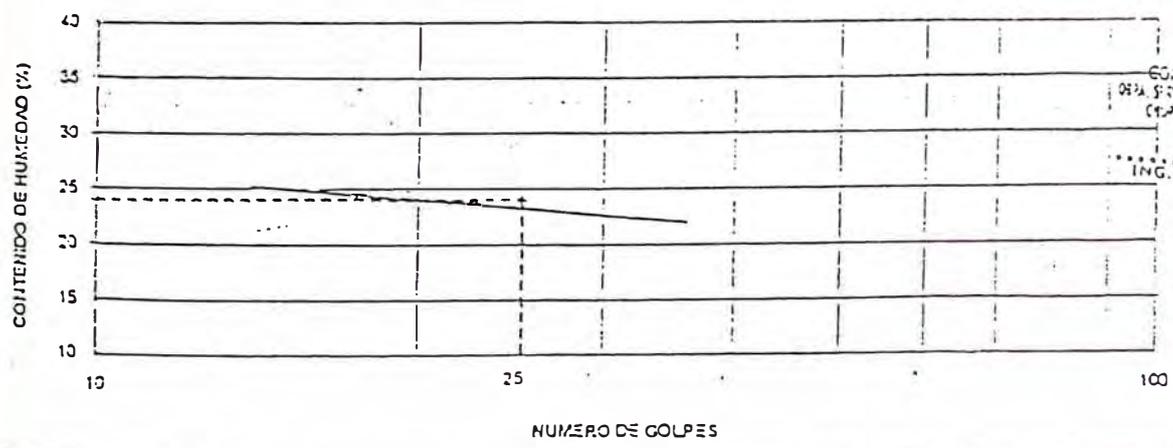
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS |   |             |            |
|---|---|-------------|------------|
| OBRA:   | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CARRETE - LUMAMANA - FACAMUN - CHUFA - Y<br>REHABILITACION DEL TALLAMO ZUÑIGA DV. YAUJO - RONCHAS | REALIZADO   | G.M.M      |
| MATERIAL:   | MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE  | REVISADO    | E.M.H      |
| PROGRESIVA:   | 105+600.0 CALICATA LIZO   | FECHA       | 19/05/2005 |
|   |   | N° REGISTRO | L-348      |

| DATOS DE LA MUESTRA |               |               |       |
|---------------------|---------------|---------------|-------|
| CALICATA            | : C-49        | TAMAÑO MAXIMO | N° 40 |
| MUESTRA             | : M-01        |               |       |
| PROF. (m)           | : 0.00 - 1.50 |               |       |

| LIMITE LIQUIDO                |  |       |       |       |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| N° TARRO                      |  | 1     | 2     | 3     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 29.01 | 30.79 | 30.17 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 24.35 | 26.53 | 26.23 |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 4.06  | 4.21  | 3.94  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 8.64  | 8.91  | 8.80  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 16.31 | 17.67 | 17.43 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      |  | 24.69 | 23.83 | 22.60 |
| NUMERO DE GOLPES              |  | 15    | 25    | 31    |

| LIMITE PLASTICO               |  |       |       |  |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| N° TARRO                      |  | 4     | 5     |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) |  | 17.53 | 18.51 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   |  | 15.41 | 16.59 |  |
| PESO DE AGUA (g)              |  | 1.42  | 1.82  |  |
| PESO DEL TARRO (g)            |  | 9.01  | 8.79  |  |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       |  | 7.40  | 8.20  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)   |  | 19.19 | 18.54 |  |

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 DE LA SERVICIOS VIAL DEL SECTOR VIAL  
 (EXPLICA Y MONITOREO DE OBRAS)  
 ING. LUIS HORACIO REYES  
 GERENTE VIAL

| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |    |
|----------------------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO                   | 24 |
| LIMITE PLASTICO                  | 19 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 5  |

OBSERVACIONES

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

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40  
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |  |             |            |
|-------------|--|-------------|------------|
| OBRA:       | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUCMAJANA - PACHA - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA OV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO   | G.H.M      |
| MATERIAL:   | MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE   | REVISADO    | E.M.H      |
| PROGRESIVA: | 106+600.0 CALICATA L.CER   | FECHA       | 18.06.2008 |
|             |  | N° REGISTRO | L-053      |

DATOS DE LA MUESTRA

|           |               |               |       |
|-----------|---------------|---------------|-------|
| CALICATA  | : C-80        | TAMAÑO MAXIMO | N° 40 |
| MUESTRA   | : M-01        |               |       |
| PROF. (m) | : 0.00 - 1.30 |               |       |

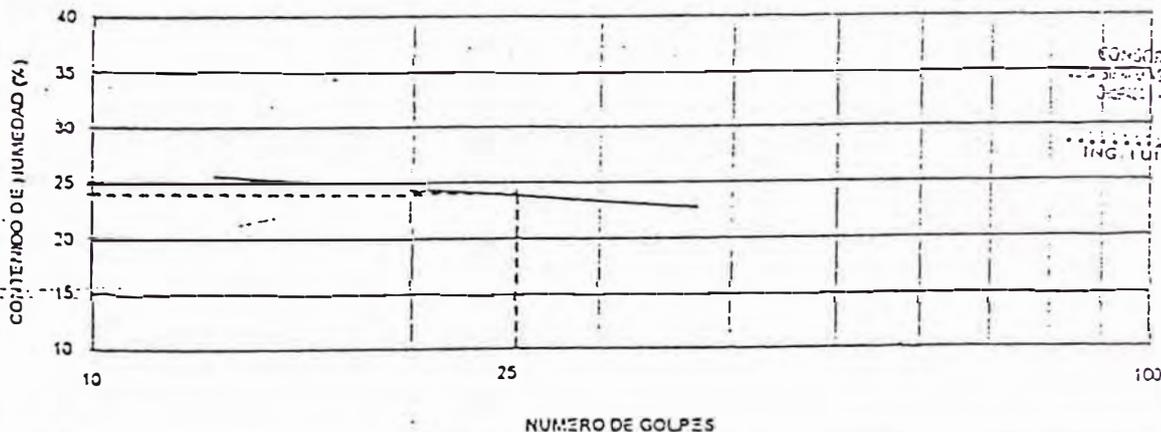
LIMITE LIQUIDO

| N° TARRO                  |     | 1     | 2     | 3     |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 33.50 | 31.66 | 33.01 |
| PESO TARRO + SUELO SECO   | (g) | 25.54 | 27.21 | 26.00 |
| PESO DE AGUA              | (g) | 5.08  | 4.45  | 4.01  |
| PESO DEL TARRO            | (g) | 8.64  | 9.91  | 8.60  |
| PESO DEL SUELO SECO       | (g) | 19.30 | 19.30 | 17.20 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | (%) | 25.43 | 24.32 | 23.31 |
| NUMERO DE GOLPES          |     | 15    | 25    | 22    |

LIMITE PLASTICO

| N° TARRO                  |     | 4     | 5     |
|---------------------------|-----|-------|-------|
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 18.76 | 17.09 |
| PESO TARRO + SUELO SECO   | (g) | 17.21 | 15.79 |
| PESO DE AGUA              | (g) | 1.55  | 1.30  |
| PESO DEL TARRO            | (g) | 9.01  | 8.79  |
| PESO DEL SUELO SECO       | (g) | 8.20  | 7.00  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD   | (%) | 18.90 | 18.57 |

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 ING. LUIS BORGACIN ROSAS  
 GERENTE VIAL

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

|                       |    |
|-----------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO        | 24 |
| LIMITE PLASTICO       | 19 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5  |

OBSERVACIONES

|  |
|--|
|  |
|--|

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

405

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUMAHUANA - 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: 104+600.0

CALICATA LIZO

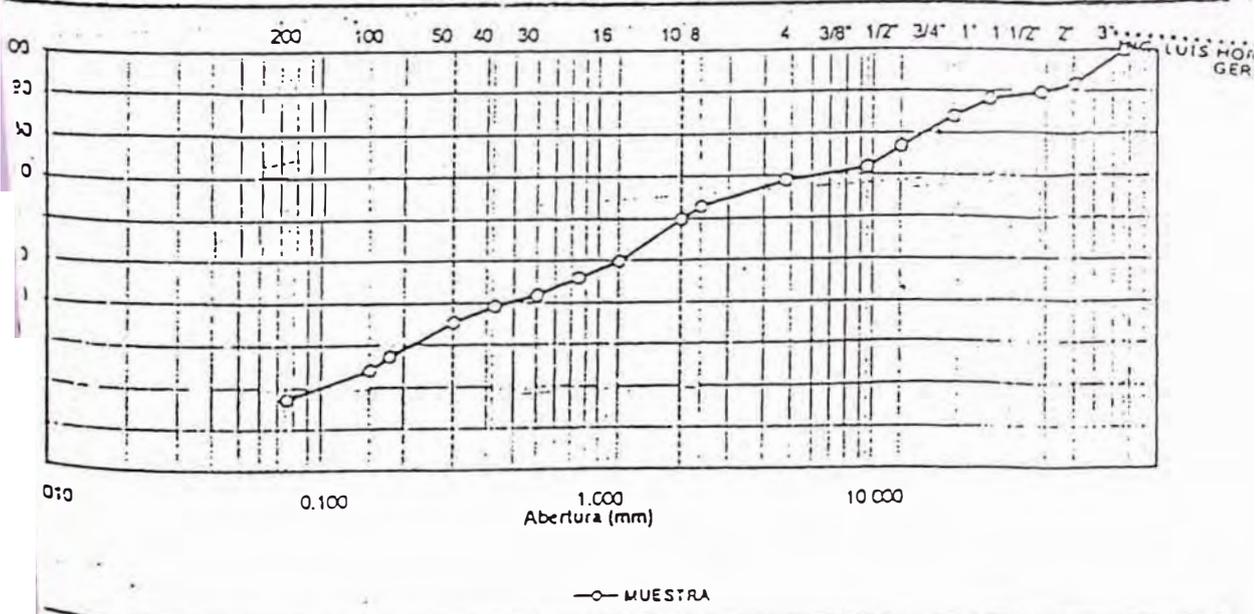
N° REGISTRO: G-043

DATOS DE LA MUESTRA

|           |             |                   |   |         |
|-----------|-------------|-------------------|---|---------|
| AUCATA    | C-43        | TAMAÑO MAXIMO     | : | 3"      |
| MUESTRA   | M-01        | Peso Inicial seco | : | 13752 ; |
| PROF. (m) | 0.00 - 1.50 | Peso lavado seco  | : | 11024 ; |

| 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 (%): 3.7 |
| 2"     | 50.800           | 1086          | 7.9                 | 7.9                | 92.1                |                | Límite Líquido (LL): 24       |
| 1 1/2" | 38.100           | 275           | 2.0                 | 9.9                | 90.1                |                | Límite Plástico (LP): 19      |
| 1"     | 25.400           | 234           | 1.7                 | 11.6               | 88.4                |                | Índice Plástico (IP): 5       |
| 3/4"   | 19.000           | 591           | 4.3                 | 15.9               | 84.1                |                | Clasificación (SUCS): SC - SM |
| 1/2"   | 12.500           | 990           | 7.2                 | 23.1               | 76.9                |                | Clasificación (AASHTO): A-1-b |
| 3/8"   | 9.500            | 674           | 4.9                 | 29.0               | 72.0                |                | Índice de Grupo: 0            |
| N° 4   | 4.750            | 413           | 3.0                 | 31.0               | 69.0                |                | Descripción (AASHTO): BUENO   |
| N° 9   | 2.360            | 76.6          | 6.1                 | 37.1               | 62.9                |                | Módulo de Finura:             |
| N° 10  | 2.000            | 36.4          | 2.9                 | 40.0               | 60.0                |                | Materia Orgánica:             |
| N° 15  | 1.180            | 125.8         | 10.1                | 50.1               | 49.9                |                | Turba:                        |
| N° 20  | 0.850            | 50.2          | 4.0                 | 54.1               | 45.9                |                | OBSERVACIONES:                |
| N° 30  | 0.600            | 50.2          | 4.0                 | 58.1               | 41.9                |                | Bolonería > 3": 4.0           |
| N° 40  | 0.425            | 33.9          | 2.7                 | 60.8               | 39.2                |                | Grava 3" - N° 4: 31.0         |
| N° 50  | 0.300            | 47.7          | 3.8                 | 64.6               | 35.4                |                | Arena N° 4 - N° 200: 51.7     |
| N° 80  | 0.177            | 100.4         | 8.0                 | 72.6               | 27.4                |                | Finos < N° 200: 17.3          |
| 100    | 0.150            | 41.4          | 3.3                 | 75.9               | 24.1                |                |                               |
| 200    | 0.075            | 85.4          | 6.8                 | 82.7               | 17.3                |                | Fracción: 866.3               |
| 200    | FONDO            | 217.3         | 17.3                | 100.0              |                     |                |                               |

CURVA GRANULOMETRICA



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

403

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

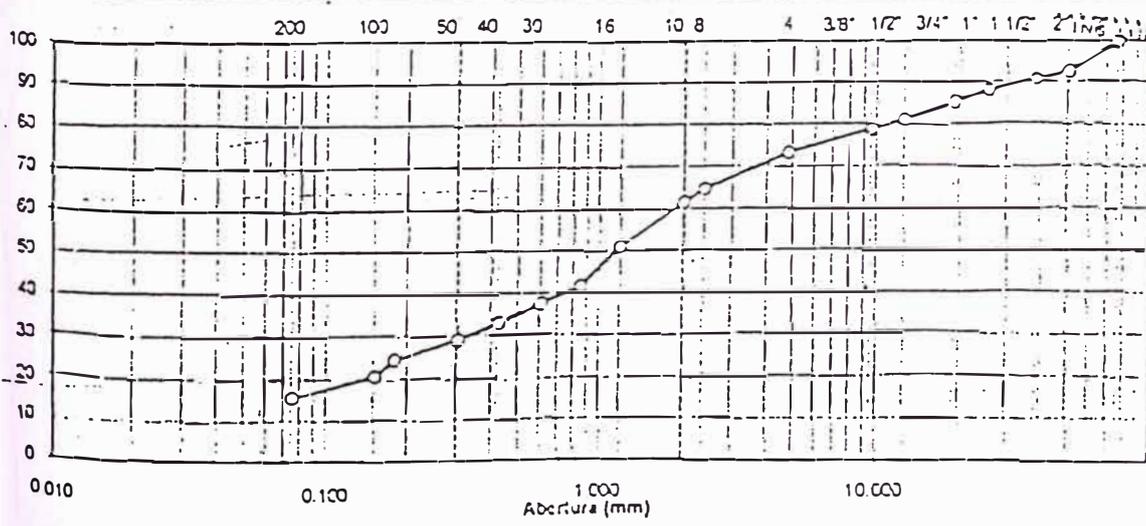
|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| OBRA: CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACAFAN - CHUPACA Y<br>REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO: G.H.M<br>REVISADO: E.M.H |
| MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE  | FECHA: 19/06/2008                   |
| PROGRESIVA: 105+600.0 CALICATA LIZO   | N° REGISTRO: G-049                  |

DATOS DE LA MUESTRA

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| CALICATA C-49         | TAMAÑO MAXIMO : 3"          |
| MUESTRA M-01          | Peso Inicial seco : 15451 g |
| PROF. (m) 0.00 - 1.50 | Peso lavado seco : 13372 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 (%): 2.1 |
| 2"       | 50.800           | 1082          | 7.0                 | 7.0                | 93.0                |                | Límite Líquido (LL): 24       |
| 1 1/2"   | 38.100           | 278           | 1.8                 | 8.8                | 91.2                |                | Límite Plástico (LP): 19      |
| 1"       | 25.400           | 448           | 2.9                 | 11.7               | 88.3                |                | Índice Plástico (PI): 5       |
| 3/4"     | 19.000           | 433           | 2.8                 | 14.5               | 85.5                |                | Clasificación (SUCS): SC - SM |
| 1/2"     | 12.500           | 664           | 4.3                 | 18.8               | 81.2                |                | Clasificación (AASHTO): A-1.5 |
| 3/8"     | 9.500            | 355           | 2.3                 | 21.1               | 78.9                |                | Índice de Grupo: 0            |
| N° 4     | 4.750            | 871           | 5.6                 | 26.7               | 73.3                |                | Descripción (AASHTO): BUENO   |
| N° 8     | 2.360            | 98.1          | 0.6                 | 35.2               | 64.8                |                | Módulo de Firmeza:            |
| N° 10    | 2.000            | 350           | 2.3                 | 39.4               | 61.6                |                | Materia Orgánica:             |
| N° 15    | 1.190            | 121.1         | 0.8                 | 48.8               | 51.2                |                | Turba:                        |
| N° 20    | 0.840            | 111.0         | 0.7                 | 59.5               | 41.5                |                | OBSERVACIONES:                |
| N° 30    | 0.600            | 45.0          | 0.3                 | 62.4               | 37.6                |                | Bolenera > 3": 3.0            |
| N° 40    | 0.425            | 52.9          | 0.3                 | 66.9               | 33.1                |                | Grava J - N° 4: 25.7          |
| N° 50    | 0.300            | 43.1          | 0.3                 | 70.9               | 29.1                |                | Arena N° 4 - N° 200: 57.7     |
| N° 80    | 0.177            | 52.9          | 0.3                 | 75.5               | 24.5                |                | Finos < N° 200: 15.6          |
| N° 100   | 0.150            | 45.8          | 0.3                 | 79.5               | 20.5                |                |                               |
| N° 200   | 0.075            | 56.9          | 0.4                 | 84.4               | 15.6                |                | Fracción: 84.9                |
| < N° 200 | FONDO            | 180.1         | 1.2                 | 100.0              |                     |                |                               |

CURVA GRANULOMETRICA



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 GERENTE VIAL  
 HONORARIO ROZAS

—○— MUESTRA

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 Y REHABILITACION DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - OLLPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA OV. YAUYO - RONCHAS  
 LOCALIDAD : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA  
 KM : 105+600  
 DIRECCION : IZQUIERDO

CALICATA : C-19  
 REALIZADO : G.H.M  
 REVISADO : E.M.H  
 FECHA DE EXCAVACION : 23.06/2008  
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50  
 PROF. NIVEL FREATICO (m) : \*

| C<br>R<br>A<br>P<br>I<br>C<br>O | DESCRIPCION DEL SUELO<br>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 | MK | Nº DE MUESTRA |
|---------------------------------|--|---------|---------------|-------|------|----|----|----|----|---------------|
|                                 |  |         | <             | 0.075 | 4.75 | >  |    |    |    |               |
|                                 |  |         | mm            | mm    | mm   | mm |    |    |    |               |
|                                 |  | AA-SHTO | 0.075         | 4.75  | 75   | 75 | %  | %  | %  |               |

| GC - GM             | 0.075 | 4.75 | 75   | 75  | LL   | LP  | MK  | Nº DE MUESTRA |
|---------------------|-------|------|------|-----|------|-----|-----|---------------|
| A-1-a(0)            | 13.1  | 43.3 | 44.4 |     | 15.2 | 2.2 | 2.9 |               |
| SC - SM<br>A-1-b(0) | 15.6  | 57.7 | 26.7 | 3.0 | 24.0 | 5.1 | 2.1 | M-01          |

Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 3% boqueria, material fino sin materia organica, tamaño maximo 3" material granular suelto

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL  
 PROVIAS NACIONAL  
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA OV. YAUYO - RONCHAS  
 MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA  
 ING. LUIS ROMAN ROZAS OCHOA  
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:  
 EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+000 L 120

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

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

OBJETO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LURAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y  
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS  
 CALICATA : C-43  
 REALIZADO : G.H.M  
 REVISADO : E.M.H  
 SECCION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA  
 FECHA DE EXCAVACION : 21/06/2008  
 KM : 104+600  
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50  
 LADO : IZQUIERDO  
 PROF. NIVEL FREATICO (m) : \*

| GRABACION   | DESCRIPCION DEL SUELO<br>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 bloques / cantos, etc. | SUCS<br>AASHTO    | GRANULOMETRIA |       |       |     | LL   | LP  | KK  | N° DE MUESTRA |
|---|---|-------------------|---------------|-------|-------|-----|------|-----|-----|---------------|
|   |   |                   | <             | 0.075 | 4.750 | >   |      |     |     |               |
|   |   |                   | mm            | mm    | mm    | mm  |      |     |     |               |
| CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO  |   | GC-GM<br>A-1-a(0) | 13.1          | 43.3  | 44.4  |     | 13.1 | 2.1 | 2.6 |               |
| Arena limosa, sub angulosa, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 4% bolonena, material fino sin materia organica, tamaño maximo 3" material granular grueso |   | SC-SM<br>A-1-b(0) | 17.3          | 51.7  | 31.0  | 4.0 | 24.0 | 5.0 | 3.7 | 11-01         |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 SUCRE S.A. (S) S.A. DE C.V. CALICATA CAÑETE - LURAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS  
 ING. LUIS HOSPACIO POZAS OCHOA  
 GERENTE VIAL

SERVACIONES:  
 MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+000 L IZO

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

CONSERVACION GESTO DE  
 CARPETERAS

M.T.C

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |   |                                     |
|-------------|---|-------------------------------------|
| OBRA:       | CONSERVACION DE LA CARRETERA CARRETE - LA AMALIANA - PACARAN - CHUPACA Y<br>REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO: G.M.M<br>REVISADO: E.M.H |
| MATERIAL:   | MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE   | FECHA: 18.05.2008                   |
| PROGRESIVA: | 104+600.0 ICATA L 120   | N° REGISTRO: C-024                  |

DATOS DE LA MUESTRA

|            |             |                  |            |
|------------|-------------|------------------|------------|
| CALICATA:  | C-48        | PROGRESIVA:      | KM 104+600 |
| MUESTRA:   | M-01        | CLASF. (SUCS):   | SC - SM    |
| PRUF. (m): | 0.00 - 1.50 | CLASF. (AASHTO): | A-1-S(1)   |

COMPACTACION

| Molde N°                               | 1           | 2        | 3           |
|--|-------------|----------|-------------|
| Capas N°                               | 5           | 5        | 5           |
| Golpes por capa N°                     | 56          | 25       | 12          |
| Condición de la muestra                | NO MATERADO | MATERADO | NO MATERADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo           | 12731.00    | 12332.00 | 11683.00    |
| Peso de molde (g)                      | 7513.00     | 7473.00  | 7081.00     |
| Peso del suelo húmedo (g)              | 5216.00     | 4859.00  | 4602.00     |
| Volumen del molde (cm³)                | 2308.00     | 2314.00  | 2308.00     |
| Densidad húmeda (g/cm³)                | 2.260       | 2.100    | 1.990       |
| W <sub>1</sub> (%)                     | 0.0         | 0.0      | 0.0         |
| Peso suelo húmedo - W <sub>1</sub> (g) | 5216.00     | 500.50   | 500.50      |
| Peso suelo seco + W <sub>2</sub> (g)   | 3081.50     | 281.60   | 342.60      |
| Peso de W <sub>2</sub> (g)             | 0.00        | 0.00     | 0.00        |
| Peso de agua (g)                       | 20.50       | 13.90    | 23.60       |
| Peso de suelo seco (g)                 | 3061.00     | 267.70   | 319.00      |
| Contenido de humedad (%)               | 6.91        | 6.71     | 6.89        |
| Densidad seca (g/cm³)                  | 2.114       | 1.968    | 1.862       |

NO EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DUL |   | EXPANSION |   | DUL |   | EXPANSION |   | DUL | EXPANSION |  |
|-------|------|--------|-----|---|-----------|---|-----|---|-----------|---|-----|-----------|--|
|       |      |        | mm  | % | mm        | % | mm  | % | mm        | % |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |
|       |      |        |     |   |           |   |     |   |           |   |     |           |  |

PENETRACION

| PENETRACION<br>mm | CARGA<br>STAND. | MOLDE N° |        |            |       | MOLDE N° |       |            |      | MOLDE N° |       |            |      |
|-------------------|-----------------|----------|--------|------------|-------|----------|-------|------------|------|----------|-------|------------|------|
|                   |                 | CARGA    |        | CORRECCION |       | CARGA    |       | CORRECCION |      | CARGA    |       | CORRECCION |      |
|                   |                 | kg       | cm     | kg         | cm    | kg       | cm    | kg         | cm   | kg       | cm    | kg         | cm   |
| 0.000             | 0               | 0        | 0      | 0          | 0     | 0        | 0     | 0          | 0    | 0        | 0     | 0          | 0    |
| 0.633             | 29              | 127.5    |        | 5          | 37.4  |          | 5     | 24.5       |      | 5        | 24.5  |            | 5    |
| 1.270             | 67              | 290.3    |        | 17         | 76.0  |          | 17    | 50.3       |      | 17       | 50.3  |            | 17   |
| 1.905             | 89              | 384.5    |        | 29         | 127.5 |          | 29    | 101.7      |      | 29       | 101.7 |            | 29   |
| 2.540             | 170.455         | 211      | 903.5  | 687.1      | 49.7  | 41       | 178.9 | 178.9      | 12.9 | 31       | 136.1 | 127.0      | 9.2  |
| 3.810             | 228             | 977.9    |        | 60         | 260.4 |          | 60    | 178.9      |      | 41       | 178.9 |            | 41   |
| 5.020             | 303.63          | 224      | 1003.4 | 1094.9     | 52.3  | 119      | 512.3 | 464.7      | 22.4 | 54       | 234.6 | 233.3      | 11.2 |
| 7.620             | 300             | 1284.1   |        | 123        | 529.9 |          | 123   | 244.6      |      | 61       | 244.6 |            | 61   |
| 10.160            |                 |          |        |            |       |          |       |            |      |          |       |            |      |

CONSERVACION  
 GERENTE

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

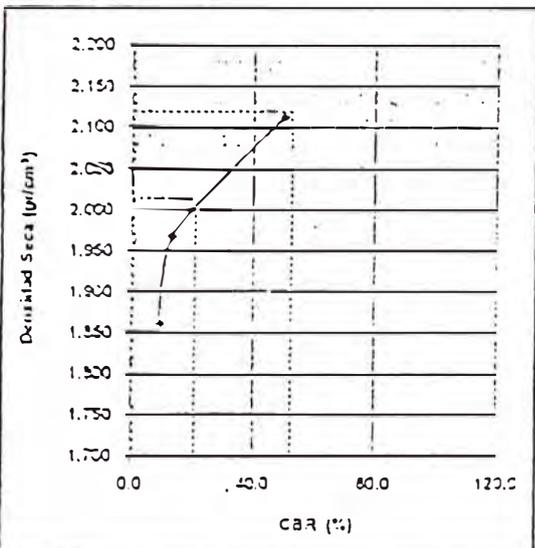
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |   |                    |
|-------------|---|--------------------|
| OBRA:       | CONSERVACION Y REHABILITACION DE LA CARRETERA CANETE - LAMAMUNA - PACARIAN - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO JUNGA DV. YAUYO - RONCHAS | REALIZADO: G.H.M   |
| MATERIAL:   | MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE   | REVISADO: S.M.H    |
| PROGRESIVA: | 104+800.0 CALICATA L 02   | FECHA: 13/06/2008  |
|             |   | Nº REGISTRO: 0-274 |

DATOS DE LA MUESTRA

|            |             |                 |              |
|------------|-------------|-----------------|--------------|
| CALICATA:  | C-43        | PROGRESIVA      | : KM 104+800 |
| MUESTRA:   | M-01        | CLASF. (SUCS)   | : SC-SM      |
| PRUF. (m): | 0.00 - 1.50 | CLASF. (AASHTO) | : 4-1-S(0)   |



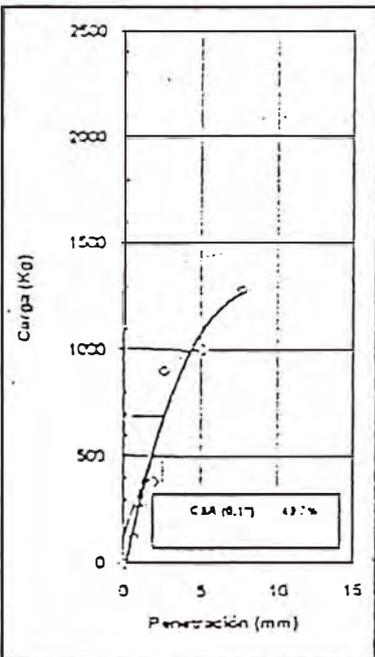
|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION           | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)     | : 2.121      |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)  | : 7.1        |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) | : 2.015      |

|                              |      |      |
|------------------------------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.O.S. (%) | 0.17 | 52.3 |
| C.B.R. al 95% de M.O.S. (%)  | 0.17 | 20.7 |

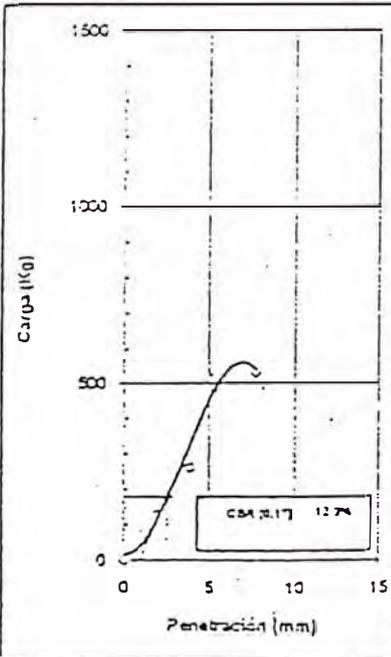
RESULTADOS:  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.O.S. = 52.3 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.O.S. = 20.7 (%)

OBSERVACIONES:

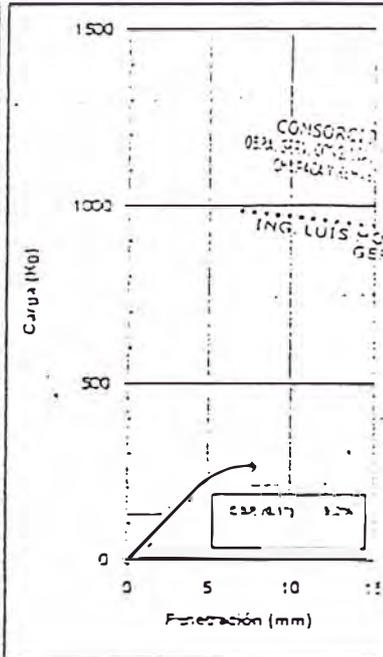
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 GERENTE GENERAL  
 ING. LUIS...

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

YECTO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LURUHALLANA - PACARANI - OUPACA Y CALICATA : C-V  
 CACION : REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS REALIZADO : G.H.M  
 : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA REVISADO : E.M.H  
 : 100x600 FECHA DE EXCAVACION : 22/05/2008  
 O : DERECHO PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50  
 40 : PROF. NIVEL FREATICO (m) :

| C<br>R<br>A<br>P<br>I<br>C<br>O | DESCRIPCION DEL SUELO<br>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 boledos / cantos, etc. | SUCS   | GRANULOMETRIA |       |      |    | LL | L.P. | P.L. | N° DE MUESTRA |
|---------------------------------|---|--------|---------------|-------|------|----|----|------|------|---------------|
|                                 |   |        | <             | 0.075 | 4.75 | >  |    |      |      |               |
|                                 |   |        | mm            | mm    | %    | %  |    |      |      |               |
|                                 |   | AASHTO | 0.075         | 4.75  | 75   | 75 | %  | %    | %    |               |

| CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO |   | GC - GM             |      |      |      |     |      |     |     |      |
|----------------------------------|---|---------------------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|
|                                  |   | A-1-a(0)            | 12.4 | 43.6 | 44.4 |     | 12.7 | 1.8 | 2.2 |      |
|                                  | Arena Ilmoza inorganica, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media, 2% bolonera material fino con materia organica. tamaño maximo 4" 0% de bloques suelo granular fino suelo | SC - SM<br>A-1-b(0) | 21.0 | 45.0 | 34.0 | 2.0 | 24.0 | 6.0 | 3.3 | M-01 |

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 ODA S.A. CIA. LIMITADA  
 AV. BOLIVAR 1100, LIMA  
 ING. LUIS HERNANDEZ ROZAS  
 GERENTE VIAL

RVACIONES:  
 ERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 113+500 L.120

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

CONSORCIO GESTION  
 DE CARRETERAS

M.T.C

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
 (NORMA AASHTO T-150, ASTM D 1557)

LASORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|             |  |                    |
|-------------|--|--------------------|
| OBRA:       | CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUANCAÑA - PACARAN - CHUPAZAY | REALIZADO: G.H.M   |
|             | REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS                      | REVISADO: E.M.H    |
| MATERIAL:   | MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE  | FECHA: 19/03/2003  |
| PROGRESIVA: | 104+500 CALICATA LIZO  | N° REGISTRO: P-024 |

DATOS DE LA MUESTRA

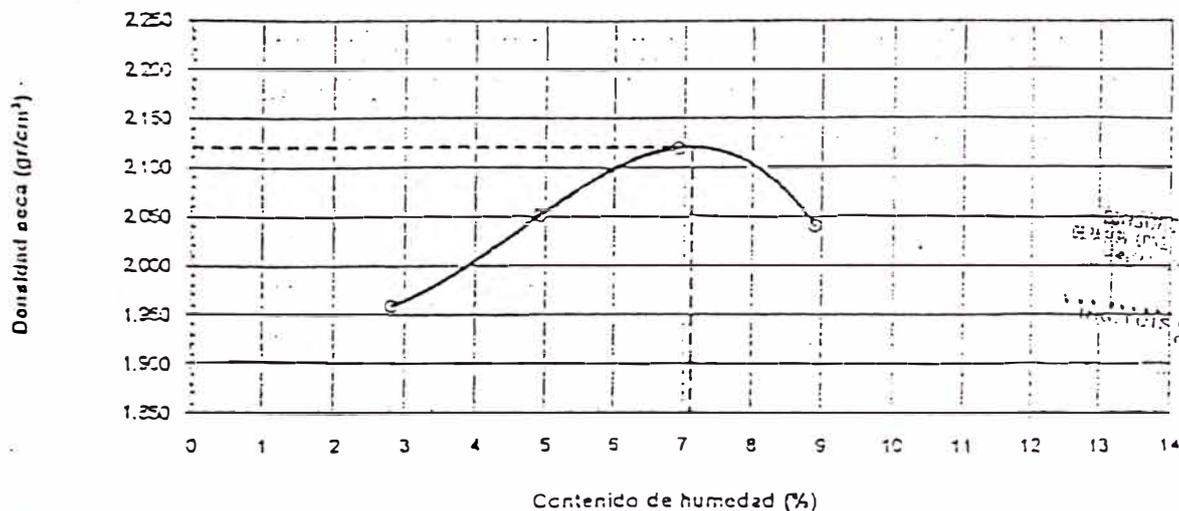
|            |             |                 |            |
|------------|-------------|-----------------|------------|
| CALICATA:  | C-48        | PROGRESIVA      | KM 104+500 |
| MUESTRA:   | M-01        | CLASF. (SUCS)   | SC - SM    |
| PRUF. (m): | 0.00 - 1.50 | CLASF. (AASHTO) | A-1-b (2)  |

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAY 19/03/2003

|                              |                    |          |          |          |                                       |       |
|------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|-------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 12732.00 | 13021.00 | 13263.00 | 13470.00                              |       |
| Peso molde                   | gr                 | 8477.00  | 8477.00  | 8477.00  | 8477.00                               |       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 4255.00  | 4544.00  | 4786.00  | 4993.00                               |       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 2112.00  | 2112.00  | 2112.00  | 2112.00                               |       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 2.01     | 2.15     | 2.27     | 2.22                                  |       |
| Recipiente N°                |                    | 0.0      | 0.0      | 0.0      | 0.0                                   |       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 378.10   | 367.40   | 432.10   | 345.20                                |       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 357.80   | 369.30   | 404.20   | 317.00                                |       |
| Tara                         | gr                 | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                  |       |
| Peso de agua                 | gr                 | 10.30    | 18.10    | 27.90    | 28.20                                 |       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 367.80   | 369.30   | 404.20   | 317.00                                |       |
| Contenido de agua            | %                  | 2.80     | 4.90     | 6.90     | 3.30                                  |       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.950    | 2.051    | 2.120    | 2.041                                 |       |
|                              |                    |          |          |          | Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.121 |
|                              |                    |          |          |          | Humedad óptima (%)                    | 7.1   |

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS  
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
 GERENTE VIAL

Observaciones:

## **ANEXO B**

### **RELACION DE PROYECTOS DE RUGOSIDAD**

CUADRO N° 1  
RELACION DE PROYECTOS DE RUGOSIDAD

| N° | PROYECTO               | SECTOR                    | TRAMO                     | SUBTRAMO                | LONGITUD | DEPARTAMENTO   | PAVIMENTO                  | FECHA  |
|----|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|----------------|----------------------------|--------|
| 1  | PANAMERICANA SUR       | DV. AREQUIPA-DV. MOQUEGUA | DESVIO MOLLENDO-EL FISCAL | KM 042+000-KM 1040+000  | 68.8     | AREQUIPA       | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | May-93 |
| 2  | PANAMERICANA SUR       | DESVIO MOQUEGUA-TACNA     | PTE MONTALVO-PTE CAMARA   | KM 1140+000-KM 1213+000 | 73.0     | MOQUEGUA-TACNA | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Jun-93 |
| 3  | PANAMERICANA SUR       | DESVIO MOQUEGUA-TACNA     | PTE CAMARA-TACNA          | KM 1213+000-KM 1291+000 | 78.0     | TACNA          | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Jun-93 |
| 4  | CARRTERA CENTRAL       | HUAYRE-HUANUCO            | CARRTERA CENTRAL          | KM 247+000-KM 323+500   | 76.5     | JUNIN-PASCO    | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Sep-93 |
| 5  | CARRTERA CENTRAL       | HUAYRE-HUANUCO            | CARRTERA CENTRAL          | KM 2+000-KM 35+300      | 34.8     | PASCO-HUANUCO  | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Sep-93 |
| 6  | CARRTERA CENTRAL       | HUAYRE-HUANUCO            | CARRTERA CENTRAL          | KM 35+300-KM 46+500     | 7.2      | HUANUCO        | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Sep-93 |
| 7  | CARRTERA CENTRAL       | HUAYRE-HUANUCO            | CARRTERA CENTRAL          | KM 46+500-KM 83+600     | 37.0     | HUANUCO        | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Sep-93 |
| 8  | PANAMERICANA NORTE     | SULLANA-AGUAS VERDES      | SULLANA-DESVIO TALARA     | KM 1018+700-KM 1053+300 | 74.6     | PIURA          | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Oct-93 |
| 9  | PANAMERICANA NORTE     | SULLANA-AGUAS VERDES      | DESVIO TALARA-CANCAS      | KM 1063+300-KM 1194+000 | 102.7    | PIURA-TUMBES   | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Nov-93 |
| 10 | PANAMERICANA NORTE     | SULLANA-AGUAS VERDES      | CANCAS-AGUAS VERDES       | KM 1194+000-KM 1294+000 | 99.9     | TUMBES         | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Nov-93 |
| 11 | LA OROYA-TARMA-SATIPO  | LA OROYA-TARMA            | DESVIO LAS VEGAS-TARMA    | KM 20+000-KM 32+500     | 12.5     | JUNIN          | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-94 |
| 12 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CONDOCOCHA-CATAC          | CONDOCOCHA-PTE. SAHUYAY   | KM 122+000 - KM 127+000 | 5.0      | ANCASH         | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Abr-94 |
| 13 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CONDOCOCHA-CATAC          | CONDOCOCHA-PTE. SAHUYAY   | KM 127+000 - KM 135+400 | 8.4      | ANCASH         | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Abr-94 |
| 14 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CONDOCOCHA-CATAC          | CONDOCOCHA-PTE. SAHUYAY   | KM 135+400 - KM 143+200 | 7.8      | ANCASH         | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Abr-94 |
| 15 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CONDOCOCHA-CATAC          | PUENTE SAHUYAY-CATAC      | KM 143+200 - KM 165+400 | 22.2     | ANCASH         | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Abr-94 |
| 16 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CONDOCOCHA-CATAC          | PUENTE SAHUYAY-CATAC      | KM 143+200 - KM 165+400 | 22.2     | ANCASH         | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Abr-94 |
| 17 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PTE. SANTA - PACASMAYO    | KM 445+047-KM 046+055   | 223.0    | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Sep-94 |
| 18 | AREQUIPA-JULIACA-PUNO  | AREQUIPA-JULIACA          | YURA-PATATEHUASI          | KM 0+000 - KM 11+000    | 11.0     | AREQUIPA       | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Nov-94 |
| 19 | AREQUIPA-JULIACA-PUNO  | AREQUIPA-JULIACA          | YURA-PATATEHUASI          | KM 11+000 - KM 52+000   | 41.0     | AREQUIPA       | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Nov-94 |
| 20 | ILO-DESAGUADERO-LA PAZ | ILO-DESAGUADERO           | ILO-PANAMERICANA SUR      | KM 0+000-KM 7+200       | 7.2      | MOQUEGUA       | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ene-95 |
| 21 | ILO-DESAGUADERO-LA PAZ | ILO-DESAGUADERO           | ILO-PANAMERICANA SUR      | KM 7+200-KM 12+500      | 5.3      | MOQUEGUA       | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Ene-95 |
| 22 | ILO-DESAGUADERO-LA PAZ | ILO-DESAGUADERO           | ILO-PANAMERICANA SUR      | KM 12+500-KM 42+700     | 30.2     | MOQUEGUA       | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Ene-95 |
| 23 | ILO-DESAGUADERO-LA PAZ | ILO-DESAGUADERO           | YARIANTE GEMENTERO        | KM 60+800-KM 69+700     | 8.9      | MOQUEGUA       | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Ene-95 |
| 24 | ILO-DESAGUADERO-LA PAZ | ILO-DESAGUADERO           | BAMEGUA-TORATA            | KM 69+700-KM 120+000    | 20.3     | MOQUEGUA       | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Ene-95 |
| 25 | NAZCA-ABANCAY-CUZCO    | PUQUIO-CHALHUANCA         | PUQUIO-DESVIO PAMPACHIRO  | KM 0+000-KM 60+000      | 60.0     | AYACUCHO       | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Feb-95 |
| 26 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 548+700-KM 573+870   | 5.2      | LIBERTAD       | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Feb-95 |
| 27 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 573+800-KM 561+000   | 17.2     | LIBERTAD       | RECAPADO ASFALTICO         | Feb-95 |
| 28 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 561+000-KM 648+054   | 77.1     | LIBERTAD       | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Feb-95 |
| 29 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | VIA EVITAMIENTO TRUJILLO  | KM 0+000-KM 6+200       | 6.2      | LIBERTAD       | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Feb-95 |
| 30 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | VIA EVITAMIENTO TRUJILLO  | KM 6+200-KM 23+600      | 17.4     | LIBERTAD       | RECAPADO ASFALTICO         | Feb-95 |
| 31 | LIMA-CANTA             | LIMA-APAN                 | KM 21+000-KM 71+000       | KM 21+000-KM 71+000     | 60.0     | LIMA           | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | May-95 |
| 32 | PANAMERICANA NORTE     | UTA DE OLMOS              | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 0+800-KM 8+000       | 7.2      | LAMBAYEQUE     | RECAPADO ASFALTICO         | Jun-95 |
| 33 | PANAMERICANA NORTE     | UTA DE OLMOS              | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 8+000-KM 84+000      | 80.8     | LAMBAYEQUE     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Jun-95 |
| 34 | PANAMERICANA NORTE     | UTA DE OLMOS              | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 84+000-KM 81+000     | 13.8     | LAMBAYEQUE     | RECAPADO ASFALTICO         | Jun-95 |
| 35 | PANAMERICANA NORTE     | UTA DE OLMOS              | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 81+000-KM 84+000     | 5.9      | LAMBAYEQUE     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Jun-95 |
| 36 | PANAMERICANA NORTE     | UTA DE OLMOS              | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 84+000-KM 51+800     | 5.8      | LAMBAYEQUE     | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jun-95 |
| 37 | PANAMERICANA NORTE     | SULLANA-AGUAS VERDES      | CANCAS-AGUAS VERDES       | KM 1184+000-KM 1254+000 | 28.8     | TUMBES         | CARPETA SELLO ASFALTICO    | Ago-95 |
| 38 | PANAMERICANA NORTE     | SULLANA-AGUAS VERDES      | CANCAS-AGUAS VERDES       | KM 1224+000-KM 1294+000 | 70.9     | TUMBES         | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Ago-95 |
| 39 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 574+000-KM 647+000   | 23.0     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Ago-95 |
| 40 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 547+000-KM 625+000   | 8.0      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ago-95 |
| 41 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 625+000-KM 611+000   | 6.0      | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Ago-95 |
| 42 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 611+000-KM 617+000   | 6.0      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ago-95 |
| 43 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 617+000-KM 643+000   | 28.0     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Ago-95 |
| 44 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 643+000-KM 658+000   | 15.0     | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ago-95 |
| 45 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 658+000-KM 641+000   | 3.0      | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Ago-95 |
| 46 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 641+000-KM 645+000   | 4.0      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ago-95 |
| 47 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | TRUJILLO-PACASMAYO        | KM 645+000-KM 648+000   | 3.0      | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Ago-95 |
| 48 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CATAC-ANTA                | CATAC-HUARAZ              | KM 0+000 - KM 25+000    | 25.0     | ANCASH         | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Sep-95 |
| 49 | PATIVLCA-HUARAZ-CARAZ  | CATAC-ANTA                | HUARAZ-ANTA               | KM 0+000-KM 25+000      | 20.5     | ANCASH         | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Sep-95 |
| 50 | PANAMERICANA NORTE     | LAMBAYEQUE-PIURA          | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 0+000-KM 6+600       | 6.6      | LAMBAYEQUE     | CARPETA SELLO ASFALTICO    | Oct-95 |
| 51 | PANAMERICANA NORTE     | LAMBAYEQUE-PIURA          | LAMBAYEQUE-OLMOS          | KM 6+600-KM 85+000      | 78.5     | LAMBAYEQUE     | RECAPADO ASFALTICO         | Oct-95 |
| 52 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 445+047-KM 407+250   | 2.2      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-95 |
| 53 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 407+250-KM 461+000   | 13.8     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-95 |
| 54 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 461+000-KM 474+000   | 13.0     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-95 |
| 55 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 474+000-KM 478+300   | 4.3      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-95 |
| 56 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 478+300-KM 488+400   | 10.1     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-95 |
| 57 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 488+400-KM 628+700   | 20.3     | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-95 |
| 58 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 628+700-KM 644+750   | 24.0     | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-95 |
| 59 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 644+750-KM 652+400   | 7.7      | LA LIBERTAD    | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-95 |
| 60 | PANAMERICANA NORTE     | PUENTE SANTA-PACASMAYO    | PUENTE SANTA-TRUJILLO     | KM 652+400-KM 658+600   | 6.1      | LA LIBERTAD    | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-95 |

**CUADRO N° 1 (Continuación)**  
**RELACION DE PROYECTOS DE RUGOSIDAD**

| N°  | PROYECTO                  | SECTOR                      | TRAMO                          | SUBTRAMO                    | LONGITUD | DEPARTAMENTO       | PAVIMENTO                  | FECHA  |
|-----|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------|--------------------|----------------------------|--------|
| 01  | PANAMERICANA NORTE        | AUTOPISTA ANCON-HUANUCO     | RIO SECO-HUANUCO               | KM 110+000-KM 149 (VIA ZOU) | 39.0     | LIMA               | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ene-98 |
| 02  | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS               | KM 0+000-KM 6+500           | 6.5      | LAMBAYEQUE         | CARPETA SELLO ASFALTICO    | Abi-98 |
| 03  | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS               | KM 6+500-KM 86+000          | 79.5     | LAMBAYEQUE         | RECAPADO ASFALTICO         | Abr-98 |
| 04  | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS               | KM 86+000-KM 91+800         | 5.8      | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Abr-98 |
| 05  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 0+000-KM 5+000           | 5.0      | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 06  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 5+000-KM 7+000           | 2.0      | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 07  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 7+000-KM 10+000          | 3.0      | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 08  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 10+000-KM 40+000         | 30.0     | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 09  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 40+000-KM 72+000         | 32.0     | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 70  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 72+000-KM 86+500         | 14.5     | PASCO              | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Mar-98 |
| 71  | CARRETERA CENTRAL         | HUAYRE-HUANUCO              | CHICRIN-HUANUCO                | KM 86+000-KM 86+500         | 48.5     | HUANUCO            | RECAPADO ASFALTICO         | Jun-98 |
| 72  | CA1-BENSUNTEPEQUE         | SAN RAFAEL-BENSUNTEPEQUE    | SAN RAFAEL-DV.LLOBASCO         | KM 40+700-KM 52+000         | 11.3     | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 73  | CA1-BENSUNTEPEQUE         | SAN RAFAEL-BENSUNTEPEQUE    | SAN RAFAEL-DV.LLOBASCO         | KM 52+000-KM 54+600         | 2.6      | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 74  | CA1-BENSUNTEPEQUE         | SAN RAFAEL-BENSUNTEPEQUE    | SAN RAFAEL-DV.LLOBASCO         | KM 54+600-KM 60+000         | 5.4      | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 75  | CA1-BENSUNTEPEQUE         | SAN RAFAEL-BENSUNTEPEQUE    | SAN RAFAEL-DV.LLOBASCO         | KM 60+000-KM 69+800         | 9.8      | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 76  | CA1-BENSUNTEPEQUE         | SAN RAFAEL-BENSUNTEPEQUE    | SAN RAFAEL-DV.LLOBASCO         | KM 69+800-KM 83+200         | 13.4     | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 77  | TRONCAL CA1               | SAN RAFAEL-SAN VICENTE      | SAN RAFAEL-SAN VICENTE         | KM 40+000-KM 50+000         | 10.0     | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 78  | CA2 (DEL LITORAL)         | LA LIBERTAD-COMALAPA        | LA LIBERTAD-COMALAPA           | KM 40+000-KM 60+000         | 20.0     | EL SALVADOR        | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 79  | CA2 (DEL LITORAL)         | LA LIBERTAD-KILO            | LA LIBERTAD-KILO               | KM 0+000-KM 20+000          | 20.0     | EL SALVADOR        | BASE GRANULAR              | Jul-98 |
| 80  | AUTOPISTA SUR             | TORRE DEMOCR.-MONSERRAT     | TORRE DEMOCR.-MONSERRAT        | CALLE URBANA                |          | EL SALVADOR        | TRATAMIENTO MICROP AV.     | Jul-98 |
| 81  | PANAMERICANA NORTE        | DV. ANCON-CHANCAY           | SERPENTIN DE PASAMAYO          | KM 44+000-KM 66+000         | 22.0     | LIMA               | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Sep-98 |
| 82  | PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ    | CONCOCHA-CATAC              | CONCOCHA-FUENTE SAHUY          | KM 127+100-KM 135+410       | 8.3      | ANCASH             | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Oct-98 |
| 83  | PANAMERICANA NORTE        | DV. ANCON-CHANCAY           | SERPENTIN DE PASAMAYO          | KM 143+800-KM 166+000       | 23.0     | LIMA               | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 84  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 713+285-KM 784+383          | KM 713+285-KM 766+624       | 53.3     | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 85  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 786+624-KM 789+264 (S-N)    | KM 786+624-KM 769+264       | 2.6      | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 86  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 786+624-KM 789+264 (N-S)    | KM 786+624-KM 769+264       |          | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 87  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 772+000-KM 782+119 (S-N)    | KM 772+000-KM 782+119       | 10.1     | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 88  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 772+000-KM 782+119 (N-S)    | KM 772+000-KM 782+119       |          | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 89  | PANAMERICANA NORTE        | LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N   | KM 782+119-KM 784+383          | KM 782+119-KM 784+383       | 2.3      | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Nov-98 |
| 90  | HUANUCO-TINGO MARIA       | HUANUCO-CARACOL             | KM 409+000 - KM 468+000        | KM 442+000 - KM 468+000     | 26.0     | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Nov-98 |
| 91  | HUANUCO-TINGO MARIA       | HUANUCO-CARACOL             | KM 432+000 - KM 440+000        | KM 432+000 - KM 440+000     | 8.0      | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Nov-98 |
| 92  | CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO | CUZCO-JULIACA               | CUZCO-COMBAPATA                | KM 0+000 - KM 96+000        | 96.0     | CUZCO              | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | May-97 |
| 93  | CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO | CUZCO-JULIACA               | CUZCO-COMBAPATA                | KM 0+000 - KM 96+000        |          | CUZCO              | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Jun-97 |
| 94  | AREQUIPA-JULIACA          | AREQUIPA-PATAHUASI (CD)     | AREQUIPA-YURA                  | KM 0+000 - KM 19+000        | 19.0     | AREQUIPA           | TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA | Jun-97 |
| 95  | AREQUIPA-JULIACA          | AREQUIPA-PATAHUASI (CI)     | AREQUIPA-YURA                  | KM 0+000 - KM 19+000        |          | AREQUIPA           | TRATAMIENTO SUP. BICAPA    | Jun-97 |
| 96  | CARRETERA CENTRAL         | LA OROYA-HUANUCO            | HUAYRE-CHICRIN (CD)            | KM 0+000 - KM 72+000        | 72.0     | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-97 |
| 97  | CARRETERA CENTRAL         | LA OROYA-HUANUCO            | HUAYRE-CHICRIN (CI)            | KM 0+000 - KM 72+000        |          | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-97 |
| 98  | HUANCAYO-AYACUCHO         | HUANCAYO-AYACUCHO           | AYACUCHO-HUANTA                | AYACUCHO-HUANTA             | 400.0    | AYACUCHO           | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA  | Oct-97 |
| 99  | HUANCAYO-AYACUCHO         | HUANCAYO-AYACUCHO           | HUANTA-HAYOC                   | HUANTA-HAYOC                |          | AYACUCHO           | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Oct-97 |
| 100 | HUANCAYO-AYACUCHO         | IMPERIAL-MAYOC              | PAMPAS-IMPERIAL                | PAMPAS-IMPERIAL             |          | HUANCAVELICA       | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Oct-97 |
| 101 | HUANCAYO-AYACUCHO         | IMPERIAL-MAYOC              | PAMPAS-MAYOC                   | PAMPAS-MAYOC                |          | AYACUCHO           | BASE GRANULAR O AFIRMADO   | Oct-97 |
| 102 | PISCO-AYACUCHO            | SAN CLEMENTE-FUENTE PACRA   | KM 0+000 - KM 80+000           | KM 0+000 - KM 80+000        | 80.0     | ICA                | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-97 |
| 103 | PISCO-AYACUCHO            | SAN CLEMENTE-FUENTE PACRA   | KM 0+000 - KM 80+000           | KM 0+000 - KM 80+000        |          | ICA                | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-97 |
| 104 | RIO BECO-DESAGUADERO      | RIO BECO-GUAQUI             | KM 0+612-KM 72+750             | KM 0+612-KM 72+750          | 72.1     | LA PAZ-BOLIVIA     | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Feb-98 |
| 105 | RIO BECO-DESAGUADERO      | RIO BECO-GUAQUI             | KM 0+612-KM 72+750             | KM 0+612-KM 72+750          |          | LA PAZ-BOLIVIA     | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Feb-98 |
| 106 | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS (2° AÑO)      | KM 0+000-KM 6+500           | 6.5      | LAMBAYEQUE         | CARPETA SELLO ASFALTICO    | Dic-97 |
| 107 | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS (2° AÑO)      | KM 6+500-KM 86+000          | 79.5     | LAMBAYEQUE         | RECAPADO ASFALTICO         | Dic-97 |
| 108 | PANAMERICANA NORTE        | LAMBAYEQUE-PIURA            | LAMBAYEQUE-OLMOS (2° AÑO)      | KM 86+000-KM 91+800         | 5.8      | LAMBAYEQUE         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Dic-97 |
| 109 | HUANUCO-TINGO MARIA       | HUANUCO-MIRADOR             | KM 409+000 - KM 468+000 (C.D.) | KM 409+000 - KM 468+000     | 59.0     | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jun-98 |
| 110 | HUANUCO-TINGO MARIA       | HUANUCO-MIRADOR             | KM 409+000 - KM 468+000 (C.I.) | KM 409+000 - KM 468+000     |          | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jun-98 |
| 111 | HUANUCO-TINGO MARIA       | MIRADOR-TINGO MARIA         | KM 409+000 - KM 468+000 (C.D.) | KM 468+000 - KM 528+000     | 60.0     | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jun-98 |
| 112 | HUANUCO-TINGO MARIA       | MIRADOR-TINGO MARIA         | KM 409+000 - KM 468+000 (C.I.) | KM 468+000 - KM 528+000     |          | HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jun-98 |
| 113 | COCHABAMBA-QUILLACOLLO    | VIA NORTE                   | KM 1+200 - KM 14+600           | KM 1+200 - KM 14+600        | 13.4     | COCHABAMBA-BOLIVIA | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 114 | COCHABAMBA-QUILLACOLLO    | VIA SUR                     | KM 1+200 - KM 14+600           | KM 1+200 - KM 14+600        |          | COCHABAMBA-BOLIVIA | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Jul-98 |
| 115 | RO NIEVA-RIOJA            | PTE. NIEVA-PTE. EL AFLUENTE | KM 381+400 - KM 402+700        | KM 381+400 - KM 402+700     | 21.3     | SAN MARTIN         | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Ago-98 |
| 116 | PISCO-AYACUCHO            | PTE. PACRA-PTE. CHOCLOCOCHA | KM 80+200 - KM 168+600         | KM 80+200 - KM 168+600      | 88.6     | ICA                | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Sep-98 |
| 117 | PISCO-AYACUCHO            | PTE. PACRA-PTE. CHOCLOCOCHA | KM 80+200 - KM 168+600         | KM 80+200 - KM 168+600      |          | ICA                | CARPETA ASFALTICA NUEVA    | Sep-98 |

II CONGRESO NACIONAL DEL ASFALTO

ASOCIACION PERUANA DE CEMENTOS

**CUADRO N° 2**  
**PROGRAMACION DE ENSAYOS**  
**TRAMOS SUJETOS A EVALUACION DE RUGOSIDAD**

| N° | TRAMO                                       | FECHA DE MEDICIONES |           |            | FECHA DE INICIO MANTENIM. |
|----|---|---------------------|-----------|------------|---------------------------|
|    |   | RECEPCION DE OBRA   | AL 4º MES | AL 24º MES |                           |
| 1  | km 558+300 - Empalme R 1N (El Milagro)      | X                   |           |            | 04-Mar-95                 |
| 2  | Cancas - Aguas Verdes                       | X                   |           |            | 17-Jun-95                 |
| 3  | Pacasmayo - Límite Regional                 |                     | X         | X          | 08-Jul-95                 |
| 4  | Empalme R 1N(Lambayeque) - Desvío Bayovar   |                     | X         | X          | 15-Jul-95                 |
| 5  | Desvío Talara - Cancas                      | X                   |           |            | 22-Jul-95                 |
| 6  | Cocachacra - Matucana                       |                     | X         |            | 25-Ago-95                 |
| 7  | Piura - Las Lomas                           |                     | X         | X          | 02-Sep-95                 |
| 8  | Parque Industrial Trujillo- Pacasmayo       | X                   |           |            | 16-Sep-95                 |
| 9  | Límite Regional - Empalme R 1N (Lambayeque) |                     | X         | X          | 28-Oct-95                 |
| 10 | Puente Pucusana - Desvío Quilmana           |                     | X         |            | 03-Nov-95                 |
| 11 | Empalme R 1N(Sullana) - Desvío Talara       | X                   |           |            | 09-Nov-95                 |
| 12 | Desvío Bayovar - Piura                      |                     | X         | X          | 17-Nov-95                 |
| 13 | Puente Santa - Ovalo Industrial Trujillo    | X                   |           |            | 12-Ene-96                 |
| 14 | Empalme R 1N (Lambayeque) - Desvío Olmos    |                     | X         | X          | 24-Nov-95                 |
| 15 | Puente Santa Anita - Puente Ricardo Palma   | X                   |           |            | 30-Nov-95                 |
| 16 | Morococha - La Oroya                        | X                   |           |            | 22-Mar-96                 |
| 17 | Desvío Olmos - Noria Zapata                 |                     | X         | X          | 25-Abr-96                 |
| 18 | Chicrín - Huánuco                           | X                   |           |            | 19-Jun-96                 |
| 19 | Las Lomas - Puente Macará                   |                     | X         | X          | 11-Jul-96                 |
| 20 | Noria Zapata - Piura                        |                     | X         | X          | ---                       |
| 21 | La Oroya - Huayre                           | X                   |           |            | ---                       |
| 22 | Huayre - Chicrín                            | X                   |           |            | ---                       |

FUENTE : SINMAC

**CUADRO N° 3**  
**RESULTADOS DE RUGOSIDAD Y SERVICIABILIDAD**

| N° | PROYECTO                | SUBTRAMO                | PAVIMENTO                 | PROMEDIO |          | COEFICIENTE DE VARIACION | SERVICIABILIDAD |       |
|----|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------|----------|--------------------------|-----------------|-------|
|    |                         |                         |                           | (IRI)    | STANDARD |                          | (IRI)           | (FSI) |
| 1  | PANAMERICANA SUR        | KM 982+000-KM 1040+000  | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 8.11     | 0.96     | 16.20                    | 7.74            | 1.22  |
| 2  | PANAMERICANA SUR        | KM 1140+000-KM 1213+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 8.48     | 1.44     | 22.22                    | 8.86            | 1.00  |
| 3  | PANAMERICANA SUR        | KM 1213+000-KM 1291+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 8.25     | 1.89     | 20.78                    | 9.46            | 0.90  |
| 4  | CARRETERA CENTRAL       | KM 247+000-KM 323+500   | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.89     | 1.50     | 30.67                    | 7.30            | 1.31  |
| 5  | CARRETERA CENTRAL       | KM 2+400-KM 38+300      | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 3.87     | 1.23     | 31.78                    | 5.89            | 1.71  |
| 6  | CARRETERA CENTRAL       | KM 38+300-KM 46+500     | TRATAMIENTO BICAPA        | 5.13     | 0.91     | 17.74                    | 6.63            | 1.50  |
| 7  | CARRETERA CENTRAL       | KM 46+500-KM 83+500     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 3.26     | 0.54     | 23.40                    | 3.26            | 3.77  |
| 8  | PANAMERICANA NORTE      | KM 1018+700-KM 1083+300 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 5.01     | 1.75     | 34.93                    | 7.89            | 1.19  |
| 9  | PANAMERICANA NORTE      | KM 1083+300-KM 1186+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 2.07     | 0.34     | 17.29                    | 2.94            | 3.04  |
| 10 | PANAMERICANA NORTE      | KM 1186+000-KM 1294+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 2.41     | 0.37     | 15.36                    | 3.02            | 2.89  |
| 11 | LA OROYA TAPPA BATIPO   | KM 20+000-KM 32+500     | CARPETA ASFALTICA NUEVA   | 2.44     | 0.33     | 13.62                    | 2.88            | 2.91  |
| 12 | PATIVILCA HUAYRAZ CARAZ | KM 127+000 - KM 127+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 7.31     | 1.00     | 13.68                    | 8.98            | 0.94  |
| 13 | PATIVILCA HUAYRAZ CARAZ | KM 127+000 - KM 135+400 | TRATAMIENTO BICAPA        | 5.80     | 0.29     | 7.63                     | 4.28            | 2.30  |
| 14 | PATIVILCA HUAYRAZ CARAZ | KM 135+400 - KM 143+200 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 7.50     | 1.35     | 17.70                    | 9.81            | 0.84  |
| 15 | PATIVILCA HUAYRAZ CARAZ | KM 143+200 - KM 165+400 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 6.38     | 1.23     | 20.81                    | 8.58            | 1.06  |
| 16 | PATIVILCA HUAYRAZ CARAZ | KM 165+400 - KM 165+400 | TRATAMIENTO BICAPA        | 4.40     | 0.72     | 16.36                    | 5.53            | 1.81  |
| 17 | PANAMERICANA NORTE      | KM 445+007-KM 689+055   | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.81     | 0.71     | 15.40                    | 9.78            | 1.75  |
| 18 | AREQUIPA-LA OROYA       | KM 0+000 - KM 11+000    | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.97     | 0.73     | 17.84                    | 3.27            | 1.82  |
| 19 | AREQUIPA-LA OROYA       | KM 11+000 - KM 52+000   | BASE GRANULAR O AFIRMADO  | 10.83    | 1.51     | 13.94                    | 13.31           | 0.44  |
| 20 | LORETO-LIMONEROLA PAZ   | KM 0+000-KM 7+200       | CARPETA ASFALTICA NUEVA   | 3.18     | 0.15     | 4.75                     | 3.41            | 2.89  |
| 21 | LORETO-LIMONEROLA PAZ   | KM 7+200-KM 12+500      | BASE GRANULAR O AFIRMADO  | 5.23     | 0.74     | 13.88                    | 6.56            | 1.82  |
| 22 | LORETO-LIMONEROLA PAZ   | KM 12+500-KM 42+700     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.01     | 0.54     | 23.44                    | 6.59            | 1.82  |
| 23 | LORETO-LIMONEROLA PAZ   | KM 80+800-KM 98+700     | BASE GRANULAR O AFIRMADO  | 10.96    | 2.50     | 23.50                    | 16.24           | 0.31  |
| 24 | LORETO-LIMONEROLA PAZ   | KM 98+700-KM 129+000    | TRATAMIENTO BICAPA        | 5.41     | 1.64     | 30.31                    | 8.11            | 1.14  |
| 25 | NALCA ABANCAY QUINTO    | KM 0+000-KM 86+000      | BASE GRANULAR O AFIRMADO  | 12.19    | 0.15     | 1.23                     | 12.44           | 0.52  |
| 26 | PANAMERICANA NORTE      | KM 568+700-KM 573+870   | CARPETA ASFALTICA NUEVA   | 1.19     | 0.14     | 11.78                    | 1.42            | 3.84  |
| 27 | PANAMERICANA NORTE      | KM 573+870-KM 581+000   | RECAPADO ASFALTICO        | 1.56     | 0.20     | 12.82                    | 1.89            | 3.56  |
| 28 | PANAMERICANA NORTE      | KM 581+000-KM 688+854   | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.22     | 1.51     | 36.78                    | 9.70            | 1.44  |
| 29 | PANAMERICANA NORTE      | KM 6+000-KM 6+200       | CARPETA ASFALTICA NUEVA   | 1.23     | 0.19     | 12.00                    | 1.59            | 3.74  |
| 30 | PANAMERICANA NORTE      | KM 6+200-KM 23+000      | RECAPADO ASFALTICO        | 1.28     | 0.16     | 14.29                    | 1.56            | 3.77  |
| 31 | LIMONEROLA              | KM 21+000-KM 71+000     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 5.81     | 0.96     | 16.83                    | 7.17            | 1.38  |
| 32 | PANAMERICANA NORTE      | KM 6+800-KM 8+000       | RECAPADO ASFALTICO        | 2.80     | 0.44     | 15.17                    | 3.62            | 2.50  |
| 33 | PANAMERICANA NORTE      | KM 6+800-KM 8+000       | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 4.87     | 1.14     | 23.41                    | 6.75            | 1.47  |
| 34 | PANAMERICANA NORTE      | KM 88+000-KM 81+000     | RECAPADO ASFALTICO        | 1.81     | 0.30     | 16.57                    | 2.30            | 3.29  |
| 35 | PANAMERICANA NORTE      | KM 81+000-KM 86+000     | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 6.58     | 0.83     | 12.66                    | 7.83            | 1.18  |
| 36 | PANAMERICANA NORTE      | KM 86+000-KM 91+000     | CARPETA ASFALTICA NUEVA   | 1.47     | 0.15     | 19.29                    | 1.72            | 3.86  |
| 37 | PANAMERICANA NORTE      | KM 1178+800-KM 1224+000 | CARPETA CON SELLO ASFAL   | 1.84     | 0.35     | 19.02                    | 2.42            | 3.22  |
| 38 | PANAMERICANA NORTE      | KM 1224+000-KM 1294+000 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | 1.30     | 0.20     | 15.36                    | 1.63            | 3.72  |

CUADRO N° 3 (Continuación)

RESULTADOS DE RUGOSIDAD Y SERVICIABILIDAD

| N°  | PROYECTO                  | SECTRAMO                    | PAVIMENTO                   | Promedio DESVIA DON |          | COEFICIENTE VARIACION | Pavimento existente | SERVICIABILIDAD |
|-----|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|----------|-----------------------|---------------------|-----------------|
|     |                           |                             |                             | (IRI)               | STANDARD |                       |                     |                 |
| 38  | PANAMERICANA NORTE        | KM 574+000-KM 587+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.40                | 0.18     |                       |                     |                 |
| 46  | PANAMERICANA NORTE        | KM 587+000-KM 605+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.41                | 0.25     |                       |                     |                 |
| 41  | PANAMERICANA NORTE        | KM 605+000-KM 611+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.84                | 0.30     |                       |                     |                 |
| 42  | PANAMERICANA NORTE        | KM 611+000-KM 617+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.38                | 0.25     |                       |                     |                 |
| 43  | PANAMERICANA NORTE        | KM 617+000-KM 643+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.30                | 0.10     |                       |                     |                 |
| 44  | PANAMERICANA NORTE        | KM 643+000-KM 658+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.18                | 0.18     |                       |                     |                 |
| 45  | PANAMERICANA NORTE        | KM 658+000-KM 681+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.49                | 0.33     |                       |                     |                 |
| 46  | PANAMERICANA NORTE        | KM 681+000-KM 685+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.25                | 0.08     |                       |                     |                 |
| 47  | PANAMERICANA NORTE        | KM 685+000-KM 688+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.43                | 0.29     |                       |                     |                 |
| 48  | PATVIL CAJALIAZ-CARAZ     | KM 0+000 - KM 35+000        | TRATAMIENTO BICAPA          | 3.80                | 0.82     |                       |                     |                 |
| 49  | PATVIL CAJALIAZ-CARAZ     | KM 0+000-KM 70+500          | TRATAMIENTO BICAPA          | 3.99                | 1.16     |                       |                     |                 |
| 50  | PANAMERICANA NORTE        | KM 6+000-KM 6+500           | CARPETA CON SELLO ASFALTICO | 2.91                | 0.60     |                       |                     |                 |
| 51  | PANAMERICANA NORTE        | KM 6+500-KM 85+000          | RECAPADO ASFALTICO          | 2.14                | 0.38     |                       |                     |                 |
| 52  | PANAMERICANA NORTE        | KM 445+087-KM 447+250       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.40                | 0.28     |                       |                     |                 |
| 53  | PANAMERICANA NORTE        | KM 447+250-KM 481+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.21                | 0.14     |                       |                     |                 |
| 54  | PANAMERICANA NORTE        | KM 481+000-KM 474+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.62                | 0.28     |                       |                     |                 |
| 56  | PANAMERICANA NORTE        | KM 474+000-KM 478+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.35                | 0.17     |                       |                     |                 |
| 58  | PANAMERICANA NORTE        | KM 478+000-KM 488+000       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.19                | 0.14     |                       |                     |                 |
| 57  | PANAMERICANA NORTE        | KM 488+000-KM 508+700       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.31                | 0.19     |                       |                     |                 |
| 58  | PANAMERICANA NORTE        | KM 508+700-KM 544+700       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.43                | 0.33     |                       |                     |                 |
| 59  | PANAMERICANA NORTE        | KM 544+700-KM 552+400       | RECAPADO ASFALTICO          | 1.84                | 0.53     |                       |                     |                 |
| 60  | PANAMERICANA NORTE        | KM 552+400-KM 558+500       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.29                | 0.19     |                       |                     |                 |
| 61  | PANAMERICANA NORTE        | KM 1+000-KM 140 (VIA L200J) | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.40                | 0.27     | 18.12                 | 1.03                | 3.52            |
| 62  | PANAMERICANA NORTE        | KM 0+000-KM 6+500           | CARPETA CON SELLO ASFALTICO | 2.64                | 0.28     | 10.61                 | 3.10                | 2.88            |
| 63  | PANAMERICANA NORTE        | KM 6+500-KM 86+000          | RECAPADO ASFALTICO          | 1.77                | 0.36     | 20.34                 | 2.36                | 3.25            |
| 64  | PANAMERICANA NORTE        | KM 86+000-KM 91+800         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.45                | 0.32     | 22.07                 | 1.08                | 3.48            |
| 66  | CARRITERA CENTRAL         | KM 0+000-KM 5+000           | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.26                | 0.26     | 11.50                 | 2.60                | 3.07            |
| 68  | CARRITERA CENTRAL         | KM 5+000-KM 7+000           | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.59                | 0.15     | 5.70                  | 2.84                | 2.99            |
| 67  | CARRITERA CENTRAL         | KM 7+000-KM 10+000          | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.30                | 0.25     | 10.87                 | 2.71                | 3.03            |
| 68  | CARRITERA CENTRAL         | KM 10+000-KM 40+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.35                | 0.30     | 12.77                 | 2.84                | 2.98            |
| 69  | CARRITERA CENTRAL         | KM 40+000-KM 72+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.28                | 0.38     | 15.93                 | 2.85                | 2.98            |
| 70  | CARRITERA CENTRAL         | KM 72+000-KM 86+500         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.87                | 0.28     | 13.37                 | 2.28                | 3.20            |
| 71  | CARRITERA CENTRAL         | KM 86+000-KM 88+500         | RECAPADO ASFALTICO          | 2.13                | 0.37     | 17.37                 | 2.74                | 3.04            |
| 72  | CA1-BENSUNTEPE QUE        | KM 40+700-KM 52+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.58                | 0.24     | 16.10                 | 1.97                | 3.40            |
| 73  | CA1-BENSUNTEPE QUE        | KM 52+000-KM 54+800         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.60                | 0.12     | 7.50                  | 1.80                | 3.41            |
| 74  | CA1-BENSUNTEPE QUE        | KM 54+800-KM 80+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.60                | 0.16     | 10.00                 | 1.80                | 3.68            |
| 75  | CA1-BENSUNTEPE QUE        | KM 80+000-KM 86+800         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.82                | 0.20     | 13.16                 | 1.85                | 3.67            |
| 76  | CA1-BENSUNTEPE QUE        | KM 86+800-KM 103+200        | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.85                | 0.23     | 12.43                 | 2.23                | 3.33            |
| 77  | TROPICAL CA1              | KM 40+000-KM 58+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.68                | 0.38     | 14.68                 | 3.32                | 2.73            |
| 78  | CAJ (DEL LITORAL)         | KM 40+000-KM 60+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.82                | 0.24     | 10.34                 | 2.71                | 3.03            |
| 79  | CAJ (DEL LITORAL)         | KM 0+000-KM 20+000          | BASE GRANULAR               | 3.91                | 0.19     | 4.80                  | 4.22                | 2.32            |
| 80  | AUTOPISTA BUR             | CALLE LEBERNA               | TRATAMIENTO MICROPAVIM      | 3.60                | 0.20     | 6.50                  | 3.93                | 2.48            |
| 81  | PANAMERICANA NORTE        | KM 44+000-KM 68+000         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.90                | 0.34     | 17.89                 | 2.40                | 3.20            |
| 82  | PATVIL CAJALIAZ-CARAZ     | KM 127+100-KM 135+419       | TRATAMIENTO BICAPA          | 2.16                | 0.58     | 17.41                 | 4.06                | 3.28            |
| 83  | PANAMERICANA NORTE        | KM 143+000-KM 168+000       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.85                | 0.27     | 14.59                 | 2.29                | 3.29            |
| 84  | PANAMERICANA NORTE        | KM 713+265-KM 786+424       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.98                | 0.46     | 22.73                 | 2.73                | 3.08            |
| 85  | PANAMERICANA NORTE        | KM 786+824-KM 788+264       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.13                | 0.21     | 9.80                  | 2.48                | 3.10            |
| 86  | PANAMERICANA NORTE        | KM 788+824-KM 798+264       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.84                | 0.40     | 18.68                 | 3.46                | 2.67            |
| 87  | PANAMERICANA NORTE        | KM 772+000-KM 782+119       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.37                | 0.73     | 30.90                 | 2.67                | 2.81            |
| 88  | PANAMERICANA NORTE        | KM 772+000-KM 782+119       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.28                | 0.58     | 26.44                 | 3.23                | 2.78            |
| 89  | PANAMERICANA NORTE        | KM 782+119-KM 784+303       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.24                | 0.23     | 10.27                 | 2.62                | 3.11            |
| 90  | HUANUCO-TINCO MARIA       | KM 442+000 - KM 468+000     | CARPETA ASFALTICA ANTIOQUA  | 3.40                | 1.21     | 34.97                 | 5.45                | 1.84            |
| 91  | HUANUCO-TINCO MARIA       | KM 432+000 - KM 440+000     | CARPETA ASFALTICA ANTIOQUA  | 2.68                | 0.43     | 18.88                 | 3.20                | 2.77            |
| 92  | QUICO-JULIACA-DESAGUADERO | KM 0+000 - KM 86+000        | CARPETA ASFALTICA ANTIOQUA  | 3.41                | 1.20     | 36.19                 | 6.38                | 1.88            |
| 93  | QUICO-JULIACA-DESAGUADERO | KM 0+000 - KM 86+000        | CARPETA ASFALTICA ANTIOQUA  | 3.64                | 1.38     | 37.98                 | 5.98                | 1.70            |
| 94  | APEQUIPA-JULIACA          | KM 0+000 - KM 18+000 CD     | TRATAMIENTO BICAPA          | 3.12                | 0.88     | 17.83                 | 4.02                | 2.41            |
| 95  | APEQUIPA-JULIACA          | KM 0+000 - KM 18+000 CI     | TRATAMIENTO BICAPA          | 3.29                | 0.78     | 23.71                 | 4.87                | 2.18            |
| 96  | CARRITERA CENTRAL         | LA OROYA-HUANUCO CI         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.23                | 0.24     | 19.81                 | 1.62                | 3.72            |
| 97  | CARRITERA CENTRAL         | LA OROYA-HUANUCO CI         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.24                | 0.28     | 22.54                 | 1.70                | 3.67            |
| 98  | HUANUCO-AYACUCHO          | AYACUCHO-HUANUCO            | CARPETA ASFALTICA ANTIOQUA  | 6.06                | 0.10     | 1.50                  | 6.81                | 1.46            |
| 99  | HUANUCO-AYACUCHO          | HUANUCO-MAYOC               | BASE GRANULAR O AFIRMADO    | 6.06                | 0.06     | 0.75                  | 6.73                | 1.47            |
| 100 | HUANUCO-AYACUCHO          | PAMPAS-IMPERAL              | BASE GRANULAR O AFIRMADO    | 7.78                | 0.10     | 1.28                  | 7.91                | 1.19            |
| 101 | HUANUCO-AYACUCHO          | PAMPAS-MAYOC                | BASE GRANULAR O AFIRMADO    | 11.00               | 0.10     | 0.81                  | 11.10               | 0.90            |
| 102 | PSCO-AYACUCHO             | KM 0+000 - KM 86+000 CD     | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.64                | 0.33     | 19.88                 | 2.20                | 3.28            |
| 103 | PSCO-AYACUCHO             | KM 0+000 - KM 86+000 CI     | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.38                | 0.33     | 23.91                 | 1.92                | 3.82            |
| 104 | RIO SECOS-DESAGUADERO     | KM 0+612-KM 72+750 CD       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.33                | 0.42     | 31.58                 | 2.02                | 3.48            |
| 105 | RIO SECOS-DESAGUADERO     | KM 0+612-KM 72+750 CI       | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.38                | 0.38     | 28.68                 | 2.00                | 3.47            |
| 106 | PANAMERICANA NORTE        | KM 0+000-KM 6+500           | CARPETA CON SELLO ASFALTICO | 2.83                | 0.31     | 10.58                 | 3.44                | 2.88            |
| 107 | PANAMERICANA NORTE        | KM 6+500-KM 86+000          | RECAPADO ASFALTICO          | 1.67                | 0.38     | 20.32                 | 2.50                | 3.18            |
| 108 | PANAMERICANA NORTE        | KM 86+000-KM 91+800         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.30                | 0.25     | 18.38                 | 1.77                | 3.82            |
| 109 | HUANUCO-TINCO MARIA       | HUANUCO-MIRADOR (CI)        | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.33                | 0.24     | 18.05                 | 1.72                | 3.65            |
| 110 | HUANUCO-TINCO MARIA       | HUANUCO-MIRADOR             | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.21                | 0.29     | 23.97                 | 1.60                | 3.68            |
| 111 | HUANUCO-TINCO MARIA       | MIRADOR-TINCO MARIA         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.70                | 0.50     | 34.71                 | 2.67                | 3.08            |
| 112 | HUANUCO-TINCO MARIA       | MIRADOR-TINCO MARIA         | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.68                | 0.47     | 27.98                 | 2.46                | 3.20            |
| 113 | DOCHABAMBA-QUILLACOLLO    | KM 1+200 - KM 14+800 VH     | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.91                | 0.64     | 33.51                 | 2.84                | 2.92            |
| 114 | DOCHABAMBA-QUILLACOLLO    | KM 1+200 - KM 14+800 VS     | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 2.05                | 0.58     | 28.29                 | 3.00                | 2.90            |
| 115 | RIO NEVADERIA             | KM 381+400 - KM 402+700     | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.50                | 0.19     | 11.95                 | 1.90                | 3.54            |
| 116 | PSCO-AYACUCHO             | KM 80+200 - KM 108+800      | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.38                | 0.28     | 18.12                 | 1.78                | 3.61            |
| 117 | PSCO-AYACUCHO             | KM 80+200 - KM 108+800      | CARPETA ASFALTICA NUEVA     | 1.42                | 0.29     | 20.42                 | 1.90                | 3.64            |

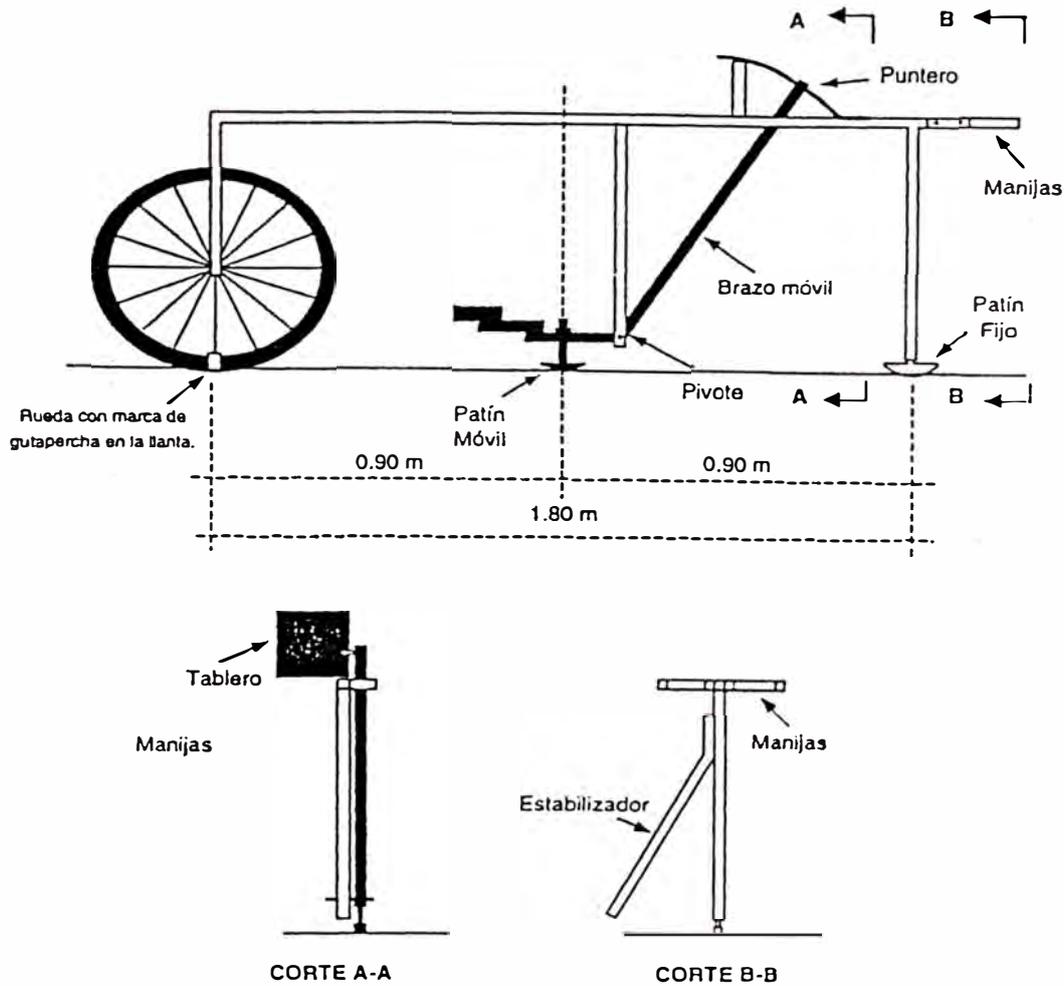


FIGURA Nº 1  
ESQUEMA DEL RUGOSIMETRO MERLIN

CUADRO Nº 4

RUGOSIDAD CARACTERISTICA DE DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS

| PARAMETRO         | TIPO DE PAVIMENTO      |   |                   |                    |                            |                          |
|-------------------|------------------------|---|-------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
|                   | ASFALTICO NUEVO (PERU) | ASFALTICO NUEVO (EL SALVADOR Y BOLIVIA) | ASFALTICO ANTIGUO | RECAPADO ASFALTICO | TRATAMIENTO BICAPA O SELLO | BASE GRANULAR O AFIRMADO |
| No DE DATOS       | 41                     | 11                                      | 25                | 17                 | 12                         | 7                        |
| Rc PROMEDIO (IRI) | 2.21                   | 2.34                                    | 6.28              | 2.16               | 4.90                       | 10.48                    |
| DESV. STANDARD    | 0.60                   | 0.53                                    | 2.18              | 0.58               | 1.39                       | 3.19                     |
| COEF. VARIACION   | 27.29                  | 22.53                                   | 34.70             | 25.93              | 28.36                      | 30.41                    |
| MAXIMO            | 3.57                   | 3.32                                    | 9.81              | 3.62               | 8.11                       | 15.24                    |
| MINIMO            | 1.35                   | 1.80                                    | 1.63              | 1.42               | 3.10                       | 6.55                     |

CUADRO Nº 5

SERVICIABILIDAD DE DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS

| PARAMETRO       | TIPO DE PAVIMENTO      |   |                   |                    |                            |                          |
|-----------------|------------------------|---|-------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
|                 | ASFALTICO NUEVO (PERU) | ASFALTICO NUEVO (EL SALVADOR Y BOLIVIA) | ASFALTICO ANTIGUO | RECAPADO ASFALTICO | TRATAMIENTO BICAPA O SELLO | BASE GRANULAR O AFIRMADO |
| No DE DATOS     | 41                     | 11                                      | 25                | 17                 | 12                         | 7                        |
| PSI PROMEDIO    | 3.37                   | 3.28                                    | 1.73              | 3.39               | 2.11                       | 0.87                     |
| DESV. STANDARD  | 0.36                   | 0.30                                    | 0.74              | 0.33               | 0.48                       | 0.47                     |
| COEF. VARIACION | 10.60                  | 9.28                                    | 42.88             | 9.81               | 22.99                      | 53.75                    |
| MAXIMO          | 3.91                   | 3.81                                    | 3.72              | 3.86               | 2.85                       | 1.52                     |
| MINIMO          | 2.61                   | 2.73                                    | 0.84              | 2.59               | 1.14                       | 0.31                     |

**MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON RUGOSIMETRO MERLIN  
(HOJA DE CAMPO)**

|   |  |
|---|--|
| <b>PROYECTO:</b><br><i>Carretera Panamericana</i> |  |
| <b>TRAMO:</b><br><i>Puente Santa - Pacasmayo</i>  |  |
| <b>SECCION:</b><br><i>km 573-800 - km 586-850</i> |  |
| <b>ENSAYO Nº 01</b> km 574                        |  |
| <b>FECHA:</b> 03 Feb 1995                         |  |
| <b>HORA:</b> 8:30 am                              |  |
| <b>OPERADOR:</b> G.H.S.                           |  |
| <b>SUPERVISOR:</b> G.S.G.                         |  |
| <b>RÉSULTADOS:</b><br>D = 30.2 mm                 |  |
| R = 0.593 + 0.0471 D                              |  |
| <b>RUGOSIDAD = 2.02 IRI</b>                       |  |

10 DATOS DESCARTADOS

D

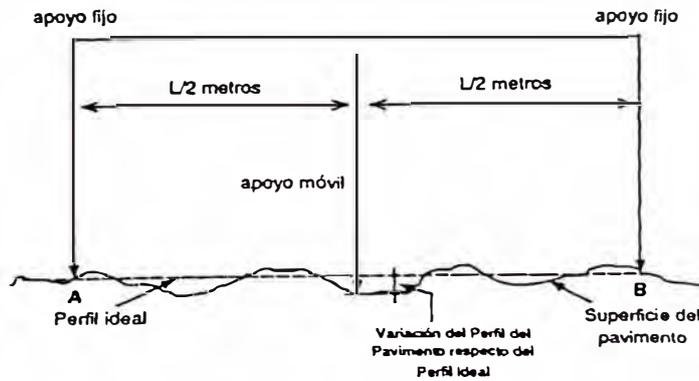
10 DATOS DESCARTADOS

**CONTROL Nº DE ENSAYOS**

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

**OBSERVACIONES:**  
*Ensayo efectuado sobre pavimento repavado*

**FIGURA Nº 2**  
**FORMATO TÍPICO PARA EL CÁLCULO GRÁFICO DE LA RUGOSIDAD**



**FIGURA Nº 3**  
**MEDICION DE LAS VARIACIONES DEL PERFIL DEL PAVIMENTO**

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DEL PERU  
PAVIMENTO ASFALTICO NUEVO**

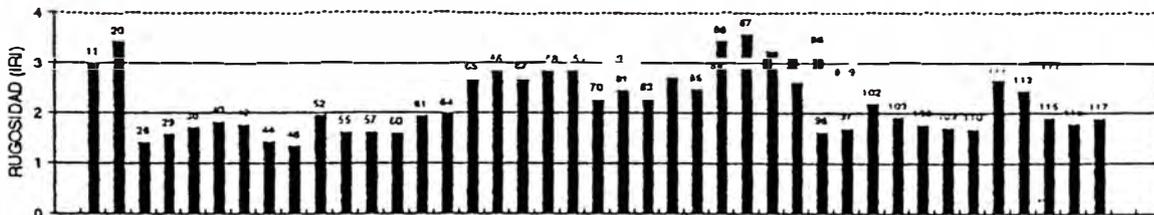


FIGURA Nº 4

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DEL PERU  
PAVIMENTO ASFALTICO ANTIGUO**

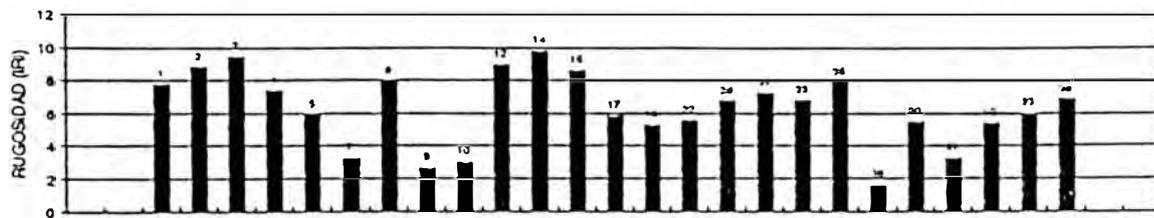


FIGURA Nº 5

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DEL PERU  
PAVIMENTO CON RECAPADO ASFALTICO**

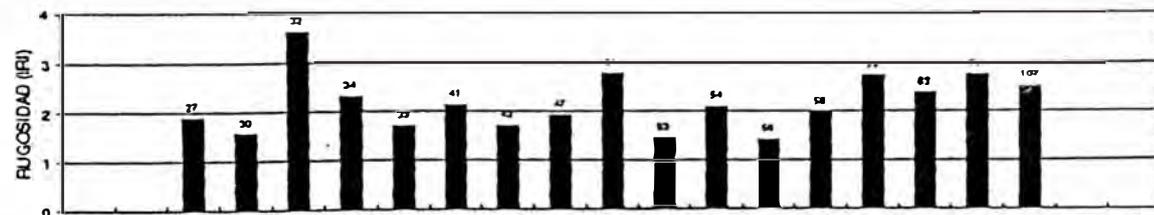


FIGURA Nº 6

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DEL PERU  
PAVIMENTO CON BASE GRANULAR O AFIRMADO**

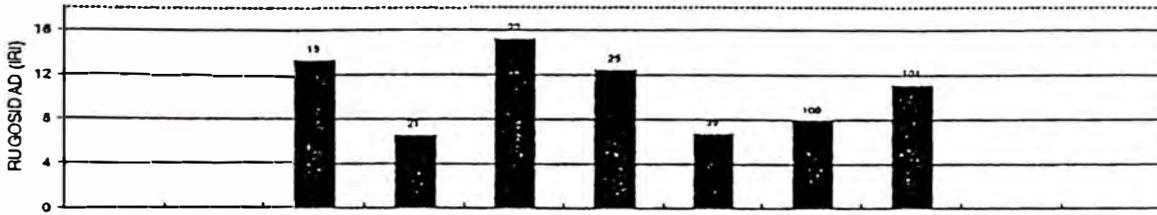


FIGURA Nº 7

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DEL PERU  
PAVIMENTO CON TRATAMIENTO BICAPA O SELLO ASFALTICO**

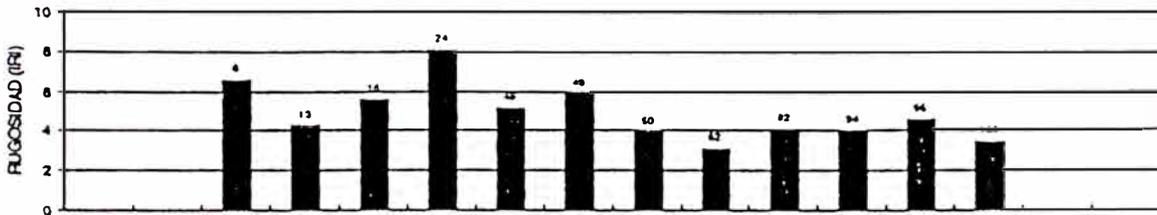


FIGURA Nº 8

**RESULTADOS DE RUGOSIDAD EN LAS CARRETERAS DE EL SALVADOR Y BOLIVIA  
PAVIMENTO ASFALTICO NUEVO**

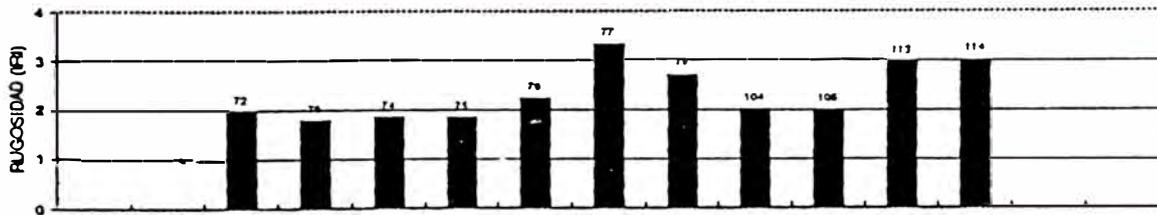


FIGURA Nº 9

## **ANEXO C**

### **LISTA DE EVALUACION SUPERFICIAL JULIO DEL 2009 Y FEBRERO DEL 2010**

**RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI**

TRAMO TOTAL : DEL 79+500 AL 138+935  
 CARRIL DE ENSAYO : DERECHO  
 CARPETA DE RODADURA: TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

| CODIGO DEL ARCHIVO | TRAMO   |             | DISTANCIA         | IRI  | FECHA DE ENSAYO |
|--------------------|---------|-------------|-------------------|------|-----------------|
|                    | PROG.   | PROG. FINAL |                   |      |                 |
| I - 31             | 79+500  | 79+900      | A 1.00m del borde | 4.64 | 29/06/2009      |
| I - 32             | 79+900  | 80+300      | A 1.00m del borde | 3.51 | 29/06/2009      |
| I - 33             | 80+300  | 80+700      | A 1.00m del borde | 3.49 | 29/06/2009      |
| I - 34             | 80+700  | 81+100      | A 1.00m del borde | 3.74 | 29/06/2009      |
| I - 35             | 81+900  | 82+300      | A 1.00m del borde | 6.32 | 29/06/2009      |
| I - 36             | 82+300  | 82+700      | A 1.00m del borde | 3.50 | 29/06/2009      |
| I - 37             | 83+000  | 83+400      | A 1.00m del borde | 5.89 | 29/06/2009      |
| I - 38             | 84+000  | 84+400      | A 1.00m del borde | 5.05 | 29/06/2009      |
| I - 39             | 84+400  | 84+800      | A 1.00m del borde | 4.01 | 29/06/2009      |
| I - 40             | 84+800  | 85+200      | A 1.00m del borde | 4.02 | 29/06/2009      |
| I - 41             | 85+200  | 85+600      | A 1.00m del borde | 4.55 | 29/06/2009      |
| I - 42             | 86+130  | 86+530      | A 1.00m del borde | 3.85 | 03/07/2009      |
| I - 43             | 87+400  | 87+800      | A 1.00m del borde | 4.02 | 03/07/2009      |
| I - 44             | 88+500  | 88+900      | A 1.00m del borde | 3.61 | 04/07/2009      |
| I - 45             | 89+000  | 89+400      | A 1.00m del borde | 4.56 | 04/07/2009      |
| I - 46             | 90+500  | 90+900      | A 1.00m del borde | 4.51 | 04/07/2009      |
| I - 47             | 91+200  | 91+600      | A 1.00m del borde | 4.32 | 04/07/2009      |
| I - 48             | 92+400  | 92+800      | A 1.00m del borde | 2.91 | 10/07/2009      |
| I - 49             | 93+200  | 93+600      | A 1.00m del borde | 3.34 | 10/07/2009      |
| I - 50             | 94+300  | 94+700      | A 1.00m del borde | 2.99 | 10/07/2009      |
| I - 51             | 95+600  | 96+000      | A 1.00m del borde | 4.55 | 10/07/2009      |
| I - 52             | 96+400  | 96+800      | A 1.00m del borde | 5.01 | 10/07/2009      |
| I - 53             | 97+200  | 97+600      | A 1.00m del borde | 4.30 | 10/07/2009      |
| I - 54             | 98+000  | 98+400      | A 1.00m del borde | 5.05 | 10/07/2009      |
| I - 55             | 99+100  | 99+500      | A 1.00m del borde | 4.51 | 10/07/2009      |
| I - 56             | 100+000 | 100+400     | A 1.00m del borde | 5.09 | 30/06/2009      |
| I - 57             | 100+400 | 100+800     | A 1.00m del borde | 4.52 | 30/06/2009      |
| I - 58             | 100+800 | 101+200     | A 1.00m del borde | 5.42 | 30/06/2009      |
| I - 59             | 101+200 | 101+600     | A 1.00m del borde | 4.64 | 30/06/2009      |
| I - 60             | 102+400 | 102+800     | A 1.00m del borde | 5.40 | 30/06/2009      |
| I - 61             | 103+000 | 103+400     | A 1.00m del borde | 4.02 | 06/07/2009      |
| I - 62             | 104+000 | 104+400     | A 1.00m del borde | 4.28 | 06/07/2009      |
| I - 63             | 105+000 | 105+400     | A 1.00m del borde | 4.30 | 06/07/2009      |
| I - 64             | 106+000 | 106+400     | A 1.00m del borde | 4.15 | 06/07/2009      |
| I - 65             | 107+200 | 107+600     | A 1.00m del borde | 4.30 | 06/07/2009      |
| I - 66             | 107+700 | 108+100     | A 1.00m del borde | 3.81 | 06/07/2009      |
| I - 67             | 108+200 | 108+600     | A 1.00m del borde | 3.97 | 07/07/2009      |
| I - 68             | 109+600 | 110+000     | A 1.00m del borde | 4.37 | 07/07/2009      |
| I - 69             | 110+400 | 110+800     | A 1.00m del borde | 3.68 | 07/07/2009      |
| I - 70             | 111+400 | 111+800     | A 1.00m del borde | 3.99 | 07/07/2009      |
| I - 71             | 112+100 | 112+500     | A 1.00m del borde | 4.71 | 07/07/2009      |
| I - 72             | 113+300 | 113+700     | A 1.00m del borde | 4.52 | 07/07/2009      |

**RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI**

TRAMO TOTAL : DEL 79+500 AL 138+935  
CARRIL DE ENSAYO : DERECHO  
CARPETA DE RODADURA: TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

| CODIGO DEL ARCHIVO | TRAMO   |             | DISTANCIA         | IRI  | FECHA DE ENSAYO |
|--------------------|---------|-------------|-------------------|------|-----------------|
|                    | PROG.   | PROG. FINAL |                   |      |                 |
| I - 73             | 114+900 | - 115+300   | A 1.00m del borde | 4.73 | 07/07/2009      |
| I - 74             | 115+300 | - 115+700   | A 1.00m del borde | 4.86 | 07/07/2009      |
| I - 75             | 116+600 | - 117+000   | A 1.00m del borde | 4.30 | 08/07/2009      |
| I - 76             | 117+600 | - 118+000   | A 1.00m del borde | 3.82 | 08/07/2009      |
| I - 77             | 118+600 | - 119+000   | A 1.00m del borde | 4.71 | 08/07/2009      |
| I - 78             | 119+500 | - 119+900   | A 1.00m del borde | 5.10 | 08/07/2009      |
| I - 79             | 120+300 | - 120+700   | A 1.00m del borde | 4.52 | 08/07/2009      |
| I - 80             | 121+800 | - 122+200   | A 1.00m del borde | 3.67 | 08/07/2009      |
| I - 81             | 123+300 | - 123+700   | A 1.00m del borde | 5.24 | 08/07/2009      |
| I - 82             | 124+100 | - 124+500   | A 1.00m del borde | 4.82 | 08/07/2009      |
| I - 83             | 125+500 | - 125+900   | A 1.00m del borde | 4.04 | 08/07/2009      |
| I - 84             | 126+400 | - 126+800   | A 1.00m del borde | 4.59 | 08/07/2009      |
| I - 85             | 127+400 | - 127+800   | A 1.00m del borde | 3.48 | 09/07/2009      |
| I - 86             | 127+800 | - 128+200   | A 1.00m del borde | 3.66 | 09/07/2009      |
| I - 87             | 129+300 | - 129+700   | A 1.00m del borde | 3.80 | 09/07/2009      |
| I - 88             | 130+100 | - 130+500   | A 1.00m del borde | 4.48 | 09/07/2009      |
| I - 89             | 131+600 | - 132+000   | A 1.00m del borde | 4.32 | 09/07/2009      |
| I - 90             | 132+400 | - 132+800   | A 1.00m del borde | 4.32 | 09/07/2009      |
| I - 91             | 133+500 | - 133+900   | A 1.00m del borde | 4.29 | 09/07/2009      |
| I - 92             | 134+500 | - 134+900   | A 1.00m del borde | 4.49 | 09/07/2009      |
| I - 93             | 135+500 | - 135+900   | A 1.00m del borde | 3.93 | 09/07/2009      |
| I - 94             | 136+590 | - 136+990   | A 1.00m del borde | 5.03 | 09/07/2009      |
| I - 95             | 137+300 | - 137+700   | A 1.00m del borde | 4.73 | 09/07/2009      |
| I - 96             | 138+535 | - 138+935   | A 1.00m del borde | 4.46 | 09/07/2009      |

no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

00003

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Donde:

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

### LIMITES DE LA RUGOSIDAD PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTOS

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + 1.645 \sigma$$

Donde:

- IRI<sub>c</sub> : IRI característico
- IRI<sub>p</sub> : IRI promedio
- σ : Desviación estándar

### PROCESAMIENTO PARCIAL DE EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD (IRI)

| TRAMO      |   |          | IRI (m/km)     |            |            |      |              |            |            |      |
|------------|---|----------|----------------|------------|------------|------|--------------|------------|------------|------|
|            |   |          | LADO IZQUIERDO |            |            |      | LADO DERECHO |            |            |      |
| P. INICIAL | - | P. FINAL | 1ra Rodada     | 2da Rodada | 3ra Rodada | PROM | 1ra Rodada   | 2da Rodada | 3ra Rodada | PROM |
| 90+000     | - | 90+400   | 5,22           | 5,56       | 5,46       | 5,41 | 4,23         | 4,58       | 3,93       | 4,25 |
| 90+400     | - | 90+800   | 6,38           | 6,08       | 5,64       | 6,03 | 5,22         | 4,68       | 4,11       | 4,67 |
| 90+800     | - | 91+200   | 5,62           | 5,22       | 5,09       | 5,31 | 5,14         | 5,05       | 5,34       | 5,18 |
| 91+000     | - | 91+400   | 4,45           | 4,17       | 4,43       | 4,35 | 3,65         | 3,89       | 3,85       | 3,80 |
| 91+200     | - | 91+600   | 5,45           | 5,64       | 5,39       | 5,49 | 4,73         | 5,10       | 4,58       | 4,80 |
| 91+400     | - | 91+800   | 4,82           | 4,98       | 4,64       | 4,81 | 4,86         | 5,62       | 4,92       | 5,13 |
| 91+800     | - | 92+200   | 4,29           | 4,56       | 4,11       | 4,32 | 4,51         | 3,76       | 4,08       | 4,12 |
| 92+200     | - | 92+600   | 4,11           | 4,04       | 3,79       | 3,98 | 4,05         | 4,43       | 3,08       | 3,85 |
| 92+600     | - | 93+000   | 4,47           | 5,01       | 4,84       | 4,77 | 3,79         | 3,88       | 4,11       | 3,93 |
| 93+000     | - | 93+400   | 4,46           | 4,55       | 4,13       | 4,38 | 4,18         | 4,32       | 3,91       | 4,14 |
| 93+400     | - | 93+800   | 3,58           | 3,92       | 4,04       | 3,85 | 4,15         | 3,69       | 3,51       | 3,78 |
| 95+000     | - | 95+400   | 3,48           | 3,43       | 3,69       | 3,53 | 3,81         | 3,13       | 3,64       | 3,53 |
| 95+400     | - | 95+800   | 4,10           | 4,01       | 3,30       | 3,80 | 3,89         | 3,95       | 3,82       | 3,89 |
| 95+800     | - | 96+200   | 5,85           | 6,06       | 5,93       | 5,95 | 6,90         | 6,40       | 6,58       | 6,63 |
| 96+200     | - | 96+600   | 5,74           | 5,32       | 5,16       | 5,41 | 5,42         | 4,75       | 5,01       | 5,06 |
| 96+600     | - | 97+000   | 5,02           | 5,01       | 4,47       | 4,83 | 4,80         | 4,80       | 5,06       | 4,89 |
| 97+100     | - | 97+500   | 4,38           | 3,79       | 4,62       | 4,26 | 5,78         | 4,95       | 4,62       | 5,12 |
| 97+500     | - | 97+900   | 4,74           | 4,71       | 4,88       | 4,78 | 5,22         | 5,13       | 5,10       | 5,15 |



F. ARTURO HERNANDEZ GUILLEN  
INGENIERO MONITOR  
CIP 63843

EDWIN W. APOLINARIO MORALES  
INGENIERO MONITOR  
CIP 40859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FIC

|         |   |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|---|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 97+900  | - | 98+300  | 4,59 | 4,31 | 3,97 | 4,29 | 5,73 | 5,12 | 5,11 | 5,32 |
| 98+300  | - | 98+700  | 4,47 | 4,29 | 4,55 | 4,44 | 5,70 | 5,37 | 5,92 | 5,66 |
| 98+700  | - | 99+100  | 5,32 | 4,51 | 4,47 | 4,77 | 5,58 | 5,83 | 4,73 | 5,38 |
| 99+100  | - | 99+500  | 5,60 | 4,84 | 4,80 | 5,08 | 6,06 | 5,50 | 5,24 | 5,60 |
| 99+500  | - | 99+900  | 4,73 | 5,70 | 5,82 | 5,42 | 5,74 | 5,18 | 5,03 | 5,32 |
| 99+900  | - | 100+300 | 4,36 | 4,48 | 3,91 | 4,25 | 5,53 | 5,11 | 4,51 | 5,05 |
| 100+300 | - | 100+700 | 4,51 | 4,08 | 4,12 | 4,24 | 5,32 | 4,64 | 4,37 | 4,78 |
| 100+700 | - | 101+100 | 5,24 | 5,06 | 5,85 | 5,38 | 6,31 | 5,09 | 5,27 | 5,56 |
| 101+100 | - | 101+500 | 5,32 | 5,15 | 4,71 | 5,06 | 5,11 | 5,35 | 4,66 | 5,04 |
| 101+500 | - | 101+900 | 4,95 | 5,47 | 5,03 | 5,15 | 4,92 | 5,48 | 5,32 | 5,24 |
| 101+900 | - | 102+300 | 4,85 | 4,80 | 4,47 | 4,71 | 5,22 | 5,29 | 5,38 | 5,30 |
| 102+300 | - | 102+700 | 4,91 | 5,08 | 4,76 | 4,92 | 5,66 | 5,32 | 4,37 | 5,12 |
| 102+700 | - | 103+100 | 4,52 | 3,93 | 4,52 | 4,32 | 3,83 | 4,80 | 4,55 | 4,39 |
| 103+100 | - | 103+500 | 4,38 | 5,03 | 5,16 | 4,86 | 4,59 | 4,17 | 4,84 | 4,53 |
| 103+500 | - | 103+900 | 4,89 | 5,27 | 4,66 | 4,94 | 4,62 | 4,92 | 5,60 | 5,05 |
| 103+900 | - | 104+300 | 4,78 | 4,97 | 4,84 | 4,86 | 4,81 | 5,22 | 4,73 | 4,92 |
| 104+300 | - | 104+700 | 4,80 | 4,90 | 5,35 | 5,02 | 4,60 | 5,18 | 4,84 | 4,87 |
| 104+700 | - | 105+100 | 4,84 | 4,64 | 5,12 | 4,87 | 4,52 | 4,21 | 4,49 | 4,41 |
| 105+100 | - | 105+500 | 4,44 | 4,56 | 4,10 | 4,37 | 4,95 | 4,96 | 5,22 | 5,04 |
| 105+500 | - | 105+900 | 4,73 | 5,34 | 4,73 | 4,93 | 4,58 | 4,54 | 4,39 | 4,50 |
| 105+900 | - | 106+300 | 4,78 | 4,32 | 4,41 | 4,50 | 4,86 | 4,37 | 5,22 | 4,82 |
| 106+300 | - | 106+700 | 4,80 | 4,87 | 5,85 | 5,17 | 5,60 | 4,95 | 5,36 | 5,30 |
| 106+700 | - | 107+100 | 5,64 | 5,09 | 5,08 | 5,27 | 5,06 | 6,80 | 5,71 | 5,86 |
| 107+100 | - | 107+500 | 5,43 | 5,22 | 5,58 | 5,41 | 5,16 | 4,90 | 4,80 | 4,95 |
| 107+500 | - | 107+900 | 3,89 | 4,03 | 4,06 | 3,99 | 3,37 | 3,50 | 3,79 | 3,55 |
| 107+900 | - | 108+300 | 3,80 | 4,15 | 4,59 | 4,18 | 3,93 | 3,80 | 3,76 | 3,83 |
| 108+300 | - | 108+700 | 4,10 | 4,31 | 4,35 | 4,25 | 4,76 | 4,06 | 4,08 | 4,30 |
| 108+700 | - | 109+100 | 5,24 | 5,24 | 5,04 | 5,17 | 5,21 | 5,64 | 4,87 | 5,24 |
| 109+100 | - | 109+500 | 4,74 | 4,34 | 4,47 | 4,52 | 4,45 | 4,29 | 4,76 | 4,50 |
| 109+500 | - | 109+900 | 5,32 | 5,44 | 5,25 | 5,34 | 4,66 | 4,55 | 4,83 | 4,68 |
| 109+900 | - | 110+300 | 5,60 | 5,71 | 6,36 | 5,89 | 5,39 | 5,53 | 5,13 | 5,35 |
| 110+300 | - | 110+700 | 7,49 | 6,62 | 7,23 | 7,11 | 6,51 | 7,32 | 6,83 | 6,89 |
| 110+700 | - | 111+100 | 4,73 | 5,27 | 4,37 | 4,79 | 4,17 | 4,95 | 4,89 | 4,67 |
| 111+100 | - | 111+500 | 5,19 | 5,74 | 4,47 | 5,13 | 4,03 | 4,52 | 5,31 | 4,62 |
| 111+500 | - | 111+900 | 5,27 | 4,81 | 5,06 | 5,05 | 4,80 | 4,79 | 4,73 | 4,77 |
| 111+900 | - | 112+300 | 4,76 | 3,96 | 5,37 | 4,70 | 4,49 | 5,38 | 4,49 | 4,79 |
| 112+300 | - | 112+700 | 6,48 | 6,80 | 6,49 | 6,59 | 6,02 | 5,22 | 4,95 | 5,40 |
| 112+700 | - | 113+100 | 6,34 | 6,36 | 5,13 | 5,94 | 5,43 | 5,95 | 6,22 | 5,87 |
| 118+900 | - | 119+300 | 4,66 | 4,78 | 5,45 | 4,96 | 5,37 | 5,51 | 5,78 | 5,55 |
| 119+300 | - | 119+700 | 3,79 | 4,00 | 3,99 | 3,93 | 3,96 | 4,38 | 4,15 | 4,16 |
| 119+700 | - | 120+100 | 4,33 | 5,11 | 5,78 | 5,07 | 4,90 | 4,08 | 4,96 | 4,65 |
| 120+100 | - | 120+500 | 5,31 | 3,96 | 5,53 | 4,93 | 5,67 | 5,25 | 5,99 | 5,64 |
| 120+500 | - | 120+900 | 5,08 | 5,48 | 3,96 | 4,84 | 4,60 | 4,53 | 5,67 | 4,93 |
| 120+900 | - | 121+300 | 4,22 | 4,12 | 4,45 | 4,8  | 4,88 | 4,13 | 4,92 | 4,64 |
| 121+300 | - | 121+700 | 4,95 | 4,03 | 4,4  | 4,46 | 3,90 | 4,25 | 4,17 | 4,11 |
| 121+700 | - | 122+100 | 4,18 | 4,51 | 4,54 | 4,41 | 4,14 | 4,21 | 4,15 | 4,17 |



F. ARTURO HERNÁNDEZ GUILLEN  
INGENIERO MONITOR  
CIP 88849

EDWIN W. APOLINARIO MORALES  
INGENIERO MONITOR  
CIP 40858

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FIC

|         |   |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|---|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 122+100 | - | 122+500 | 4,32 | 4,47 | 4,38 | 4,39 | 4,06 | 4,48 | 4,07 | 4,20 |
| 124+900 | - | 125+300 | 4,76 | 5,56 | 4,57 | 4,96 | 5,48 | 4,67 | 4,59 | 4,91 |
| 125+300 | - | 125+700 | 4,64 | 5,33 | 4,29 | 4,75 | 4,13 | 4,38 | 3,96 | 4,16 |
| 125+700 | - | 126+100 | 4,86 | 4,79 | 5,51 | 5,05 | 4,19 | 3,90 | 3,98 | 4,02 |
| 126+100 | - | 126+500 | 4,91 | 4,42 | 4,73 | 4,69 | 4,43 | 4,57 | 5,04 | 4,68 |
| 126+500 | - | 126+900 | 4,31 | 4,21 | 4,8  | 4,44 | 4,67 | 3,78 | 4,92 | 4,46 |
| 126+900 | - | 127+300 | 4,15 | 5    | 4,55 | 4,57 | 6,02 | 4,94 | 4,12 | 5,03 |
| 127+300 | - | 127+700 | 3,93 | 3,74 | 4,38 | 4,02 | 4,38 | 4,01 | 3,90 | 4,10 |
| 127+700 | - | 128+100 | 3,88 | 4,41 | 4,51 | 4,27 | 4,80 | 4,78 | 4,95 | 4,84 |
| 140+000 | - | 140+400 | 4,00 | 4,15 | 4,40 | 4,18 | 4,87 | 4,17 | 4,39 | 4,48 |
| 140+400 | - | 140+800 | 3,31 | 3,45 | 4,01 | 3,59 | 3,47 | 3,35 | 4,06 | 3,63 |
| 140+800 | - | 141+200 | 3,54 | 3,59 | 3,78 | 3,64 | 3,39 | 3,39 | 3,82 | 3,53 |
| 141+200 | - | 141+600 | 3,62 | 3,82 | 3,53 | 3,66 | 3,86 | 3,69 | 3,82 | 3,79 |
| 141+600 | - | 142+000 | 3,79 | 3,60 | 3,60 | 3,66 | 4,52 | 4,11 | 3,90 | 4,18 |
| 142+000 | - | 142+400 | 3,25 | 3,35 | 3,28 | 3,29 | 4,17 | 3,83 | 4,53 | 4,18 |
| 142+400 | - | 142+800 | 4,22 | 4,90 | 4,67 | 4,60 | 4,59 | 4,59 | 4,02 | 4,40 |
| 142+800 | - | 143+200 | 3,55 | 4,04 | 3,71 | 3,77 | 4,33 | 3,84 | 3,82 | 4,00 |
| 143+600 | - | 144+000 | 3,71 | 3,73 | 3,42 | 3,62 | 3,30 | 3,24 | 3,24 | 3,26 |
| 144+000 | - | 144+400 | 3,52 | 3,14 | 3,42 | 3,36 | 3,26 | 3,29 | 3,43 | 3,33 |
| 144+400 | - | 144+800 | 3,78 | 4,04 | 3,95 | 3,92 | 4,43 | 3,84 | 4,38 | 4,22 |
| 144+800 | - | 145+200 | 4,51 | 4,11 | 3,71 | 4,11 | 3,45 | 3,75 | 3,57 | 3,59 |
| 145+200 | - | 145+600 | 4,00 | 4,11 | 4,84 | 4,32 | 3,85 | 3,96 | 3,96 | 3,92 |
| 145+600 | - | 146+000 | 4,20 | 4,11 | 4,24 | 4,18 | 4,17 | 3,63 | 3,98 | 3,93 |
| 146+000 | - | 146+400 | 3,56 | 4,31 | 3,71 | 3,86 | 4,32 | 4,01 | 3,99 | 4,11 |
| 146+400 | - | 146+800 | 4,13 | 3,64 | 3,21 | 3,66 | 3,96 | 3,47 | 3,39 | 3,61 |
| 146+800 | - | 147+200 | 3,50 | 3,25 | 3,75 | 3,50 | 4,27 | 3,07 | 3,59 | 3,64 |
| 147+200 | - | 147+600 | 3,48 | 3,21 | 3,41 | 3,37 | 3,77 | 4,95 | 4,17 | 4,30 |
| 147+600 | - | 148+000 | 3,25 | 3,89 | 3,86 | 3,67 | 3,54 | 3,65 | 3,26 | 3,48 |
| 148+000 | - | 148+400 | 4,00 | 4,73 | 3,68 | 4,14 | 4,28 | 3,89 | 4,11 | 4,09 |
| 148+400 | - | 148+800 | 4,13 | 4,89 | 3,99 | 4,34 | 5,11 | 4,94 | 4,69 | 4,91 |
| 148+800 | - | 149+200 | 4,57 | 5,06 | 4,55 | 4,73 | 5,43 | 4,92 | 5,95 | 5,43 |
| 149+200 | - | 149+600 | 4,23 | 4,35 | 4,40 | 4,33 | 3,87 | 3,44 | 4,02 | 3,78 |
| 149+600 | - | 150+000 | 3,95 | 3,91 | 3,81 | 3,89 | 4,34 | 3,48 | 4,62 | 4,15 |
| 150+000 | - | 150+400 | 4,35 | 3,80 | 3,86 | 4,00 | 4,69 | 4,64 | 4,74 | 4,69 |
| 150+400 | - | 150+800 | 3,90 | 3,90 | 4,37 | 4,06 | 4,10 | 4,13 | 4,04 | 4,09 |
| 150+800 | - | 151+200 | 3,73 | 3,64 | 4,00 | 3,79 | 4,13 | 4,04 | 3,96 | 4,04 |
| 151+200 | - | 151+600 | 3,25 | 4,40 | 3,79 | 3,81 | 3,99 | 3,57 | 3,82 | 3,79 |
| 151+600 | - | 152+000 | 4,05 | 4,26 | 3,85 | 4,05 | 3,69 | 3,93 | 3,89 | 3,84 |
| 152+000 | - | 152+400 | 3,53 | 4,51 | 3,51 | 3,85 | 3,45 | 3,93 | 3,68 | 3,69 |
| 152+800 | - | 153+200 | 4,29 | 3,86 | 4,56 | 4,24 | 4,14 | 4,45 | 4,34 | 4,31 |
| 153+200 | - | 153+600 | 4,24 | 4,85 | 4,65 | 4,58 | 4,17 | 3,85 | 4,32 | 4,11 |
| 154+400 | - | 154+800 | 3,60 | 3,59 | 3,53 | 3,57 | 4,27 | 3,87 | 3,82 | 3,99 |
| 155+200 | - | 155+600 | 3,24 | 3,31 | 3,24 | 3,26 | 3,67 | 3,85 | 3,69 | 3,74 |
| 155+600 | - | 156+000 | 3,50 | 4,55 | 3,95 | 4,00 | 4,06 | 3,91 | 4,28 | 4,08 |
| 156+000 | - | 156+400 | 5,07 | 5,43 | 5,96 | 5,49 | 4,74 | 4,74 | 5,60 | 5,03 |
| 156+400 | - | 156+800 | 4,95 | 3,93 | 4,14 | 4,34 | 4,69 | 4,62 | 4,41 | 4,57 |



F. ARTURO BERNANDEZ GUILLEN  
INGENIERO MONITOR  
CIP 63843

EDWIN W. APOLMARIO MORALES  
INGENIERO MONITOR  
CIP 40858

|         |   |         |      |      |      |      |                    |      |      |      |
|---------|---|---------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
| 156+800 | - | 157+200 | 4,03 | 4,04 | 3,67 | 3,91 | 5,06               | 4,45 | 4,66 | 4,72 |
| 157+200 | - | 157+600 | 3,89 | 4,57 | 3,59 | 4,02 | 4,81               | 4,10 | 5,43 | 4,78 |
| 157+600 | - | 158+000 | 4,51 | 4,29 | 4,18 | 4,33 | 4,80               | 4,48 | 4,96 | 4,75 |
| 158+000 | - | 158+400 | 4,51 | 4,95 | 4,30 | 4,59 | 4,34               | 4,73 | 4,80 | 4,62 |
|         |   |         |      |      |      | 3,26 | IRI Mínimo         |      |      | 3,26 |
|         |   |         |      |      |      | 7,11 | IRI Máximo         |      |      | 6,89 |
|         |   |         |      |      |      | 4,52 | IRI Promedio       |      |      | 4,56 |
|         |   |         |      |      |      | 0,70 | Desv. Estandar     |      |      | 0,68 |
|         |   |         |      |      |      | 5,67 | IRI Característico |      |      | 5,68 |



  
F. ARTURO HERNANDEZ GUILLEN  
INGENIERO MONITOR  
CIP 63843

  
EDWIN W. POLINARIO MORALES  
INGENIERO MONITOR  
CIP 40858

## **ANEXO D**

### **HOJA DE LECTURA DE CAMPO**



## ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)

PROYECTO: ESTUDIO DE CAMBIO DE ESTANDAR  
 SECTOR : Capilluzos - Dv. Yauyo  
 TRAMO : 105+000 - 105+400  
 CARRIL : Derecho

OPERADOR : Zaida Quipe Aycoque  
 SUPERVISOR : Ing. Apolinario  
 FECHA : 15/05/10

ENSAYO N° 2      KM 105+400      HORA 105+000

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 34 | 35 | 19 | 22 | 30 | 35 | 26 | 31 | 28 | 26 |
| 2  | 36 | 30 | 27 | 28 | 28 | 32 | 31 | 29 | 31 | 32 |
| 3  | 32 | 31 | 26 | 19 | 29 | 29 | 25 | 31 | 30 | 35 |
| 4  | 39 | 32 | 36 | 35 | 30 | 33 | 29 | 25 | 25 | 37 |
| 5  | 32 | 36 | 21 | 48 | 33 | 37 | 29 | 32 | 36 | 29 |
| 6  | 34 | 29 | 27 | 21 | 31 | 31 | 30 | 27 | 36 | 32 |
| 7  | 30 | 35 | 28 | 30 | 27 | 23 | 31 | 33 | 25 | 33 |
| 8  | 27 | 27 | 18 | 23 | 32 | 33 | 30 | 31 | 26 | 29 |
| 9  | 34 | 34 | 23 | 34 | 25 | 33 | 29 | 32 | 30 | 24 |
| 10 | 29 | 36 | 37 | 37 | 32 | 33 | 27 | 22 | 23 | 33 |
| 11 | 40 | 27 | 27 | 28 | 31 | 31 | 34 | 32 | 24 | 31 |
| 12 | 48 | 35 | 39 | 22 | 33 | 26 | 26 | 27 | 29 | 28 |
| 13 | 32 | 35 | 21 | 26 | 32 | 29 | 29 | 38 | 28 | 27 |
| 14 | 37 | 36 | 30 | 31 | 22 | 30 | 32 | 28 | 25 | 33 |
| 15 | 30 | 16 | 31 | 29 | 26 | 39 | 27 | 29 | 24 | 33 |
| 16 | 31 | 31 | 19 | 33 | 32 | 29 | 32 | 33 | 12 | 26 |
| 17 | 30 | 32 | 30 | 31 | 30 | 25 | 34 | 33 | 26 | 27 |
| 18 | 31 | 31 | 26 | 22 | 26 | 31 | 35 | 34 | 30 | 35 |
| 19 | 27 | 33 | 15 | 33 | 26 | 28 | 26 | 30 | 33 | 37 |
| 20 | 30 | 3  | 38 | 33 | 27 | 29 | 29 | 30 | 23 | 27 |

TIPOS DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMADA

TRATAMIENTO MONOCAPA

TRATAMIENTO SLURRY SEAL

RECAPEO ASFALTICO

SELLO

.....

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

L

## **ANEXO E**

### **PANEL FOTOGRAFICO**



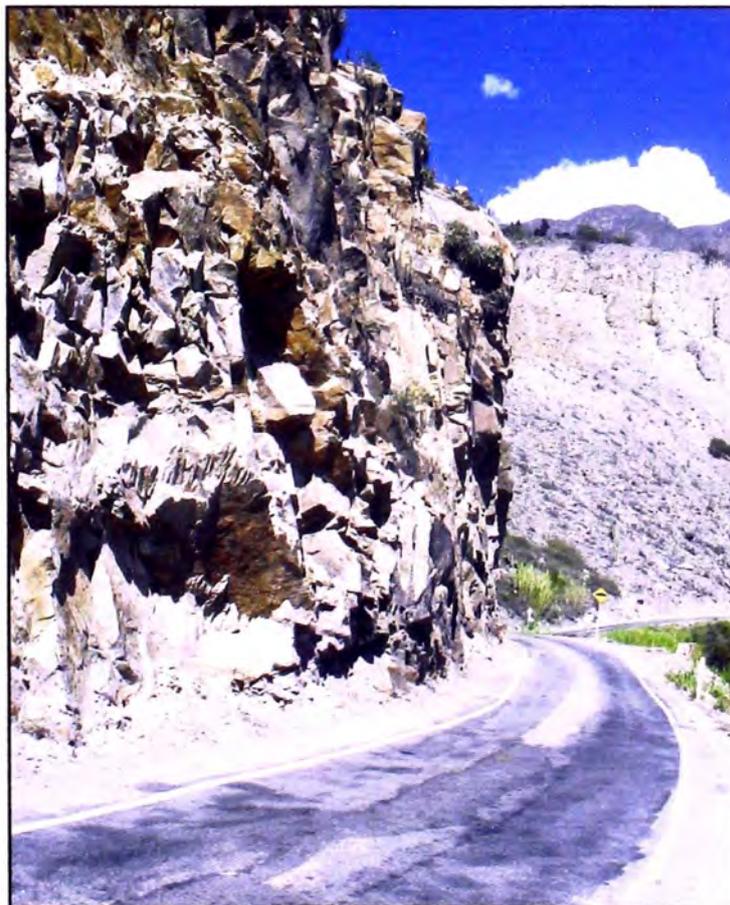
**Fotografía N° 01: Tramo Inicial Evaluado.**



**Fotografía N° 02: Tramo Final Evaluado.**



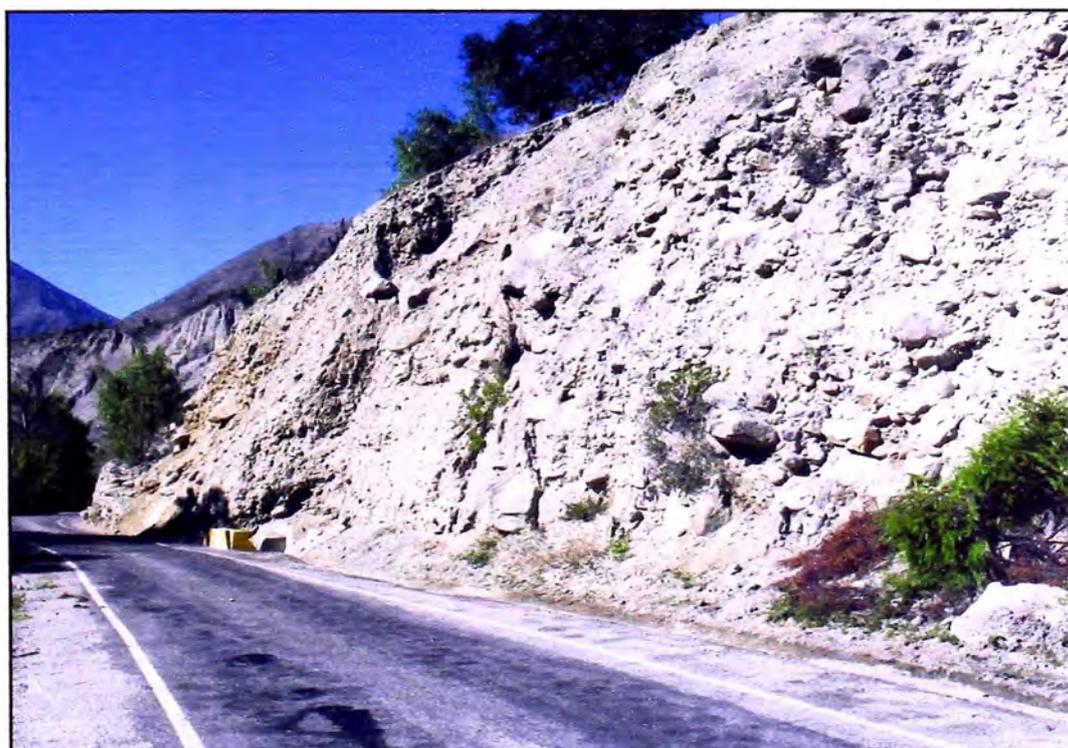
**Fotografía N° 03: Talud Inestable km.105+000 al km.105+720**



**Fotografía N° 04: Talud roca fija km. 104+210.**



**Fotografía N° 05: Alcantarilla km. 105+970**



**Fotografía N° 06: Alcantarilla km. 105+830**



**Fotografía N° 07:** Salida de Alcantarilla km. 105+830(obstruida)



**Fotografía N° 08:** Alcantarilla km. 105+610.



**Fotografía N° 09:** Giba km. 104+460



**Fotografía N° 10:** Giba km.105+475



**Fotografía N° 11: Carpeta de rodadura km. 105+950**



**Fotografía N° 12: Carretera km. 105+050**



**Fotografía N° 13:** Carpeta de Rodadura km.104+740.



**Fotografía N° 14:** Carpeta de Rodadura km.104+650.



**Fotografía N° 15:** Lectura de Datos km. 104+600 al 105+000 Lado derecho



**Fotografía N° 16:** Lectura de Datos km. 105+000 al 105+400, Lado derecho