

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



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA CARRETERA  
CAÑETE –YAUYOS – CHUPACA CON EQUIPO MERLIN  
TRAMO KM. 69+000 – KM. 74+000.**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS ALBERTO LOPEZ HUAMAN**

**Lima- Perú**

**2009**

*Agradezco en forma infinita a Dios, a mis padres, por confiar en mí desde mi primer segundo de vida, a mis dos amores Cecilia y Luis por ser mi fuente de inspiración. A todos ellos dedico este trabajo.*

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	03
LISTADO DE CUADROS	04
LISTADO DE FIGURAS	05
LISTADO DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	06
INTRODUCCIÓN	07
<b>CAPÍTULO I.- GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes.	08
1.2 Ubicación de la Carretera.	10
1.3 Características de la Carretera.	11
1.3.1 Población	11
1.3.2 Actividad Económica.	15
1.3.3 Sistema de Transporte.	16
1.3.4 Hidrología.	18
1.3.5 Clima y Meteorología.	18
1.3.6 Aspectos Geológicos.	19
1.3.7 Aspectos Geotécnicos.	20
1.4 Sub-tramo en Estudio km. 69+000 – km. 74+000	
<b>CAPÍTULO II.- ESTADO DEL ARTE</b>	
2.1 Antecedentes	25
<b>CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 Concepto de Rugosidad	27
3.2 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	27
3.2.1 Determinación de la Rugosidad en Unidades IRI	29
3.2.2 Escala y Características del IRI	30
3.3 Método de Medición de Rugosidad	31
3.3.1 Clasificación de los Métodos	32
3.4 Método de Cálculo de Rugosidad con el MERLIN	
3.4.1 Fundamentos Teóricos.	34
3.4.2 Ejecución de Ensayos.	34
3.4.3 Cálculo del Rango “D”	37

3.4.4	Correlaciones D vs IRI	38
3.4.5	Índice de Servicialidad Presente (PSI – Present Serviciality Index)	39
3.4.6	Factor de Corrección para el Ajuste de “D”	40
3.4.7	Variación de Relación de Brazos.	42
3.4.8	Cálculo del Rango “D” Corregido	42
3.4.9	Determinación de la Rugosidad en la Escala del IRI	42
3.5	Límites de Rugosidad	42
3.6	Niveles de Rugosidad.	43
3.7	Valores del IRI Propuestos por entidades internacionales	45

#### **CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 69+000 – KM 74+000 CON SELLO ASFALTICO SLURRY SEAL**

4.1	Recopilación de Datos	47
4.2	Obtención de la Rugosidad (IRI)	47

#### **CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

5.1	Resultados de Rugosidad en el Tramo Km.72+000–Km.72+400	50
5.2	Resultados de las Rugosidades de los nueve sub tramos	50
5.3	Comparación de Rugosidades en los mismos sub tramos	50

**CONCLUSIONES** 52

**RECOMENDACIONES** 54

**BIBLIOGRAFÍA** 55

**ANEXOS** 56

## RESUMEN

El presente informe está dirigido a evaluar la rugosidad de un tramo de la carretera Cañete - Yauyos – Chupaca Tramo Km. 69+000 – 74+000, en especial el sub tramo Km. 72+000 – 72+400, el cual presenta una estructura conformado por una capa de material de cantera con un espesor variable de 8 a 11cm, luego tiene una base estabilizada con emulsión asfáltica de espesor de 5cm y protegido por un mortero asfáltico de 1 cm. de espesor llamado SLURRY SEAL.

Esta carretera es de bajo volumen de tránsito de la red vial nacional, el cual se espera que se encuentre en buenas condiciones, porque el programa “Proyecto Perú, a través de PROVIAS NACIONAL tiene como finalidad establecer sistemas de contratos para mejorar el Servicio de Conservación Vial, con estas medidas se espera aumentar el volumen del tránsito y en forma progresiva sea una alternativa de la carretera central.

Parte de este informe es evaluar dicha carreta, mediante obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), para ello se utiliza el perfilómetro estático tipo MERLIN. El cual determina la rugosidad en unidades de MERLIN, posteriormente se corrige y luego con una ecuación de correlación se transforma en unidad de Rugosidad Internacional (IRI).

El valor del IRI es un parámetro que cuantifica el grado de irregularidad longitudinal del pavimento, además de ser un parámetro de control de calidad y se asocia con la serviciabilidad de la carretera.

Este trabajo también tiene como objetivo recopilar datos en campo, calcular la rugosidad y compararlo con otra base de datos obtenidos en el mes de Mayo – Junio por la supervisión, para determinar como varia la rugosidad en dichos tramos en estos cuatro meses.

El sub tramo en estudio se ubica cerca al poblado de San Jerónimo en la progresiva 71+200 y con una altitud de 1019msnm.

## LISTADO DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro N° 1.01: Datos generales del corredor vial N° 13	10
Cuadro N° 1.02: Ubicación de la Carretera	11
Cuadro N° 1.03: Población actual	15
Cuadro N° 1.04: Superficie Agrícola y No agrícola por componentes	16
Cuadro N° 1.05: Estudio de Tráfico	17
Cuadro N° 1.06 : Estado inicial de la Vía	17
Cuadro N° 1.07: Estructura Proyectada del Pavimento	18
Cuadro N° 1.08: Valores de CBR y Mr.	20
Cuadro N° 1.09: Estudio de Tráfico según términos de referencia y realizados en Junio del 2008.	24
Cuadro N° 3.01: Rango de Serviciabilidad Presente	40
Cuadro N° 3.02: IRI de Uruguay	44

## LISTADO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura Nº 1.01: Mapa del proyecto del Programa	12
Figura Nº 1.02: Plano clave corredor vial Nº 13	13
Figura Nº 1.03: Perfil Longitudinal Corredor Vial Nº 13	14
Figura Nº 1.04: Ubicación del Tramo en Estudio	21
Figura Nº 1.05: Estructura del pavimento en estudio	22
Figura Nº 2.01: Esquema del rugosímetro MERLIN	26
Figura Nº 3.01 : Cuarto de coche	17
Figura Nº 3.02: Escala de valores del IRI y las características de los Pavimentos.	31
Figura Nº 3.03: Nivel y Estadía	32
Figura Nº 3.04: Principio de operación del rugosímetro MERLIN	35
Figura Nº 3.05: Histograma de distribución de frecuencias	38
Figura Nº 3.06: Escala de Rugosidad para Pavimentos	45
Figura Nº 3.07: Especificaciones Internacionales	46
Figura Nº3.08: Agencia Públicas	47

## LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

<b>AASHTO</b>	:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>ASTM</b>	:	American Society for Testing Materials.
<b>BID</b>	:	Banco Interamericano de Desarrollo.
<b>CBR</b>	:	California Bearing Ratio.
<b>CGC</b>	:	Consortio Gestión de Carreteras.
<b>D</b>	:	Rugosidad en unidades MERLIN.
<b>FC</b>	:	Factor de Corrección.
<b>FIC</b>	:	Facultad de Ingeniería Civil.
<b>ICCGSA</b>	:	Empresa "Ingenieros Civiles y Contratistas Generales".
<b>IP</b>	:	Índice de Plasticidad
<b>IRI.</b>	:	Índice de Rugosidad internacional o International Roughness Index.
<b>IRIc.</b>	:	Índice de Rugosidad internacional Característico.
<b>IRIp.</b>	:	Índice de Rugosidad internacional Promedio.
<b>IRRE.</b>	:	Internacional Road Roughness Experimento Experimento internacional de Rugosidad de caminos.
<b>MDS</b>	:	Máxima Densidad Seca
<b>MERLIN.</b>	:	Acrónimo del ingles Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation.
<b>MTC.</b>	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
<b>NCHRP</b>	:	Nacional Cooperative Highway Reseach Program
<b>PROMCEPRI</b>	:	Promoción de Concesiones Privadas
<b>PSI.</b>	:	Índice de serviciabilidad presente Present ServiabilityIndex.
<b>RAR80</b>	:	Reference AVERAGE Rectified Slope.
<b>RB</b>	:	Relación de Brazos.
<b>RQCS</b>	:	Reference Quarter Car Simulation.
<b>RTRRMS</b>	:	Response Type Road Roughness Measuring.
<b><math>\sigma</math></b>	:	Desviación Estándar.
<b>SUCS</b>	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
<b>TRRL.</b>	:	Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos.

## INTRODUCCIÓN

Existen diversos procedimientos para la medición de la Rugosidad. El grado de precisión del procedimiento utilizado depende de la metodología empleada que está relacionado con los equipos que se utilicen durante la medición. La diferencia entre valores de rugosidad obtenida con metodologías distintas puede ser mínima o sustancialmente significativa dependiendo de la calibración del equipo, procedimiento de medición en campo e inclusive en las fórmulas empleadas en el procesamiento de datos proveniente de campo.

El presente informe está dirigido a evaluar la rugosidad de un tramo de la carretera Cañete - Yauyos – Chupaca Km. 69+000 – 74+000, en especial el sub tramo Km. 72+000 – Km.72+400 que presenta una superficie mejorada con mortero asfáltico tipo Slurry Seal.

En este presente trabajo se encuentra dividido en cinco capítulos:

El CAPÍTULO I se da referencia a las características generales de la carretera, como los antecedentes de estudios existentes, ubicación, características de la carretera como: accesibilidad, altitud, clima, descripción del área de estudio.

El CAPÍTULO II, presenta un resumen relacionado al estado del arte del rugosímetro estático tipo MERLIN

El CAPÍTULO III, describe el marco teórico relacionado para obtener el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), con el equipo MERLIN.

El CAPÍTULO IV, la teoría presentada en el capítulo III se aplica al tramo en estudio, obteniendo el IRI y Rugosidades característicos (IRI<sub>c</sub>) con los datos de campo, utilizando el equipo MERLIN.

El CAPÍTULO V, se interpreta el valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), del sub tramo en estudio, también se calcula la rugosidad de los otros sub tramos y se compara con los índices obtenidos por la supervisión en el mes de Mayo-Junio.

## CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes.

El tramo de la carretera en estudio se encuentra ubicado en las provincias de Cañete y Yauyos en el departamento de Lima y Concepción en el departamento de Junín.

Esta carretera de penetración fue proyectada y ejecutada por etapas durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre los años de 1920 y 1930, mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú.

Por el lado de la costa, durante el gobierno de Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944, avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurados por el propio presidente en junio del mismo año.

En febrero de 1956, llega el contratista arequipeño Sr. Lesmer Málaga con experiencia en carretera para realizar el corte del cañón de Uchco.

En mayo de 1957 se cumplen varios puntos más de las metas, el corte, el puente Uchco y llegando hasta el pueblo de Alis, concluyendo con el trazo de la carretera, integrando la región Costa con la Sierra.

En 1958 se realizan trabajos de mantenimiento a la vía por las empresas Cementos Lima y ARPL Tecnología Industrial.

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) adjudicó la buena Pro al Consorcio "Asociación Aguas y Estructuras (AYESA) – ALPHA CONSULT SA" para realizar el servicio de consultoría a nivel de estudio definitivo de la carretera Lunahuaná - Huancayo.

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León, (Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003) la formulación del estudio de pre inversión a nivel de perfil de la carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 271.73 km de longitud aproximadamente.

Con el Informe N° 838-2004-MTC/09.02 de 07 de septiembre de 2004, el Director de Inversiones de la Oficina General de Planificación y Presupuesto del

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su función de OPI MTC aprueba el estudio de preinversión a nivel perfil del “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná-Dv Yauyos-Chupaca” identificado con Código SNIP N° 9895 y autorizó la formulación del siguiente nivel de estudios.

Con oficio N° 513-2004-MTC/09.02 de 16 septiembre de 2004 el Director General de la OPI MTC solicita al Director General de Programación

Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas la exoneración del estudio de prefactibilidad y que se autorice la elaboración del estudio de Factibilidad del precitado proyecto, en virtud que el perfil identificó claramente la alternativa seleccionada.

El Programa “Proyecto Perú” que fue creado por Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02 y modificado por Resolución Ministerial N°408-2007-MTC/02 es parte del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (PROVIAS NACIONAL) con la finalidad de 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.

En el marco del precitado programa, PROVIAS NACIONAL suscribió el CONTRATO DE SERVICIOS N° 288–2007 MTC/20 de 27 de diciembre del 2007, con el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS por un período de cinco años, a fin que éste brinde el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación del Tramo: Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas. (Cuadro N° 01: Datos Generales del Contrato).

Con el objetivo de mejorar los niveles de serviciabilidad y transitabilidad de las carreteras de bajo volumen de tránsito de la red vial nacional, el MTC a través de PROVIAS NACIONAL suscribió un convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en agosto del 2008 por un periodo de cinco años, denominado: “Acompañamiento y Monitoreo de los Trabajos del Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio, del Corredor Vial N° 13: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca, (Rehabilitación del tramo: Zúñiga – desvío Yauyos - Ronchas)”.

**Cuadro N° 1.01**  
**Datos Generales del Contrato de Conservación Vial**

Carretera	Cañete – Yauyos - Chupaca
Longitud Total del Tramo	272.73 Km.
Contrato de Servicios	N° 288-2007-MTC/20
Contratista-Conservador	Consortio Gestión de Carreteras (ICCGSA, Corporación Mayo SAC, Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal SRL.
Valor Referencial	S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato	S/. 131'589,139.71
Periodo del Contrato	05 años
Inicio del Contrato	01 de Febrero, 2008

(Fuente: Elaboración propia)

La Escuela Profesional a través de la modalidad de Titulación Profesional por Actualización de Conocimientos, se está enfocando en recopilar información y procesarla para obtener una evaluación superficial por el método del PCI, evaluación de la rugosidad con equipo Merlín y evaluación estructural con Viga Benkelman.

El presente trabajo se centra en la evaluación de la rugosidad con equipo MERLIN en el tramo comprendido entre Km. 69+000 – Km. 74+000.

## 1.2 Ubicación de la Carretera

La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, forma parte del Corredor Vial N.-13, está ubicado al oeste centro del país que conecta las regiones de Lima y Junín con sus diversas capitales provinciales, distritales y centros poblados localizados en el área de influencia directa de la vía. Su altitud varía desde los 71 m.s.n.m. hasta los 4,751 m.s.n.m. En el Cuadro N° 1.02, se muestra datos de ubicación de la carretera y en el Gráfico N° 1.01 se muestra el la ubicación de los proyectos del Programa PROYECTO PERÚ.

**Cuadro N°1.02**  
**Ubicación de la Carretera**

Departamento /Región:	Lima - Junín
Provincia:	Cañete -Chupaca
Distrito:	San Vicente de Cañete
Localidad:	Varias entre Localidad San Vicente de Cañete y Localidad de Chupaca
Región Geográfica:	Costa (x) Sierra (x)
Altitud :	71 – 4751 m.s.n.m.
Latitud :	13°04'38.08"S    76°24'11.45"O (San Vicente)
	12°03'35.29"S    75°17'13.47"O (Chupaca)
Coordenadas :	348,000.55 E    8´553,201.88 S (San Vicente)
	468,680 E    8´666,783 S (Chupaca)

(Fuente: Informe de Suficiencia, Cupe, 2008: p. 11)

**Longitud total de la carretera: 271.73 Km.**

**Inicio:** San Vicente de Cañete Km. 1+805

**Final:** Chupaca km. 273+531

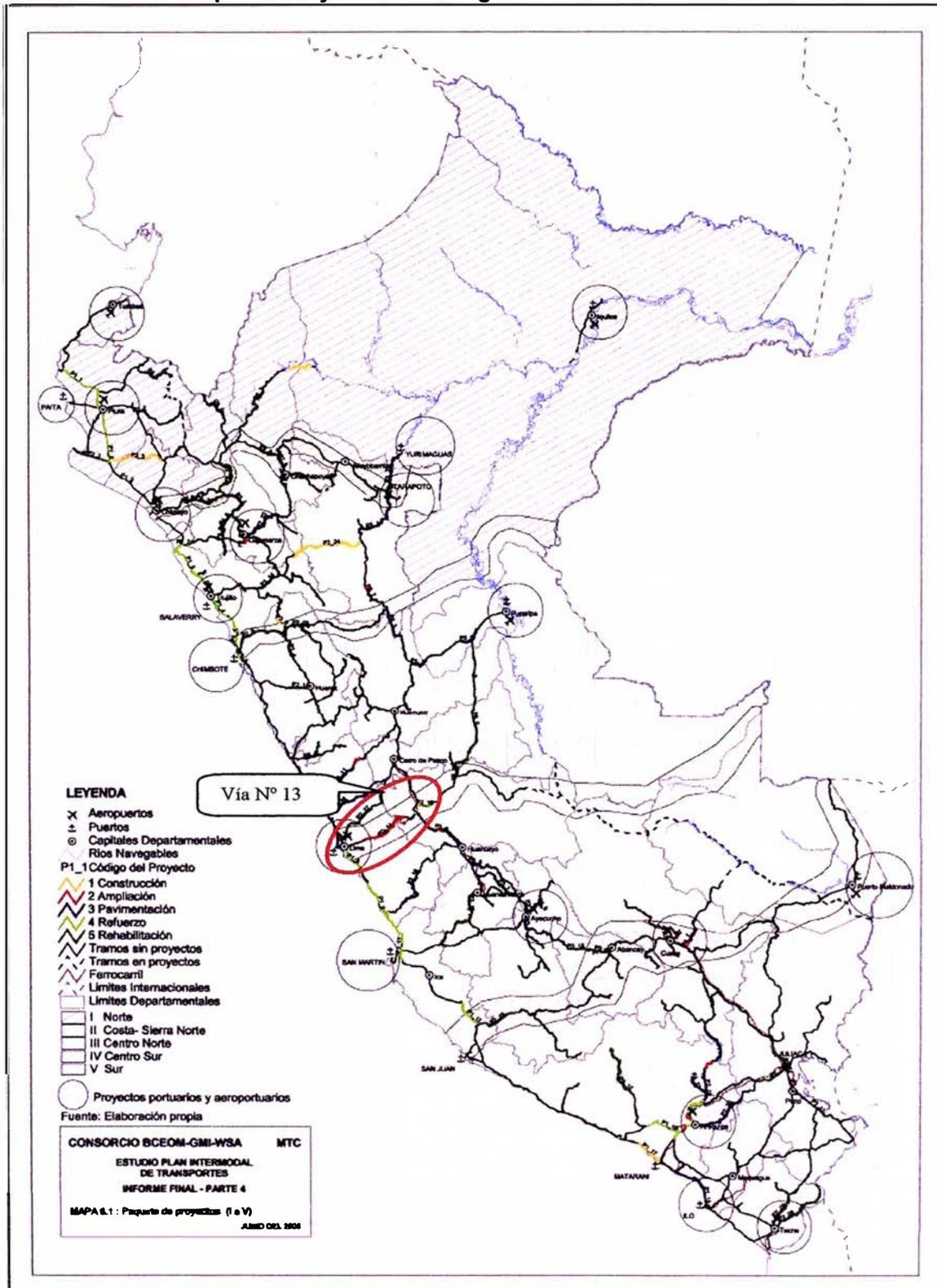
### 1.3 Características de la Carretera.

La carretera Cañete- Yauyos – Chupaca es una carretera de 3er Orden y pertenece al corredor vial N°13, atraviesa diferentes regiones de la Geografía del Perú, siendo los poblados principales, los que se aprecian en el Figura N° 1.02 Plano Clave y en el Cuadro N° 1.01.

#### 1.3.1 Población

La población directamente beneficiada por el mejoramiento de la carretera se estima en aproximadamente 307,705 habitantes, ubicados en las provincias de Cañete, Yauyos del departamento de Lima y las provincias de Concepción, Chupaca y Huancayo del departamento de Junín. (Ver Cuadro N° 1.03: Población Actual)

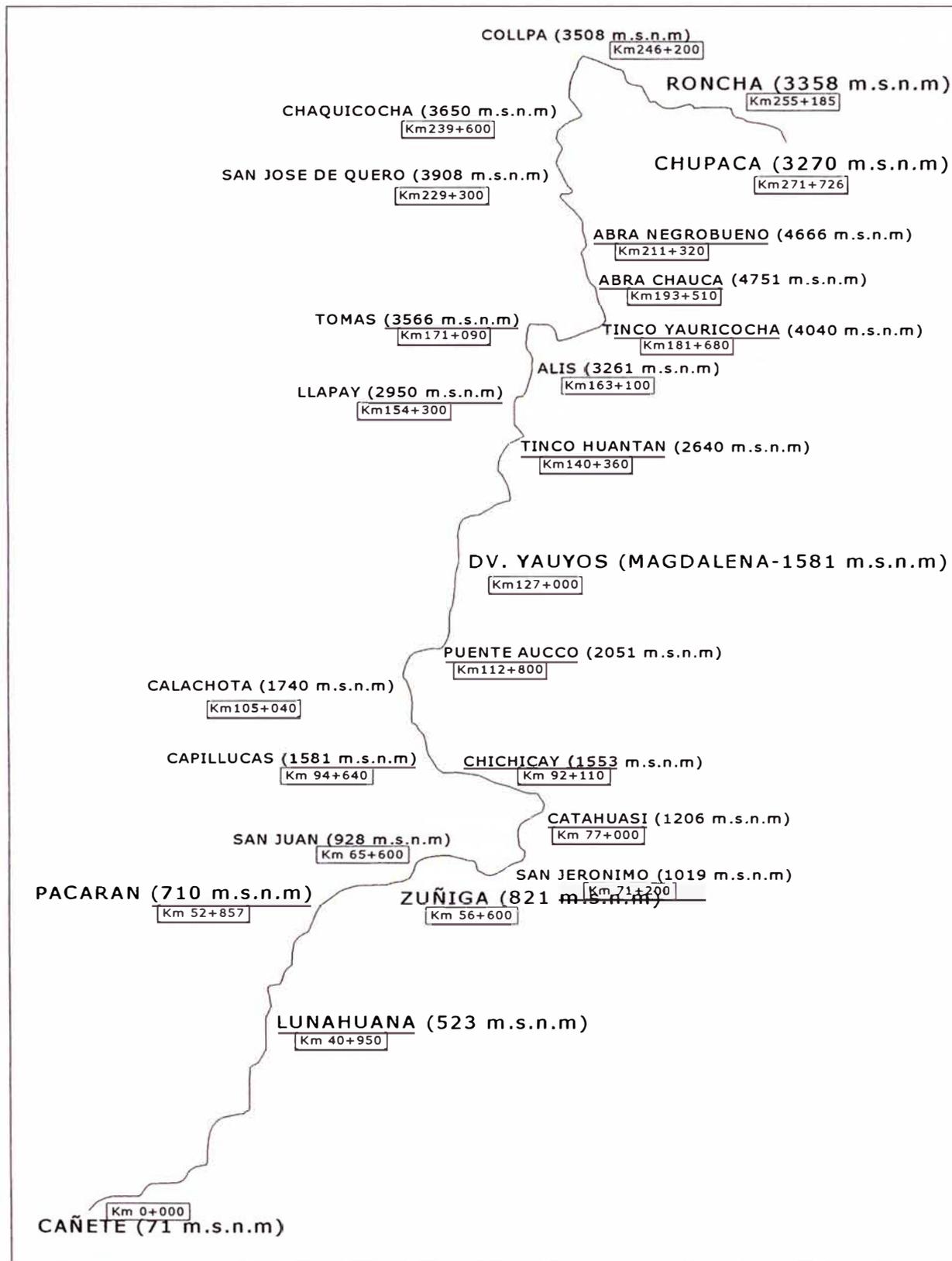
**Figura N° 1.01**  
**Mapa de Proyectos del Programa PROYECTO PERÚ**



(Fuente: MTC - Programa PROYECTO PERÚ)

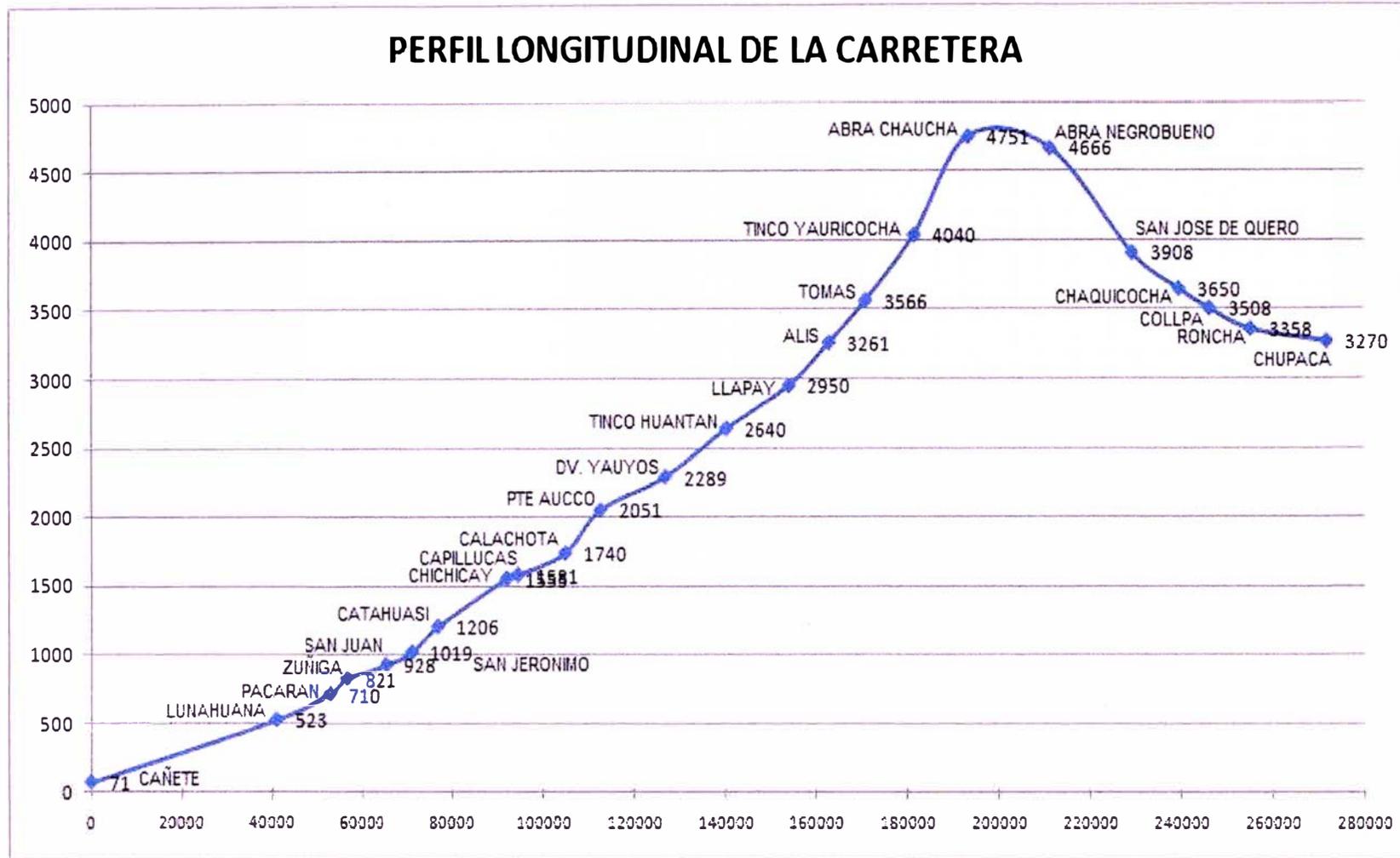
Asimismo se muestra a continuación la ubicación, kilometraje y altitud de cada una de las ciudades cercanas a la carretera en estudio. Ver Figura N° 1.02: Ubicación de los poblados.

**Figura N° 1.02**  
**Plano clave corredor Vial N° 13**



(Fuente: Escuela Profesional de Ing. Civil)

**Figura N° 1.03**  
**Perfil longitudinal – Corredor Vial N° 13**



(Fuente: Elaboración Grupal Curso de Titulación 2009-II)

**Cuadro N° 1.03**  
**POBLACION ACTUAL**

<b>LOCALIDAD</b>	<b>POBLACIÓN ACTUAL (HABITANTES)</b>
San Vicente de Cañete	46,464
Cerro azul	6,893
San Luis	11,94
Quilmana	13,663
Imperial	36,34
Nuevo Imperial	19,026
Lunahuaná	4,567
Pacarán	1,687
Zúñiga	1,582
Catahuasi	1,09
Huangascar	668
Alis	1,519
Carania	330
Huantan	926
Ayauca	1,773
Colonia	1,439
Laraos	960
Miraflores	441
Tupe	655
Tomas	1,077
Huancaya	1,001
Yanacancha	3,294
Chupaca	20,976
<b>TOTAL</b>	<b>178,311</b>

(Fuente: INEI, 2007)

### 1.3.2 Actividad Económica

La población del ámbito de influencia del proyecto, tiene como base económica principal, la explotación de la actividad agropecuaria (de autoconsumo, principalmente), cuyas formas de producción son básicamente “tradicionales”, en relación a los sistemas de producción mecanizados y agroquímico, que se practican en la costa, en los grandes complejos agroindustriales, principalmente.

En segundo término, de manera limitada y complementaria, la población de esta zona de influencia del proyecto se dedica a actividades como los Servicios,

Comercio y Turismo (Lunahuaná). En los distritos de Alis, Tomas y Laraos, la actividad minera tiene mayor relevancia. La economía de la zona de influencia del proyecto, presenta un débil crecimiento con tendencia al estancamiento, donde los niveles de producción y productividad expresan bajos rendimientos.

**Cuadro N° 1.04**  
**Superficie Agrícola y No Agrícola por componentes**

Provincia / Distrito	TOTAL Has.	Total Superficie Agrícola (Has.)	Bajo Riego	En Seca no	Total Superficie No Agríc. (Has.)	Pastos Naturales	Montes y Bosques	Otra Clase
PROV. CAÑETE								
Dist. Lunahuaná	1017	924	924	0	93	17	40	36
Dist. Pacarán	526	516	516	0	10	6	0	4
Dist. Zúñiga	1518	658	461	197	859	157	0	702
<b>PROV. YAUYOS</b>								
Dist. Yauyos	32710	989	938	51	31721	31558	52	111
Dist. Alis	9514	11	9	2	9503	8371	0	1132
Dist. Tomas	14677	539	25	513	14139	13895	168	75
Dist. Catahuasi	11843	397	395	2	9503	8371	0	1132
Dist. Laraos	32783	245	181	64	32538	29069	18	3451
Dist. Ayauca	31798	728	631	97	31070	28891	18	2161
<b>PROV. HUANCAYO</b>								
Dist. Cullhuas	6112	1667	4	1663	4446	4349	5	92
Dist. Ahuac	5248	1935	751	1184	3313	3229	16	67
Dist. Chupaca	2188	2117	1868	249	71	46	4	22
<b>PROV. CONCEPCIÓN</b>								
Dist. San José de Quero	26617	3139	725	2414	23478	23107	37	334
Dist. Chambara	9271	1195	85	1110	8076	7885	5	186

(Fuente: INEI – III Censo Nacional Agropecuario, 1994)

### 1.3.3 Sistema de Transportes

La Infraestructura del sistema de transporte está enmarcada por el Corredor Vial N° 13: Cañete – Yauyos – Chupaca, la que actualmente se encuentra con mejoramiento superficial desde la salida de Lunahuaná hasta el empalme con la ruta longitudinal de la Sierra. El tramo desde el empalme con la longitudinal de la Costa (Cañete) hasta Lunahuaná se encuentra a nivel de asfaltado con diferentes estados de conservación desde regular a malo. En esta ruta se encuentra ubicada la estación de peaje Lunahuaná en el km 12+400.

**Tráfico Vehicular**

La información de estudio de tráfico corresponde al realizado por el Consorcio encargado del mantenimiento y a continuación se presentan el cuadro resumen.

**Cuadro N° 1.05**  
**Estudio de Tráfico**

Tipo Vehículo	Lunahuaná		Pacarán		Zuñiga		Dv. Yauyos		Ronchas	
	Veh	%	Veh	%	Veh	%	Veh	%	Veh	%
Automóvil	79	19%	127	30%	3	6%	186	54%	310	68%
Cmta. Pick Up	131	31%	96	23%	18	34%	31	9%	26	6%
Cmta. Rural	120	29%	105	25%	4	8%	37	11%	33	7%
Micro	12	3%	17	4%	0	0%	5	1%	5	1%
Ómnibus ≥ 2 ejes	10	2%	8	2%	8	15%	8	2%	9	2%
Camión ≥ 2 ejes	49	12%	46	11%	20	38%	44	13%	41	9%
Semitrailer	16	4%	19	5%	0	0%	36	10%	30	7%
<b>TOTAL</b>	<b>417</b>	<b>100%</b>	<b>418</b>	<b>100%</b>	<b>53</b>	<b>100%</b>	<b>347</b>	<b>100%</b>	<b>454</b>	<b>100%</b>

(Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras CGC. Abril, 2008)

Asimismo, antes del inicio de las actividades del Contratista - Conservador, la vía materia de estudio se encontraba a nivel de afirmado y en mal estado de conservación. En el Cuadro N° 1.06 se presentan las condiciones de la vía antes de la intervención del Contratista - Conservador.

**Cuadro N° 1.06**  
**Estado Inicial de la Vía**

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes )	Longitud (Km.)
Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	3.743
Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	70.4
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.541
<b>Total</b>			<b>271.726</b>

(Fuente: Elaboración propia)

Asimismo la estructura de pavimento proyectado para el mejoramiento de la vía se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 1.07**  
**Estructura Projectada del Pavimento**

SECTOR		ESTRUCTURA DE PAVIMENTO		
		Tratamiento Superficial (cm)	Afirmado Estabilizado con Emulsión (cm)	Afirmado (cm)
Sector I: Zúñiga - Dv. Yauyos – Alis	57+450 – 130+000	0,9	5	8
	130+000 – 163+100	0,9	5	11
Sector II: Alis - San José de Quero	163+100 – 200+000	0,9	5	11
	200+000 – 220+000	0,9	5	17
	220+000 – 229+300	0,9	5	45
Sector III: San José de Quero - Ronchas	229+300 – 240+000	0,9	5	40
	240+000 – 248+000	0,9	5	20
	248+000 – 255+185	0,9	5	42

(Fuente: Elaboración propia)

### 1.3.4 Hidrología

Políticamente, la cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, pertenecientes ambas al departamento de Lima.

La cuenca del río Cañete tiene una extensión aproximada de 6192 km<sup>2</sup>, de los cuales el 78.4% (4856 km<sup>2</sup>) corresponde a la cuenca húmeda.

La longitud del río Cañete, entre su nacimiento y desembocadura, es de aproximadamente 220 km., presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

Las zonas generalmente afectadas por las lluvias están localizadas en las alturas de Matucana, Huarochirí Oyón, Lunahuaná, etc. En general todas las cuencas hidrográficas de Lima aumentan su caudal, poniendo en peligro a las poblaciones y originan desabastecimiento, por el bloqueo de carreteras.

### 1.3.5 Clima y Meteorología

La zona presenta un clima variado entre templado - frío y sub húmedo. La temperatura media anual fluctúa entre 6 y 12°C. Las temperaturas medias mensuales no difieren más de 2°C de la media anual. Las temperaturas medias diarias tampoco difieren significativamente respecto a la temperatura media

mensual, se mantienen más o menos uniformes durante las cuatro estaciones del año. Solo durante fines de otoño y durante todo el invierno se presentan temperaturas mínimas extremas por debajo de 0° C hasta -10° C.

El promedio de precipitación pluvial total por año varía entre 300 y 500 mm. que se distribuyen durante los doce meses del año, de acuerdo a las estaciones. En verano es la estación lluviosa donde se concentra el 65 a 70% del volumen total anual; en otoño disminuye hasta el 8 a 12%, en invierno casi no hay lluvia, solo unos días durante los dos últimos meses, que representan 12 y 15% del total; y finalmente en primavera se reinicia el período de lluvias, principalmente a partir de octubre, acumulando durante esta estación 20 a 25% del total anual.

Las lluvias en este tipo climático, más las lluvias de las partes altas, que sobrepasan los 500 mm afectan la conservación de la carretera, mediante avenidas y huaycos provocando desbordes e inundaciones

### **1.3.6 Aspectos Geológicos**

La geología del área presenta rocas ígneas y sedimentarias que van desde el Jurásico hasta el Terciario y los suelos están representados por depósitos de origen aluvial, proluvial, eluvial, deluvial, coluvial, fluvio-glaciario, entre otros.

La ruta del tramo de estudio atraviesa las siguientes formaciones geológicas como son: Cañete, Cerro Negro, Torán, Cocachacra y Pariatambo.

Los procesos geodinámicos existentes en el área de estudio son esporádicos, no evidenciando procesos geodinámicos de mayor envergadura, y no existen puntos críticos que requieran tratamiento especial; sin embargo existe la posibilidad que debido a cortes de talud superior se generen procesos geodinámicos tales como: derrumbes, desprendimientos y desplomes.

Con relación a los problemas geotécnicos son mínimos, se aprecia pequeños hundimientos de plataforma por encharcamientos, debido a las aguas superficiales, asentamientos y ahuellamientos aislados.

La zona de Lunahuaná - Tinco Yauricocha, que se considera de media a alta vulnerabilidad ante los riesgos geológicos.

Los factores geológico estructurales, geomorfológicos e hidrológicos juegan un rol importante en el comportamiento geodinámico de la cuenca del río Cañete, se

han podido detectar eventos como deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial, huaycos, erosión de laderas, entre otros que han modificado y modifican el relieve de la cuenca.

### 1.3.7 Aspectos Geotécnicos

Los estudio realizados por el Consorcio Gestión de Carreteras, correspondientes a los suelos y materiales de construcción, encontrándose entre los Km. 57+000 al Km. 130+000, predominante es la arena y grava limosa que en el sistema SUCS clasifican como GC-GM, en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0), presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,40 aumenta su presencia a 50% y entre los Km. 130+000 al Km. 258+000 se encuentra con suelos del tipo Arenas y gravas limosas y arcillosa clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM y en el AASHTO, A-2-4(0).

Los estudios de suelos se realizaron a 1.5m de profundidad y teniendo valores de CBR y Mr tal como se muestran en el siguiente cuadro

**Cuadro N° 1.08**  
**Valores de CBR y Mr**

SECTOR		CBR (%)	Mr (psi)
Sector I: Zúñiga – Dv. Yauyos – Alis	57+450 – 130+000	20	13 201
	130+000 – 163+100	18	12 745
Sector II: Alis – San José de Quero	163+100 – 220+000	18	12 745
	220+000 – 229+300	5	7 500
Sector III: San José de Quero – Ronchas	229+300 – 240+000	5	7 500
	240+000 – 248+000	15	11 956
	248+000 – 255+185	4	6 000

(Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras CGC. Abril, 2008)

### 1.4 Sub tramo en estudio km.69+000 – km. 74+000

**a) Nombre del tramo:** Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca, Km. 69+000 - Km. 74+000

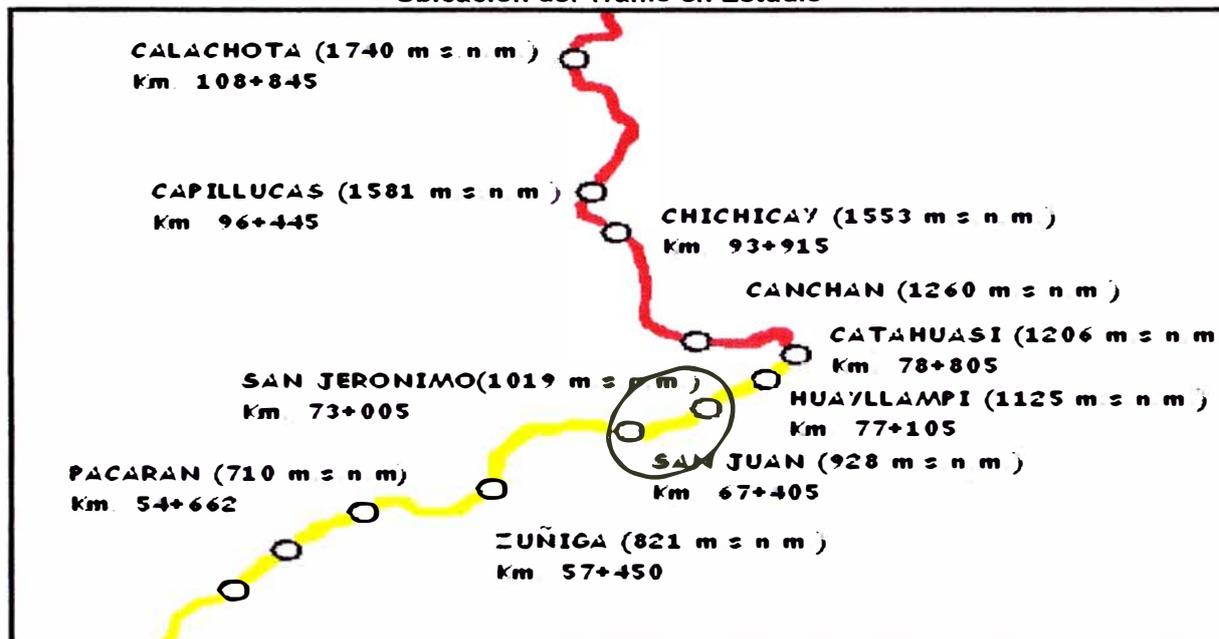
**b) Longitud del tramo:** 5.00 Km.

**Inicio:** San Juan (928 msnm) Km. 69+000

**Final:** San Jerónimo (1019 msnm) Km. 74+000

Figura N° 1.04

Ubicación del Tramo en Estudio



### c) Descripción ingenieril del tramo en estudio

- **Topografía** : Accidentada.
- **Geología** : Meteorismo físico, Rocas primarias y secundarias.
- **Hidrología**: Demarcada por el Río Cañete que corre paralela a la carretera.
- **Geodinámica** : Huaycos, erosión de los taludes del rio
- **Infraestructura Vial**:
  - Carretera a media ladera con mejoramiento superficial ,
  - Anchos variables (3.2 – 6.5m).
  - Tratamiento Superficial – Slurry Seal.
  - Diseño geométrico no estandarizado.
  - Drenaje superficial escaso
  - Cunetas de tierra
  - Alcantarillas artesanales.

- Moderada vegetación, áreas de cultivo en terrazas.
- Escasa protección de talud, considerando el recorrido del río Cañete.
- Atraviesa centros poblados ( San Juan, Jerónimo).

#### d) Características de Diseño de la Carpeta

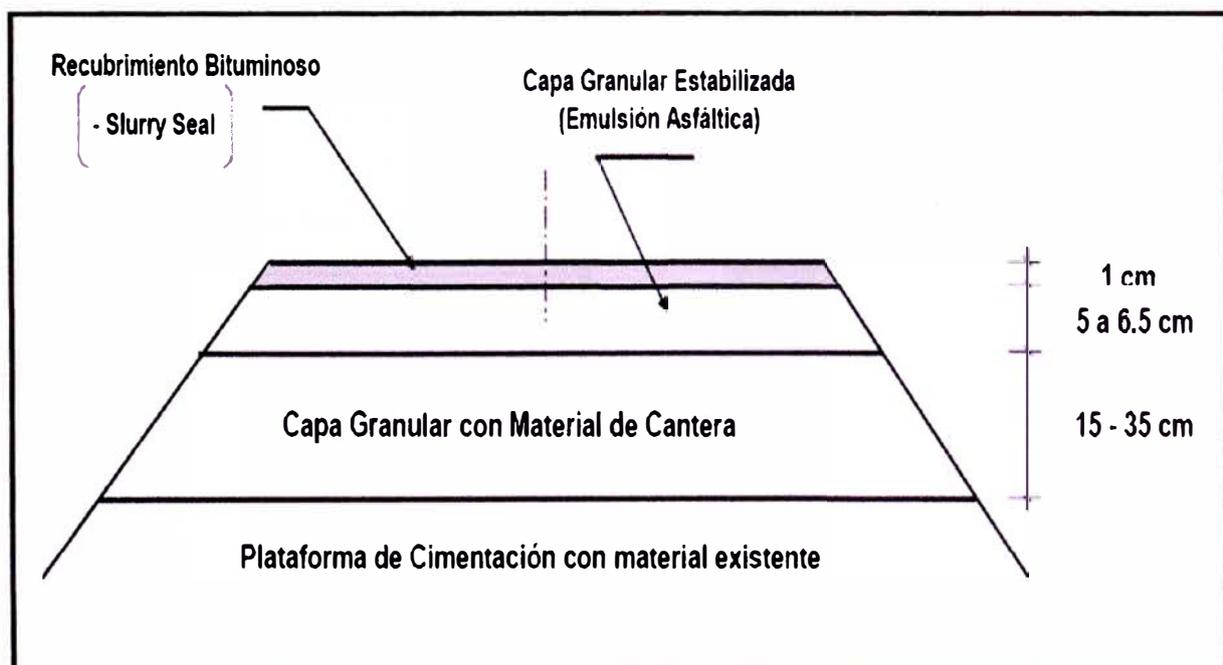
Años de Servicio : Mas de 50 años

CBR : 19 – 21

Ejes Proyectos : W18 = 1.69 E+06

La estructura del pavimento correspondiente al tramo de estudio se aprecia en el Gráfico N° 1.05; es así que para conformar dicha estructura se procedió a cambiar el estándar de afirmado a una solución básica manteniendo intacta la geometría de la vía.

Figura N° 1.05  
Estructura del Pavimento del Tramo en Estudio



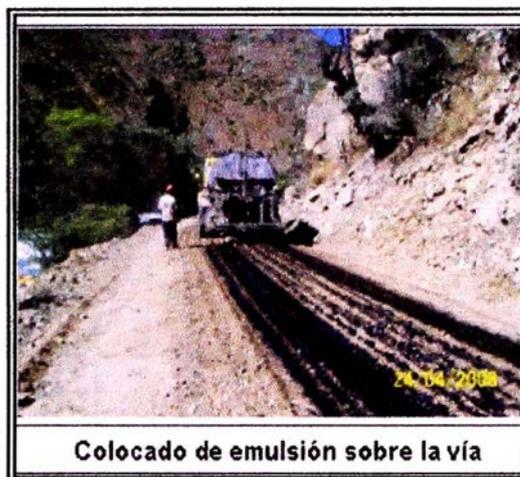
(Fuente: Elaboración propia)

Para el cambio de estándar de afirmado a Solución Básica se estabilizó la base con emulsión asfáltica, la misma que se muestra en el Figura N° 1.05. Luego de conformada la base se procedió a la aplicación del mortero asfáltico tipo Slurry

Seal, que es un ligante asfáltico mas arena, para esto se realizó la siguiente secuencia de actividades que se muestra en el **Anexo N° 20, Foto N° 02.**

Foto N° 1.01

**Cambio Estandar de Afirmado a Solución Básica**



(Fuente: Diapositivas de clase; 2009)

**CUADRO N° 1.09: ESTUDIO DE TRÁFICO SEGÚN TERMINOS DE REFERENCIA Y REALIZADOS EN JUNIO DEL 2008**

Tipo de Vehículo	TERMINOS DE REFERENCIA	ESTUDIO DE TRAFICO A JUNIO 2008 IMD 2008(*)				
	Zuñiga 56+600 - Ronchas 255+185	Pacarán 52+857 - Zuñiga 56+600	Zuñiga 56+600 - P. Nuevo 66+580	P. Nuevo 66+580 - Chichicay 92+110	Chichicay 92+110 - Capillucas 94+640	Capillucas 94+640 - Dv. Yauyos 127+000
Automóvil	1	76	6	3	2	1
Camioneta	9	147	194	289	58	20
Combi Rural	4	105	74	61	18	4
Micro	0	17	48	68	8	0
Ómnibus 2E	15	8	15	14	13	8
Ómnibus 3E	9	0	1	0	1	0
Camión 2 Ejes	0	36	47	42	30	9
Camión 3 Ejes	7	8	9	4	2	11
Camión 4 Ejes	0	2	1	2	2	0
Semitraylers	1	19	28	53	98	0
Traylers	0	0	38	33	0	0

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

## CAPÍTULO II.- ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Antecedentes

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 del Ing. Pablo del Águila Rodríguez, 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-Huanuco, 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.

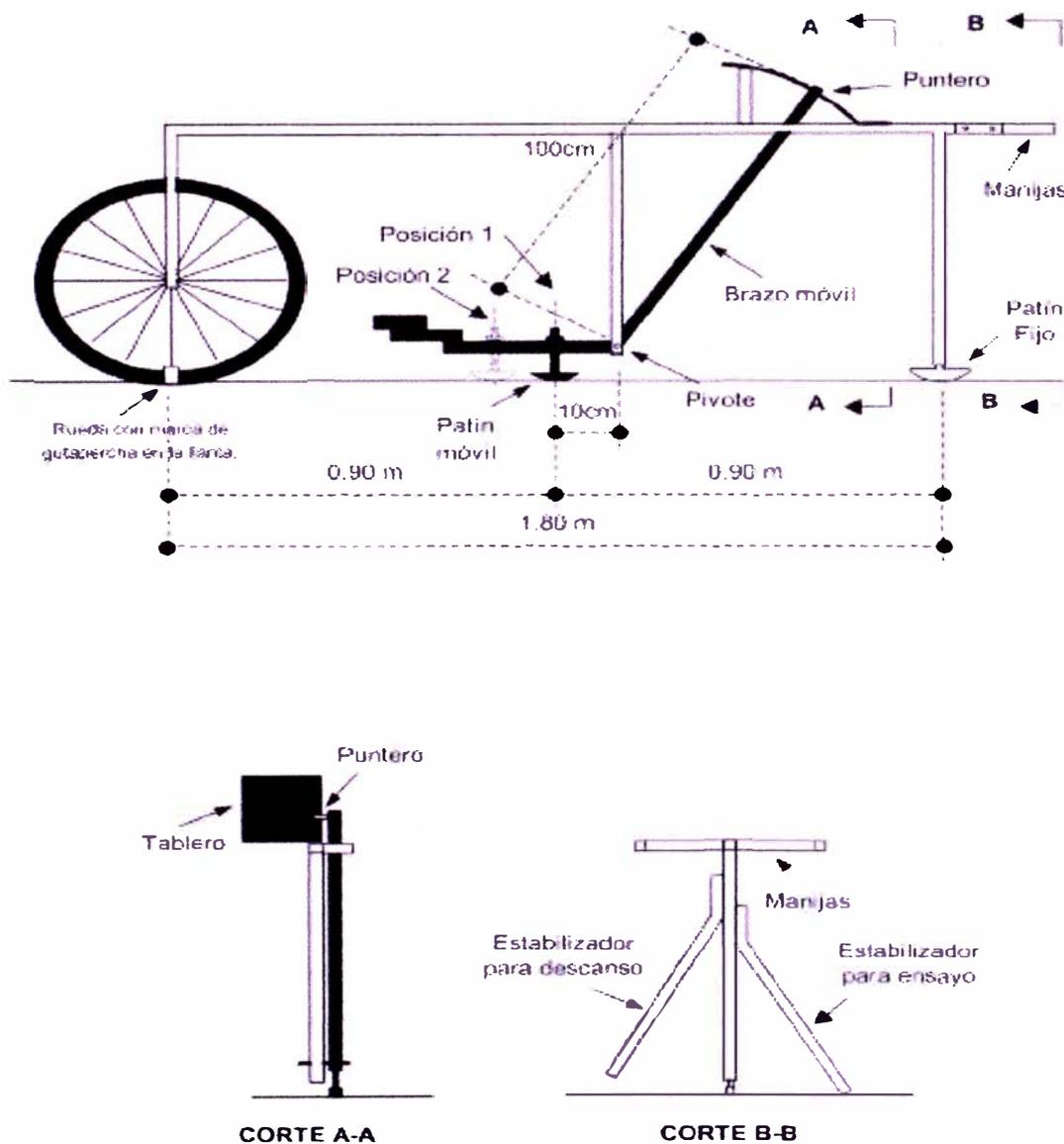
La primera aplicación del MERLIN para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de Febrero de 1995, en el tramo de la Carretera Panamericana Norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú.

Cuando las mediciones de rugosidad se empezaron a utilizar para el control de calidad de pavimentos asfálticos nuevos, se constató que había dificultad para cumplir con los límites exigidos por los pliegos de especificaciones, debido fundamentalmente a que la ecuación de correlación establecida por el TRRL,

para el cálculo de la rugosidad en la escala del IRI, presenta una limitación para su aplicación en el caso de rugosidades menores a 2.4m/km, rango en donde caen los valores correspondientes a los pavimentos recién construidos.

Habiendo transcurrido un período de tiempo relativamente corto, desde que se difundió el MERLIN, la tecnología involucrada se encuentra obviamente en fase de experimentación, por lo que se requiere de un proceso de “calibración” de acuerdo a las experiencias locales, en cuanto a los usos, por ejemplo; lo que necesariamente tiene que incidir en el ajuste o perfeccionamiento de las formulaciones originales.

**Figura N° 2.01**  
**Esquema del Rugosímetro MERLIN**



(Fuente: Manual del usuario MERLIN)

## CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO

### 3.1 Concepto de Rugosidad

No hay una definición sencilla y estándar de la rugosidad del camino; en la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems, se define el concepto de Roughness como: “desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.”

La rugosidad mide las alteraciones de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que atienda los requerimientos de confort del usuario y dinámica de las vías. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es referente más usado.

### 3.2 Índice de Rugosidad internacional (IRI)

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos se indicara las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permita evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o equipos de tipo respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva.

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (Internacional Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El Índice Internacional de Rugosidad tiene sus orígenes en un programa Norteamericano llamado Nacional Cooperative Highway Research Program (NCHRP) y está

basado en un modelo llamado "Golden Car" descrito en el reporte 228 del NCHRP.

El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de carro, Figura 6), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km. o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/hr.

EL Banco Mundial patrocinó varios programas de investigación en los años setentas para conocer los problemas en los países en vías de desarrollo. Algunos de ellos arrojaron que los caminos con poca inversión en infraestructura resultan costosos a estos países, debido a los costos que los usuarios pagan al circular por esos caminos. La rugosidad de las carreteras fue identificada como un factor primario en los análisis que involucran la calidad del camino, en función de los costos de los usuarios. Se vio que los datos de la rugosidad de las diferentes partes del mundo no podían ser comparados, debido a que los datos, aun de un mismo país, eran poco confiables, ya que las mediciones estaban basadas en métodos diferentes.

La gran variedad de equipos utilizados para medir la regularidad superficial y los numerosos índices y escalas existentes para establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera, llevaron a considerar la conveniencia de adoptar un "índice único". Debido a que cada país contaba con un equipo propio, no se podía imponer un solo equipo a todos y tampoco se podía coartar las futuras mejoras de los equipos existentes o el desarrollo de nuevas equipos.

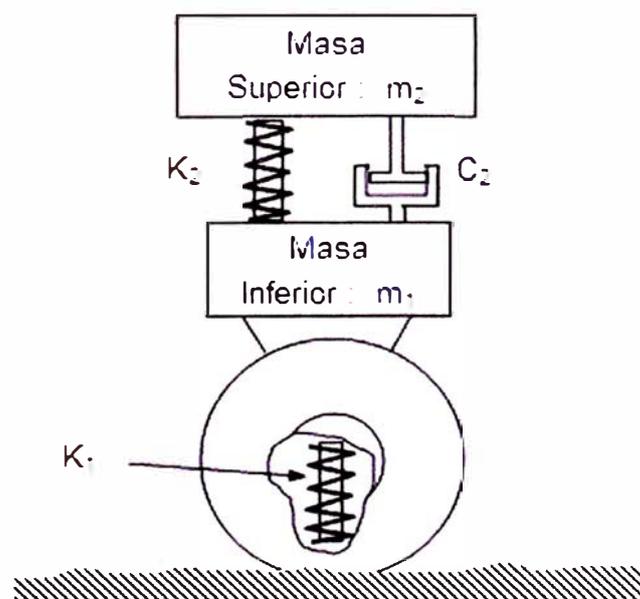
En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes eran correlacionables. Una vez establecido este punto, uno de los objetivos de las investigaciones fue encontrar un índice de referencia al que posteriormente se denominó Índice Internacional de Rugosidad".

EL Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino. Las ecuaciones de análisis fueron desarrolladas y ensayadas para minimizar los efectos de algunos parámetros de mediciones de perfil, tales como el intervalo de muestreo.

### 3.2.1 Determinación de la Rugosidad en unidades de IRI

Para definir el International Roughness Index (IRI), los expertos del Banco Mundial han creado un modelo denominado “cuarto de coche” o “quarter car” (Figura N° 6). Al avanzar el modelo por una carretera a una velocidad constante de 80 km/h e ir siguiendo sus irregularidades, las masas se mueven verticalmente, y para una combinación estándar de valores de las constantes de los muelles, masas y amortiguador, el movimiento vertical relativo acumulado de la masa superior (que simula el asiento del conductor). Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), en unidades de m/km., mm/m, in/mi, etc.

**Figura N° 3.01**  
**Esquema del Cuarto Coche**



(Fuente: Manual del usuario MERLIN)

Para el cálculo del IRI, a partir, del perfil longitudinal de una carretera, existen diversos programas de cómputo basados en los principios básicos del modelo “cuarto de coche”, uno de ellos se ha publicado en versión Basic, el cuál se ha empleado para la ejecución de los cálculos con los 60 perfiles generados. Para efectos de la investigación el programa fue denominado IRI.BAS. La determinación del IRI se efectúa mediante el cálculo de cuatro variables, como función del perfil dado. Estas variables simulan la respuesta dinámica del modelo “cuarto de coche” viajando sobre el perfil. Las ecuaciones para las cuatro variables son resueltas para cada punto de elevación, excepto para el primero.

La salida del programa presenta el desplazamiento acumulado y el desplazamiento acumulado dividido entre la longitud del tramo, que es la rugosidad en la escala del IRI.

### 3.2.2 Escala y características del IRI

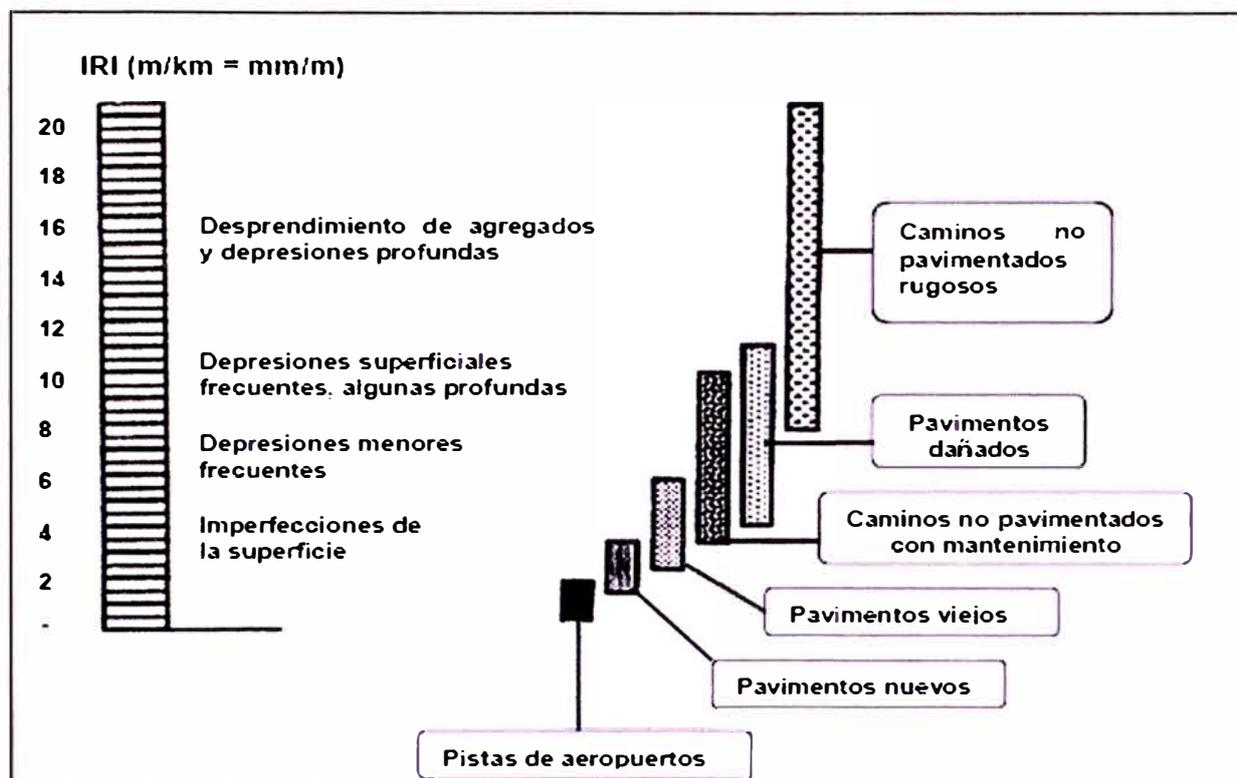
La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi.
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.
- Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente.

En la Figura N° 3.02 se presentan las características de los pavimentos dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.

Figura N° 3.02

Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



(Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica 30)

### 3.3 Método de medición de Rugosidad

Actualmente en el mundo existen una gran variedad de equipos de medición de la rugosidad, de diversos costos, rendimientos y sistemas de adquisición de datos. Cada uno de estos equipos tiene una escala de medición propia; por ello, con la correlación de todos estos equipos al Índice Internacional de Rugosidad, es posible obtener un solo parámetro de medición para conocer el estado actual de un tramo específico de una manera cuantitativa. Así mismo, permite registrar la evolución de cada tramo año con año o a la frecuencia deseada.

Los equipos automatizados para la medición y evaluación de deterioros en pavimentos rígidos y flexibles permiten tener mejor consistencia y objetividad de la información, lo que permite la normalización de los criterios para la evaluación de los daños. Los sistemas automatizados son de gran eficiencia si se relacionan con un buen sistema de administración de pavimentos. Después de la inversión inicial para adquirir los equipos, el costo de la auscultación automatizada se reduce considerablemente.

### 3.3.1 Clasificación de los métodos

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

#### Métodos Clase 1

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 0.25 m 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 (Rod and Level).

Figura N° 3.03  
Nivel y Estadia



Fuente: La International Road Roughness Experiment, Word Bank Technical Paper N° 45)

#### Métodos Clase 2

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 Clase 1, como los 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.

### **Métodos Clase 3**

En esta clase están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response-Type Road Roughness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un trailer remolcado, al transitar sobre el pavimento.

Las mediciones efectuadas mediante los métodos Clase 3 dependen de las características dinámicas de un vehículo, para proporcionar parámetros de rugosidad que puedan correlacionarse con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Sin embargo, las propiedades dinámicas de cada vehículo son particulares y cambian con el tiempo, por lo que las mediciones directas deben ser correlacionadas con el IRI mediante una ecuación de calibración, que debe ser obtenida experimentalmente y específicamente para el vehículo empleado.

Esta clase también incluye métodos que emplean otros tipos de instrumentos para medir la rugosidad, diferentes a un RTRRMS, que sean capaces de generar parámetros razonablemente correlacionados con la escala del IRI. Entonces, un método para medir rugosidad califica como Clase 3 si emplea algún tipo de ecuación de correlación, indistintamente del tipo de instrumentación o vehículo que se utilice para la obtención de la medida de rugosidad básica.

Los métodos Clase 3 emplean diversos tipos de equipos, tales como el Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Inglés), NAASRA Meter (Australiano), etc., todos ellos producidos comercialmente.

## **Métodos Clase 4**

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 basándose en una inspección visual. Otra posibilidad es utilizar las medidas obtenidas con un equipo sin calibrar, tal como un RTRRMS. De hecho un equipo tipo respuesta que no esta calibrado cae dentro la categoría de Clase 4.

### **3.4 Método del cálculo de la Rugosidad con el MERLIN**

#### **3.4.1 Fundamentos Teóricos**

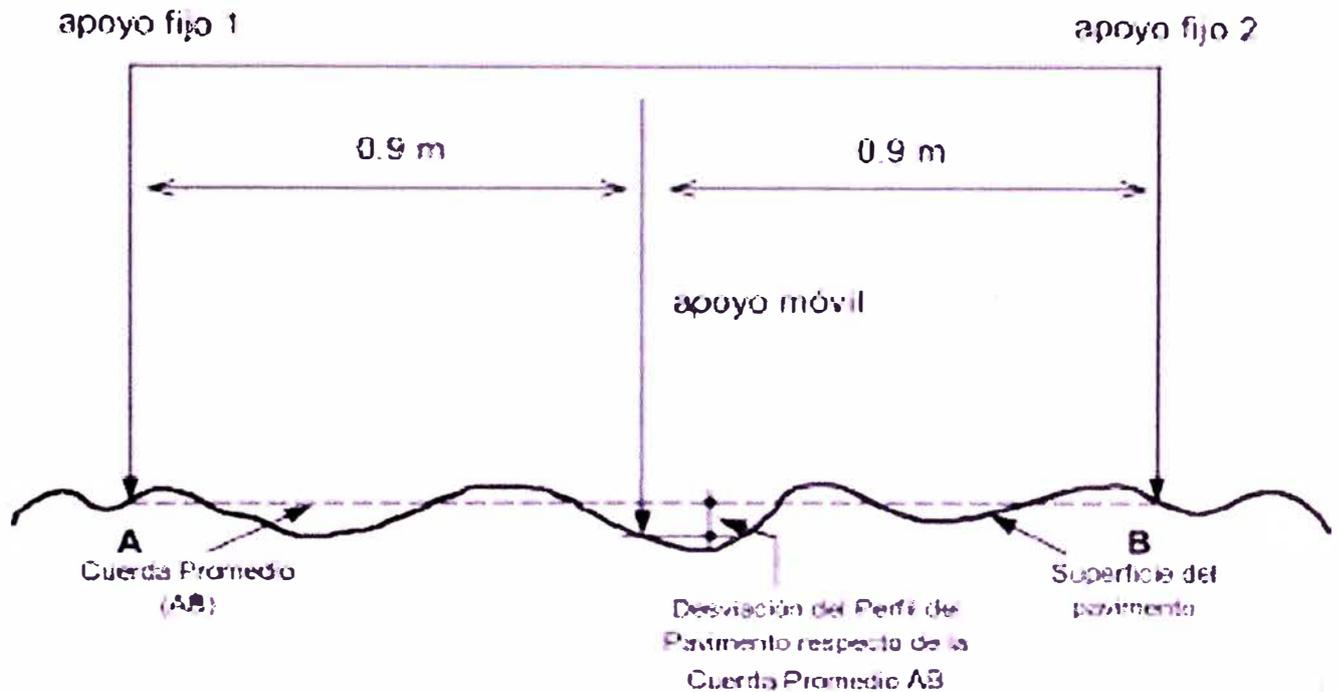
La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 05 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como "la desviación respecto a la cuerda promedio". 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° 2.05). 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 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.

**Figura N° 3.04**  
**Principio de operación del rugosímetro MERLIN**



(Fuente: Manual del usuario MERLIN)

### 3.4.2 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 tramo de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

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 patín 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° 2.05, 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 cuadro Anexo N° 01. 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.

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.

### **Equipos utilizados**

- Un Equipo MERLIN
- Equipos de señalización
- Formato para anotar datos

- Wincha de 50 m.
- Tizas y pinturas
- Cámara fotográfica

### 3.4.3 Cálculo del Rango “D”

El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”, obtenido de un histograma. 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 cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 3.05). 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.

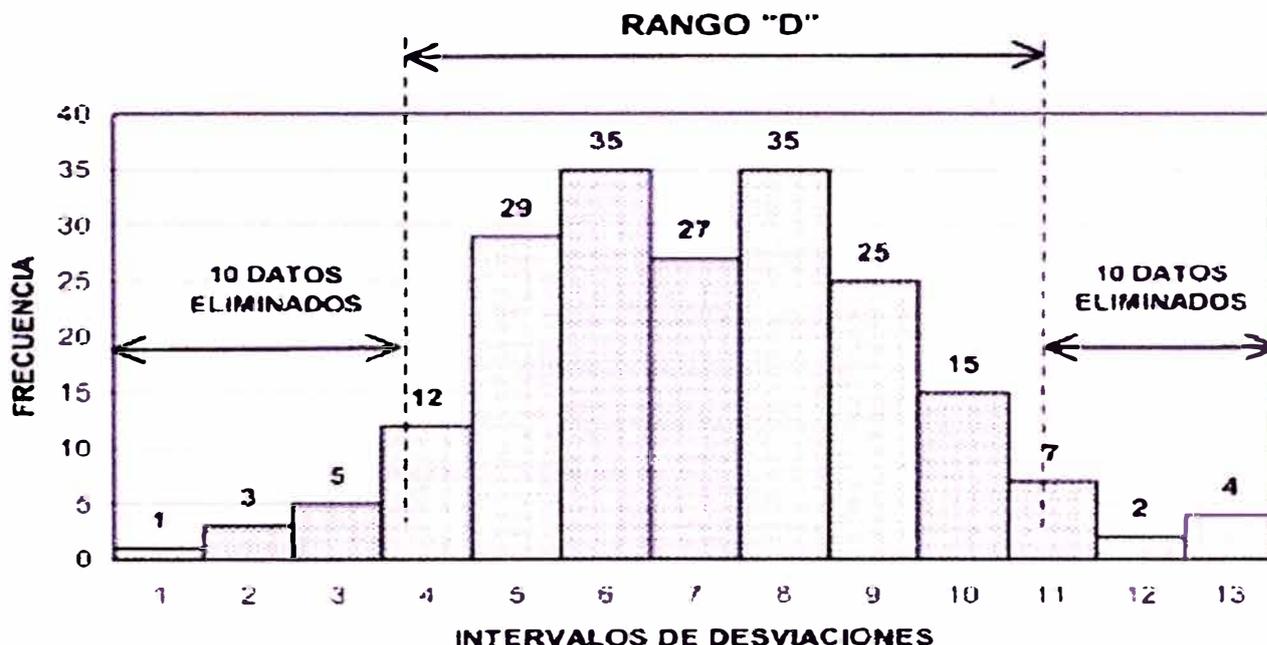
Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura N° 06, por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte 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 cuál se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ( $7.35 \times 5\text{mm}=36.75\text{mm}$ ).

Figura N° 3.05

Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutivas



(Fuente: Manual del usuario MERLIN)

### 3.4.4 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:

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

### 3.4.5 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI - Present Serviciability Index)

Es la medida de la serviciabilidad empleando medios mecánicos. Para su estimación la tendencia más difundida es la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento.

Se han desarrollado para la determinación del PSI, formulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro. Una de las primeras expresiones empleadas para calcular el PSI es la propuesta por AASHTO en 1962, Paterson 1987.

Para efectos del presente proyecto la determinación analítica del PSI se ha ejecutado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad; la correlación adoptada se desarrollo usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre la

Rugosidad en Caminos, realizado en Brasil en 1982, que tiene la siguiente expresión:

$$PSI = \frac{5.0}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}} ; \text{ para } IRI < 12$$

Con los valores de rugosidad en IRI y empleando la fórmula antes indicada se calcula el PSI, que establece la condición funcional actual del pavimento de acuerdo a la Cuadro N° 09

**Cuadro N° 3.01**  
**Rangos de Serviabilidad Presente**

<b>Rango de Serviabilidad Presente</b>	<b>Transitabilidad (Calificativo)</b>
0 - 1	Muy Mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy Buena

(Fuente: Manual del Usuario MERLIN)

### 3.4.6 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. 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:

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

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:

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

### 3.4.7 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 2.05):

a. Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard 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.

### 3.4.8 Cálculo del Rango “D” corregido

El valor D calculado en la sección 2.4.2, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección ( $FC=0.82666$ ) definido en la sección 2.4.4 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”.

### 3.4.9 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.

## 3.5 Límites 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:

$$IRI_c = IRI_p + 1.645\sigma \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

IRI<sub>c</sub> : IRI característico

IRI<sub>p</sub> : IRI promedio

σ: Desviación estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado (K=1.645), se cumplirá que el 95% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

Los parámetros mínimos de serviciabilidad exigibles a las soluciones que se planteen en cada uno de los sectores homogéneos, durante el período de servicio del tramo serán:

a) En superficie de rodadura de concreto asfáltico en caliente:

- IRI<sub>c</sub> menor a 3.5 m/Km durante los próximos 10 años.

b) En superficie de rodadura de tratamiento superficial:

- IRI<sub>c</sub> menor a 4.5 m/Km durante los próximos 10 años.

Los parámetros mínimos de serviciabilidad exigibles a las soluciones que se planteen en cada uno de los sectores homogéneos, para la recepción de los trabajos serán:

c) En superficie de rodadura de concreto asfáltico en caliente:

- IRI<sub>c</sub> menor a 2.5 m/Km.

d) En superficie de rodadura de tratamiento superficial:

- IRI<sub>c</sub> menor a 3.5 m/Km.

En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados.

### 3.6 Niveles de Rugosidad.

En los Estados Unidos, la Federal Highway Administración ha reportado que los rangos típicos del IRI evaluados en diferentes tramos de carreteras están entre

0.8 a 4.7 m/Km. (50 y 300 in/mi). Los tramos de pavimentos con valores menores de 2.4 m/Km. (150 in/mi) son considerados como superficies en buen estado y confortables, mientras que los valores de 4.7 m/Km. o mas, son considerados como rugosos y no confortables.

En España, la Orden Circular 308/89C y E de 1989, fijaba el valor de 2 m/Km. como umbral para recibir una carretera. Más tarde se modifico para admitir el IRI de 2.5 m/Km. en todo el tramo, siempre que en el 80% del tramo se alcance como máximo el IRI de 2, y debiendo comenzar además el IRI de 1.5 en la mitad de tramo (Referencia No.3). Actualmente se fija un valor de 1.85 de IRI para recibir nuevas carreteras. Para carreteras en servicio con una Intensidad Media Diaria (IMD) mayor de 2,000 vehículos fijan un porcentaje de la longitud de calzada con un valor mínima de 3.5 m/Km. y para valores de IMD < 2,000 vehículos el IRI mínima de 4.5 m/Km.

En Chile, se considera un valor del IRI entre 0 y3 m/Km. como un camino bueno, entre 3 y 4 como uno regular y para un IRI mayor que 4 m/Km. como un camino malo. Mientras que en Honduras su clasificación es la siguiente: para IRI < 3.5 m/Km. se considera el camino como bueno, entre 3.5 y 6 como regular y finalmente cuando el IRI es mayor que 6m/Km. indica que el camino es malo.

En Uruguay hacen una diferencia de valores de IRI para pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico que se presenta a continuación:

Cuadro N° 3.02  
IRI de Uruguay

Condición del camino	Pavimento asfáltico IRI (m/km)	Pavimento hidráulico IRI (m/km)
Muy bueno	< 3.2	< 2.8
Bueno	3.2 – 3.9	2.8 – 3.5
Regular	4.0 – 4.6	3.6 – 4.3
Malo	> 4.6	>4.3

(Fuente: Publicación Técnica N° 108 Sanfandila, Qro. 1998)

En México se evalúa el Índice Internacional de Rugosidad en ciertos tramos para conocer el estado actual de la red y estimar el rango de valores en que se encuentran las carreteras y proponer una zona o umbral de alerta con respecto a

la escala del IRI esto permitirá conocer cuáles son los tramos que en ese momento requieren de un estudio más detallado para conocer las causas de su deterioro para su reparación y cuales tramos por ese año no se les hará nada (tramos que no entran en esa zona). En tramos pavimentados de prueba donde se han realizado cálculos del IRI se observan valores comprendidos entre 1.6 y 8 m/Km., siendo los más comunes y representativos, los tramos que resultaron con valores entre 3 y 6 m/km.

### 3.7 Valores de IRI Propuesto Entidades Internacionales.

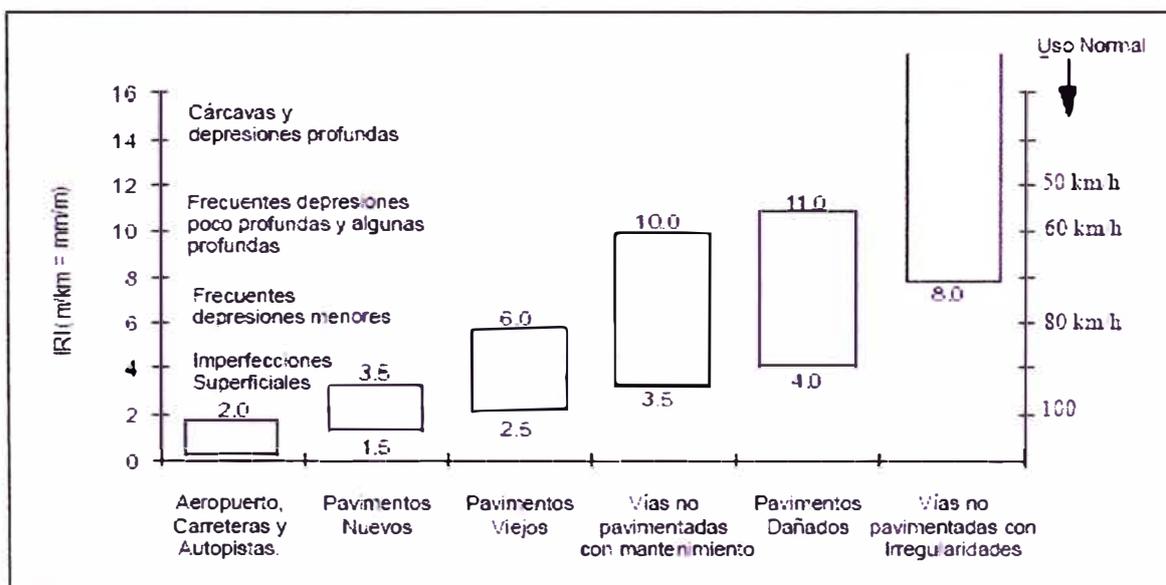
Con el objeto de conocer valores de Índice de Rugosidad Internacional (IRI) establecidos en diferentes países, se presenta a continuación un resumen de los requisitos de IRI propuesto por el Banco Mundial y especificaciones Internacionales, así como valores establecidos por diferentes Agencias Públicas.

#### Banco Mundial.

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial en 1982 (IRRE), se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferente tipos de vías, la cual se presenta a continuación de la figura N° 3.06, 3.07 y 3.08

Figura N° 3.06

Escala de Rugosidad para pavimentos (IRI)



(Fuente: Adaptado de Guidelines For Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Sayer M. W, Gillespies T.D. Paterson W.D World Bank Technical Paper Number N° 46, 1986)

**Figura N° 3.07**  
**Especificaciones Internacionales**

ESPECIFICACIÓN	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE			
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales
SIECA -2004*	IRI obtenido en sub-lote de 0.1 km	No especifica		
ASTM E 1926-98	No especifica	Presenta dos escalas de valores de IRI con descripción verbal, una para pavimentos de concreto asfáltico o tratamiento superficial y una para vías no pavimentadas. Dichas escalas han sido tomadas de la especificación ASTM E 1926 "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements" (Ver Anexo).		
AASHTO- PP 37-02	Regularidad: Promedio de los valores de IRI determinados en cada rodera en tramos de 100 m	No especifica		
FP-2003	La regularidad del pavimento se especifica en términos del Índice de Perfil (PI)			-----

(Fuente: Manual Centroamericano de Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes Regionales, 2º Edición, Sección 401.16, Pág. 400-18)

**Figura N° 3.08**  
**Agencias Públicas**

INSTITUCION PÚBLICA	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE																	
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales														
Ministerio de Obras Públicas de Chile <sup>1</sup>	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m de secciones homogéneas	Promedio de 5 tramos $\leq 2.0$ m/km Promedio Individual $\leq 2.8$ m/km		Promedio de 5 tramos $\leq 3.0$ m/km Promedio Individual $\leq 4.0$ m/km														
Ministerio de Fomento de España <sup>2</sup>	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 1.5$ m/km. en el 50% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2$ m/km. en el 80% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2.5$ m/km. en el 100% de los tramos del proyecto																
Estados Unidos (Wisconsin Department of Transportation. WisDOT) <sup>2</sup>	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla).	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IRI m/km</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 1</math></td> <td>Pav. Nuevo</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.17</math></td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.29</math></td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.33</math></td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.37</math></td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1.45</math></td> <td>5 Años</td> </tr> </tbody> </table>	IRI m/km	Tiempo	$\leq 1$	Pav. Nuevo	$\leq 1.17$	1 Año	$\leq 1.29$	2 Años	$\leq 1.33$	3 Años	$\leq 1.37$	4 Años	$\leq 1.45$	5 Años	-----	-----
IRI m/km	Tiempo																	
$\leq 1$	Pav. Nuevo																	
$\leq 1.17$	1 Año																	
$\leq 1.29$	2 Años																	
$\leq 1.33$	3 Años																	
$\leq 1.37$	4 Años																	
$\leq 1.45$	5 Años																	
Canada (Québec) <sup>2</sup>	IRI obtenido en tramos de 100 m	- IRI $\leq 1.2$ m/km en 70% de datos - IRI $\leq 1.4$ m/km en 100% de datos	-----	-----														
Suecia <sup>2</sup>	IRI en tramos de 20 m	IRI $\leq 1.4$ m/km		-----														
	IRI en tramos de 200 m	IRI $\leq 2.4$ m/km		-----														
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	<b>Caminos Rurales</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor a 3.0 m/km	-----	-----														
	<b>Vías Interurbanas</b>																	
IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor que 2.0 m/km	IRI no mayor que 2.5 m/km		-----														

(Fuente: Manual de Carreteras de Ministerio de Obras Públicas de Chile, Dirección de Viabilidad, Volumen 5, Especificaciones Generales, Sección 5.407 y 5.408)

Fuente: Diferentes artículos de internet.)

## CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM. 69+000 – KM. 74+000. CON SELLO ASFÁLTICO SLURRY SEAL

### 4.1 Recopilación de datos

De la visita efectuada en campo, se recopila datos del tramo de 400 metros longitud, con 200 lecturas del equipo MERLIN

Esta base de datos se encuentra en el Anexo N° 02 del presente informe.

### 4.2 Procesamiento de datos:

**a.- Para el IRI del tramo Km. 72+400 – Km. 72+000. Con Sello Asfáltico Slurry Seal.**

#### Paso 1.-

Se calcula el rango "D" del ancho del histograma en unidades de la escala, considerando las fracciones resultado de las eliminaciones de los datos en los extremos inferior y superior del histograma, que se tiene por defecto del descarte de los 10 datos. ANEXO N° 05 – GRUPO 3.

En el extremo inferior se tiene la unidad fraccionada en  $2/7$ , en el extremo superior se tiene la unidad fraccionada en  $5/8$  en consecuencia se tiene un rango igual a  $2/7 + 10 + 5/8 = 10.91$  unidades.

Entonces:

$$D = 10.91 \times 5\text{mm} = 54.55\text{mm}.$$

#### Paso 2.-

Para calcular el factor de corrección (CAPÍTULO III), se mide el espesor de la pastilla el cual es de 6mm, y las lecturas iniciales y finales son:

N° de Prueba	Lectura Inicial (Li)	Lectura Inicial (Lf)	Diferencia de Lecturas
1	25	37	12
2	23	35	12
3	24	36	12
<b>Promedios</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>12</b>

Se tiene:

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

$$F.C.=(6 \times 10)/((24-12) \times 5)=1.0$$

### Paso 3.-

Cálculo del Rango "D" corregido.

$$D= 54.55 \times 1.0 \times 1.0 = 54.55 \text{mm.}$$

### Paso 4.-

Determinación de la rugosidad en la escala del IRI.

Usamos la ecuación de (1) de correlación.

Tenemos:

$$IRI= 0.593+0.0471 \times D=3.16.$$

Para calcular el IRI se utiliza una hoja de cálculo en Excel, en donde se ingresa las lecturas obtenidas en campo con el equipo MERLIN y se grafica el Histograma de distribución de frecuencias, arrojando el IRI de las 200 lecturas del sub tramo, para ello se ingresa el D corregido. Ver ANEXO N° 05.

### **b.- Para el IRI del tramo Km. 59+000 – Km. 104+000. Con Sello Asfáltico Slurry Seal y tratamiento Superficial Monocapa**

De la misma forma se calcula el IRI para los 9 sub tramos, correspondiente al tramo Km. 59+000 – Km. 104+000, siguiendo todos los pasos realizados en el procedimiento (a). Ver ANEXO N° 03 hasta el ANEXO N° 11.

De los 9 sub tramos de 5 km cada uno; 4 sub tramos se encuentran con Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal y 5 sub tramos con Carpeta de Rodadura tipo Monocapa.

Los IRIs obtenidos de cada sub tramo y clasificados de acuerdo a su tipo de Carpeta de rodadura se ubica en dos cuadros. Ver ANEXO N° 15 - A y ANEXO N° 15 – B.

**c.- Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional característico (IRI<sub>c</sub>) en el tramo Km.59+000-Km.104+000.**

Una vez obtenido de IRI de cada tramo de procede a calcular el promedio aritmético (IRI<sub>p</sub>) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), para calcular el IRI<sub>c</sub> utilizando la Ecuación (4). Ver ANEXO N° 15 –A y ANEXO N° 15 – B.

**d.- Cálculo del IRI<sub>p</sub>, desviación estándar ( $\sigma$ ) y el IRI<sub>c</sub> de los 9 sub-tramos en estudio, con datos obtenidos del Informe Técnico N° 03 del 3° trimestre – 2009.**

Con estos cuadros de IRI del km. 55+050 al km. 139+935 (Ver ANEXOS N° 12 hasta ANEXO N° 14). Se selecciona el IRI correspondiente a los 9 sub tramos en estudio y esta a su vez se ubica de acuerdo al tipo de Carpeta de Rodadura.

- Ver ANEXO N° 12 hasta ANEXO N° 14. (Seleccionamos todas las rugosidades que estén dentro de los 9 sub tramo).

- Ver ANEXO N° 16. (Todas las rugosidades de 4 sub tramos que tienen Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal).

- Ver ANEXO N° 17. (Todas las rugosidades de 5 sub tramos que tienen Carpeta de Rodadura tipo Monocapa).

**e.- Cálculo del IRI<sub>p</sub>, desviación estándar ( $\sigma$ ) y el IRI<sub>c</sub> del tramo Km. 59+00-Km. 104+000, de acuerdo a su Carpeta de Rodadura.**

- Ver ANEXO N° 16. (Calculamos el IRI<sub>p</sub>,  $\sigma$  y el IRI<sub>c</sub> de cada sub tramo, luego IRI<sub>p</sub>,  $\sigma$  e IRI<sub>c</sub> de los 4 sub tramo de la Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal).

- Ver ANEXO N° 17. (Calculamos el IRI<sub>p</sub>,  $\sigma$  y el IRI<sub>c</sub> de cada sub tramo, luego IRI<sub>p</sub>,  $\sigma$  e IRI<sub>c</sub> de los 5 sub tramo de la Carpeta de Rodadura tipo Monocapa).

## CAPÍTULO V.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 Resultados de Rugosidad en el tramo Km.72+000 – Km.72+400

En los ANEXOS N° 05 presenta la relación de datos obtenidos en campo con el rugosímetro MERLIN.

En el ANEXO N° 15 – A y ANEXO N° 15 - B, presenta el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del carril derecho es 3.16m/km. Correspondiéndole un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.8. Según el Cuadro 09 (CAPÍTULO III), se encuentra en estado Regular.

El IRI de este sub tramo, ubicándola en Manual de Obras publica de Chile para Tratamiento Superficial de un solo tramo (Ver Figura N° 3.08 en marco Teórico), resulta menor que 4.0m/km.

### 5.2 Resultados de las Rugosidades de 9 sub tramos.

En el ANEXO N° 15 – A Y ANEXO N° 15 – B, presenta el IRI del carril derecho y PSI para los 9 sub. tramos, clasificándola de acuerdo a su carpeta de Rodadura y control de calidad, tenemos:

- Para el tramo con Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal tenemos el IRIp de 3.73 m/km y desviación estándar de 0.42, donde finalmente, el IRIc resulta igual a 4.42m/km.
- Para el tramo con Carpeta de Rodadura tipo Monocapa tenemos el IRIp de 4.89 m/km y desviación estandar de 0.97, donde finalmente, el IRIc resulta igual a 6.49m/km.

El IRIc de ambos tramos resulta mayor que 3.0m/km. (Ver Figura N° 3.08 en marco Teórico),

### 5.3 Comparación de rugosidades en los sub tramos

Resultados de las Rugosidades de 9 sub tramos con Rugosidades obtenidos por la supervisión del Convenio.

En el ANEXO N° 12, ANEXO N° 13 Y ANEXO N° 14, presenta información procesada del IRI del carril derecho en sentido contrario de los ítem (5.1 y 5.2 mencionados anteriormente).

En el tramos km. 55+050 – km. 78+450 con carpeta de rodadura tipo Slurry Seal) y Tramos km. 79+500 – km. 138+935 con carpeta de rodadura tipo Tratamiento Superficial Monocapa), se extraen el IRI convenientemente para los 9 sub. tramos en estudio. Para procesar los IRIp su desviación estándar, finalmente el IRIc y PSI respectivamente, de acuerdo a su carpeta de Rodadura. Esto se aprecia en los ANEXO N° 16 y ANEXO N° 17.

El IRIc característico de la zona tratada con Slurry Seal es menor que en el tramo donde se ha utilizado el Tratamiento Superficial con Monocapa.(4.02m/lm Y 6.36 m/km. respectivamente).

Los PSI promedio son 2.7 y 2.3. Según el Cuadro N° 3.01 (CAPÍTULO III), se encuentra en estado Regular.

## CONCLUSIONES

- La Rugosidad (IRI) en el tramo del pavimento en estudio presenta 3.16 m/km., si se ubica en una escala de regularidad según el Banco Mundial (Ver Figura N° 3.06), se puede decir que el pavimento es nuevo y si se evalúa de acuerdo al Manual de Obras publica de Chile para Tratamientos Superficiales (Ver Figura N° 13 Capituló III). Se concluye que este pavimento con Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal es aceptable. Luego de acuerdo a su Serviciabilidad (PSI), se puede considerar como un pavimento en estado regular.
- Cuando se quiere hablar de control de calidad de pavimentos, se calcula de todos los tramos el (IRI) promedio, la desviación estándar y finalmente la rugosidad característica (IRIc). Si se compara el IRI del Sub tramo en estudio con el (IRIc) característico, de todos los sub tramos de acuerdo a su carpeta de Rodadura en este caso para Slurry Seal, se aprecia un aumento considerablemente de 3.16m/km. a 4.42 m/km. esto es debido a muchos factores como: el clima, procesos constructivos, falta de estructura de drenajes el factor social entre otros.
- El **IRIc** Característico de los pavimentos con Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal resulta de 4.42m/km y Monocapa de 6.49 m/km, como se aprecia presentan una mayor rugosidad en el segundo tipo de pavimento. Si se quiere ubicar en una Escala de Regularidad para Pavimento (IRI) según el Banco Mundial, el primero estaría en la escala de Pavimentos Viejos y el segundo en Vías no Pavimentadas con Mantenimiento.
- El Rugosidad característica (IRIc) en el tramos Km. 59+000 – Km. 79+000 tomados por la supervisión en el mes de Mayo – Junio del 2009 y los datos tomados para esta informe en Octubre del 2009 arrojan los siguiente valores (4.02 y 4.42 m/km. respectivamente). Donde se puede interpretar que la rugosidad característica de dicho tramo ha aumentado en 0.4 m/km. en 4 meses, para Carpeta de Rodadura tipo Slurry Seal.

- Para el tramo Km. 79+000 – Km. 104+000 con Carpeta de Rodadura tipo Monocapa arrojan valores 6.36 y 6.49 respectivamente. Interpretando que la Rugosidad Característica (IRI<sub>c</sub>), en dicho tramo ha aumentado de 0.13 m/km. en 4 meses.

Es importante mencionar que las rugosidades son para dos carriles en el mismo tramo pero de sentido contrario.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en cuenta la fórmula de correlación (1), en principio se concibió para evaluar pavimentos deteriorados y esta expresión se van ha adecuar mejor cuando se valide con bases de datos reales.
- Es importante que la medición de la rugosidad se realice con equipos debidamente calibrados y con metodologías que permitan obtener valores que se aproximen lo más posible a la realidad.
- Es importante mencionar que en todo el tramo de la carretera en estudio presenta carencia de estructuras de drenaje y esto afecta considerablemente a la calidad del Pavimento.
- Es importante tener presente en el proceso constructivo, el factor social de la zona. Esto se apreciar mejor en el panel fotográfico del Anexo N° 19, en la foto N° 10. Se observa un aumentando el IRI de forma inmediato sin antes estar este pavimento en uso.
- Para evitar que la Carpeta de Rodadura aumente el IRI, se recomienda tener una buena planificación y coordinación con los poblados aledaños, en la etapa de colocación del SLURRY SEAL. Puesto que esto tiene un tiempo de fraguado, entonces hay que planificar y evitar que transiten personas, vehículos, animales y otros.

## BIBLIOGRAFIA

1. CESEL. Metodología para la determinación de la Rugosidad de pavimentos y su aplicabilidad en la calibración de equipos de medición.
2. Consorcio Gestión de Carreteras, Plan de Conservación Vial por niveles de servicios de la Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca, Junio 2008.
3. Consorcio de Rehabilitación Vial, estudio de Rehabilitación de Carreteras en el Perú.
4. CUNDILL, M.A. “The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine”.
5. Del Águila, Pablo “Desarrollo de la ecuación de correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el Rugosímetro MERLIN”. Ponencia X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, 1999.
6. Del Águila, Pablo “Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión” Ponencia X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999.
7. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Manual para la conservación de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” Vol. I, Lima, Perú, 2008.
8. Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne, 1991.  
Pág. Web:
  - <http://www.camineros.com>
  - <http://www.mtc.gob.pe>
  - <http://www.proviasnac.gob.pe>

## ANEXOS

	Pág.
ANEXO N°01: Formato para Recolección de datos	57
ANEXO N°02: Hoja con los datos de campo	58
ANEXO N°03: Hoja de resultados Grupo 1	59
ANEXO N°04: Hoja de resultados Grupo 2	60
ANEXO N°05: Hoja de resultados Grupo 3	61
ANEXO N°06: Hoja de resultados Grupo 4	62
ANEXO N°07: Hoja de resultados Grupo 5	63
ANEXO N°08: Hoja de resultados Grupo 6	64
ANEXO N°09: Hoja de resultados Grupo 7	65
ANEXO N°10: Hoja de resultados Grupo 8	66
ANEXO N°11: Hoja de resultados Grupo 9	67
ANEXO N°12: Reumen de IRI del Km. 55+050 - Km.78+450	68
ANEXO N°13: Reumen de IRI del Km. 79+500 - Km.113+700	69
ANEXO N°14: Reumen de IRI del Km. 114+900 - Km.138+935	70
ANEXO N°15-A: Reumen de IRI del Km. 59+000 - Km.79+000	71
ANEXO N°15-B: Reumen de IRI del Km. 79+000 - Km.104+000	71
ANEXO N°16: Reumen de IRI del Km. 59+000 - Km. 79+000	72
ANEXO N°17: Resumen de IRI del Km. 79+000 - Km. 104+000	73
ANEXO N°18: Relación de Proyectos de rugosidades evaluada. con MERLIN	74
ANEXO N°19: Panel Fotográfico en campo	80
ANEXO N°20: Panel Fotográfico Aplicación del Slurry Seal	87
ANEXO N°21: Panel Fotográfico Aplicación del Slurry Seal	88

**ANEXO N° 01**  
**Formato para Recolección de datos**

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

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

ENSAYO N°  KM  +  HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											
3											ASPHALTO
4											
5											ASPH. GRANULAR
6											
7											ASPH. IMPRIMADA
8											
9											TRAT. BEARR
10											
11											CONCRETO EN BR
12											
13											CARP. EN CALIENTE
14											
15											MECANICO EN ALFED
16											
17											MECANICO
18											
19											OTRO
20											

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

**ANEXO N° 02**  
**Hoja con los datos de campo**

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

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

ENSAYO N°  KM  +  HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1											TIPO DE PAVIMENTO :	
2											ASPHALTO	<input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
4											BASE IMPROBADA	<input type="checkbox"/>
5											TRAT. PULVER	<input type="checkbox"/>
6											CARPETA ASPHALTO	<input type="checkbox"/>
7											CARPETA CAL PATE	<input type="checkbox"/>
8											RELAMPO ASFALTO	<input type="checkbox"/>
9											MEZCL	<input type="checkbox"/>
10											OTROS	<input type="checkbox"/>
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

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









**ANEXO N° 07  
GRUPO 5**

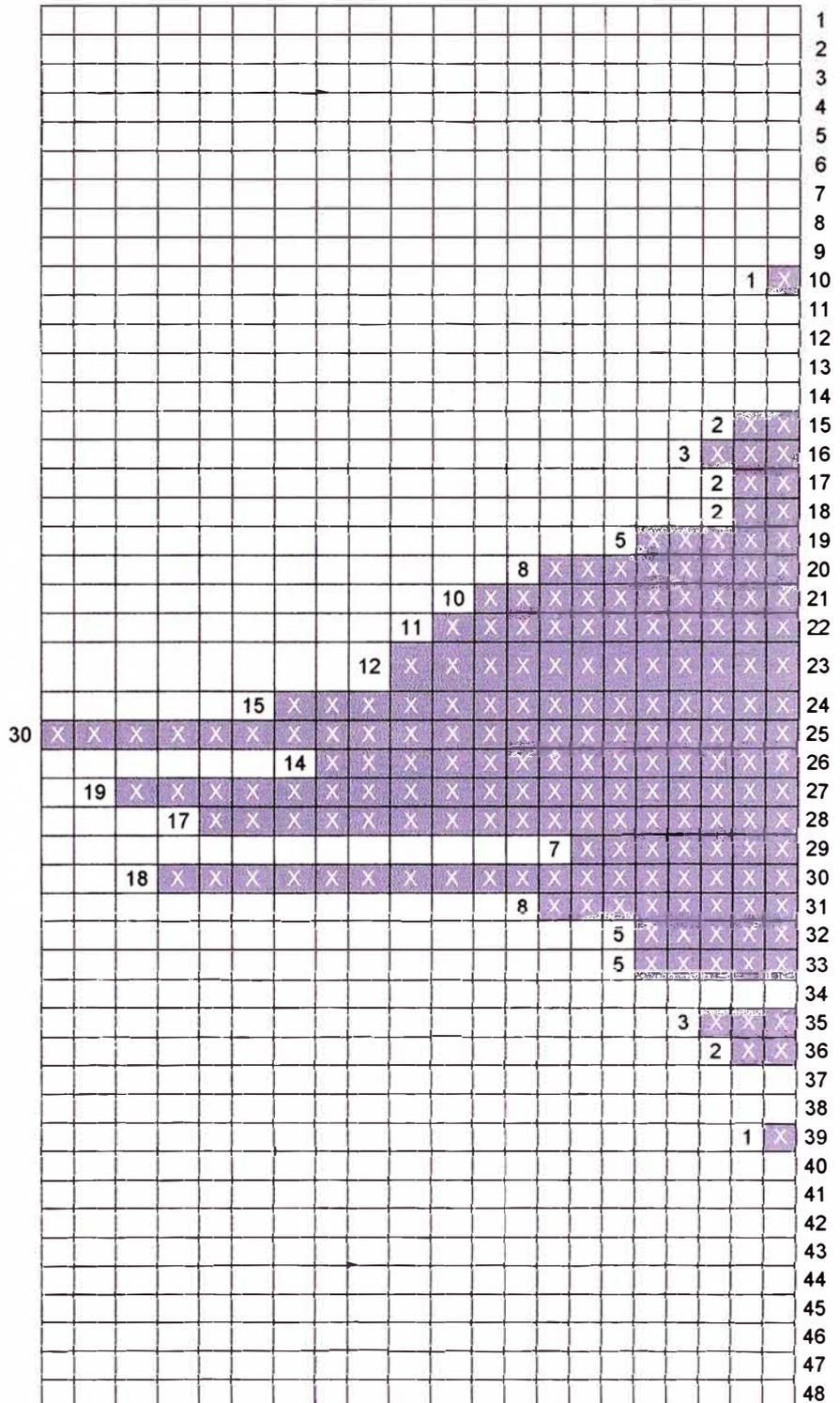
Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 79+000 - Km 84+000)	
Sección	Km 80+500 - Km 80+100
Carril / Huella	:Derecho
Operador	Piter Castillo
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO N°	01
F = 1.000	
D = 71.00 mm	
RUGOSIDAD	= 0.593 + 0.0471 * D = 3.94 IRI

**OBSERVACIONES**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

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

**INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD**



**ANEXO N° 08**  
**GRUPO 6**

<b>Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 84+000 - Km 89+000)</b>	
Sección	Km 85+000 - Km 84+600
Carril / Huella	:Derecho
Operador	Andres Chumbe Montoro
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO N°	01
F = 1.000	
D = 92.08 mm	
RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471 * D$ = 4.93 IRI	
<b>OBSERVACIONES</b>	
<p>La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango <math>2.4 &lt; IRI &lt; 15.9</math> (<math>40 &lt; D &lt; 312</math>).</p>	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
20 31 19 29 37 34 34 37 34 24	1
39 44 30 34 28 19 24 23 36 32	2
26 26 21 22 30 29 24 17 24 27	3
25 26 31 24 22 28 31 24 14 25	4
16 18 20 19 21 27 22 24 26 36	5
30 38 38 34 33 28 15 32 23 23	6
27 23 34 21 26 24 27 28 25 23	7
17 29 19 18 31 25 26 31 33 24	8
13 25 23 30 31 24 46 25 21 21	9
27 24 24 28 21 15 28 28 31 14	10
26 29 27 22 28 25 21 31 30 35	11
24 31 29 35 29 35 29 29 25 31	12
22 29 24 28 23 25 28 27 24 34	13
33 26 22 27 29 27 21 28 31 19	14
22 25 13 17 8 25 21 30 29 22	15
28 35 25 25 30 29 32 34 16 27	16
32 31 33 26 29 28 30 30 23 28	17
29 24 24 19 29 28 23 29 33 21	18
23 30 31 24 27 31 29 27 19 33	19
19 24 27 25 30 26 27 27 24 18	20

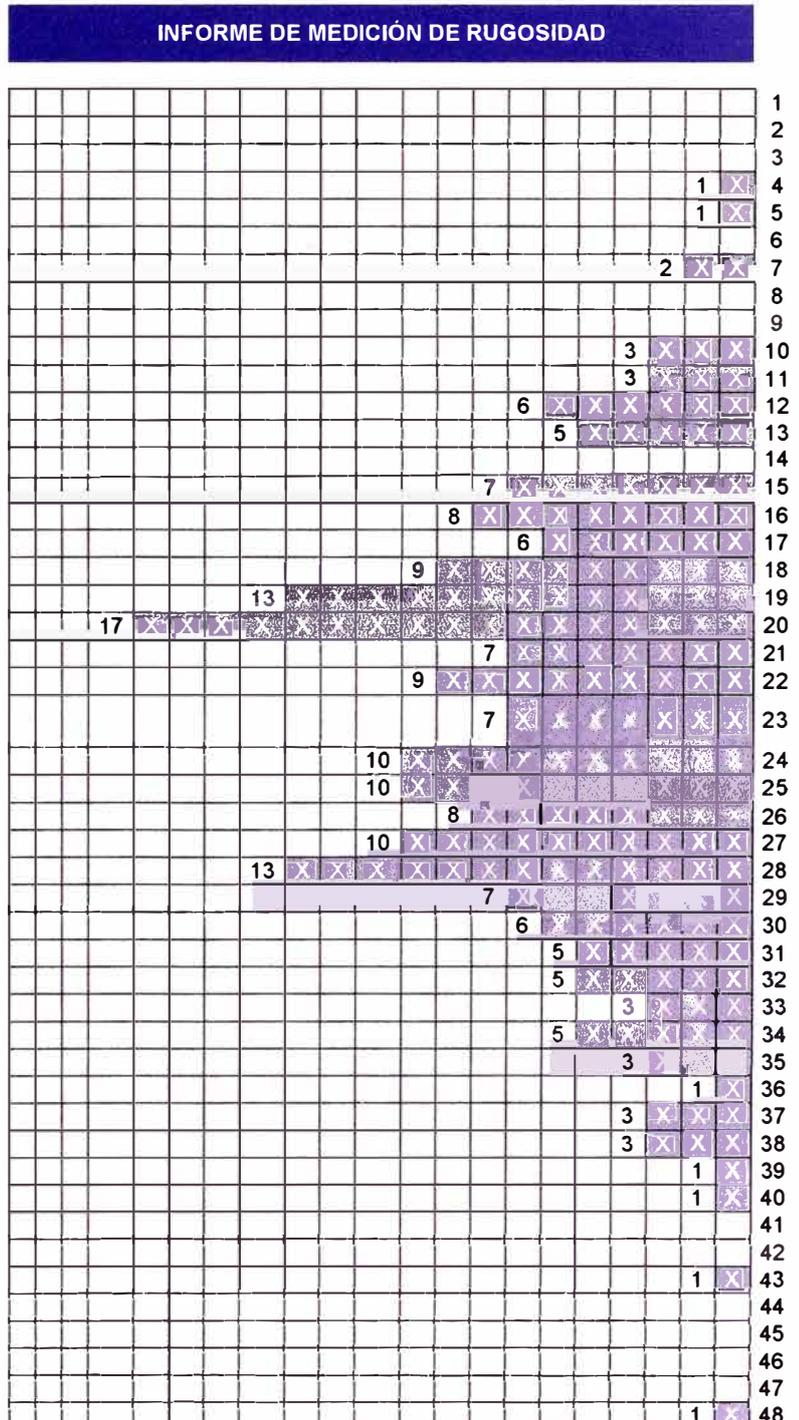
INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD										
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
									1	8
										9
										10
										11
										12
									2	13
									2	14
									2	15
									2	16
									3	17
									3	18
							8	X	X	19
									2	20
							10	X	X	21
							8	X	X	22
							10	X	X	23
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
					14	X	X	X	X	25
							10	X	X	26
					15	X	X	X	X	27
					15	X	X	X	X	28
					17	X	X	X	X	29
							11	X	X	30
							14	X	X	31
									4	32
									6	33
							8	X	X	34
									4	35
									2	36
									2	37
									2	38
									1	39
										40
										41
										42
										43
										44
									1	45
										46
									1	47
										48





**ANEXO N° 11**  
**GRUPO 9**

<b>Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 99+000 - Km 104+000)</b>										
Sección	Km 100+200 - Km 99+800									
Carril / Huella	:Derecho									
Operador	Rene Poma									
FECHA	: 03/10/2009									
ENSAYO N°	01									
F = 1.000										
D = 125.00 mm										
RUGOSIDAD = $0.593 + 0.0471 * D$ = 6.48 IRI										
<b>OBSERVACIONES</b>										
<p>La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango <math>2.4 &lt; IRI &lt; 15.9</math> (<math>40 &lt; D &lt; 312</math>).</p>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
19	26	17	15	25	16	13	10	17	22	1
32	16	20	15	16	7	13	26	22	27	2
20	17	7	12	10	32	18	29	15	29	3
24	18	22	13	20	18	11	18	22	19	4
15	15	12	12	17	20	23	25	20	28	5
24	26	17	24	26	30	28	23	26	17	6
11	19	20	25	25	24	19	20	25	33	7
26	19	16	22	16	25	18	12	18	10	8
19	23	23	21	16	12	25	12	13	19	9
19	19	16	28	15	15	27	19	20	20	10
24	32	19	28	34	31	34	31	28	38	11
23	30	22	35	26	43	28	35	28	40	12
31	28	28	32	33	27	27	21	27	34	13
37	19	28	29	32	20	30	31	29	35	14
24	30	30	25	25	31	28	22	21	21	15
18	39	20	24	22	30	24	23	22	23	16
27	27	20	20	25	27	37	21	37	20	17
28	36	48	20	5	13	34	38	21	29	18
29	33	28	24	27	27	38	20	4	20	19
26	34	19	11	18	18	16	24	21	29	20



## ANEXO N° 12



**UNI**

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL  
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE  
NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNI - FIC



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

TRAMO TOTAL : DEL 55+050 AL 78+450  
CARRIL DE ENSAYO : DERECHO  
CARPETA DE RODADURA : SLURRY SEAL

CODIGO	TRAMO	DISTANCIA	IRI	FECHA DE	
DEL	INICIAL	FINAL			
I - 01	55+050	55+450	A 1m del borde	3.08	23/06/2009
I - 02	55+450	55+850	A 1m del borde	2.80	23/06/2009
I - 03	55+850	56+250	A 1m del borde	3.23	23/06/2009
I - 04	56+250	56+650	A 1m del borde	2.87	23/06/2009
I - 05	57+000	57+400	A 1m del borde	3.28	24/06/2009
I - 06	57+400	57+800	A 1m del borde	3.74	24/06/2009
I - 07	57+800	58+200	A 1m del borde	3.78	24/06/2009
I - 08	58+200	58+600	A 1m del borde	4.00	24/06/2009
I - 09	58+900	59+300	A 1m del borde	3.21	24/06/2009
I - 10	59+300	59+700	A 1m del borde	3.75	24/06/2009
I - 11	59+700	60+100	A 1m del borde	4.08	25/06/2009
I - 12	60+500	60+900	A 1m del borde	3.19	25/06/2009
I - 13	61+500	61+900	A 0.70m del borde	3.61	25/06/2009
I - 14	62+560	62+960	A 1.00m del borde	2.91	26/06/2009
I - 15	63+000	63+400	A 1.00m del borde	3.48	26/06/2009
I - 16	64+100	64+500	A 1.00m del borde	2.54	26/06/2009
I - 17	65+600	66+000	A 1.00m del borde	3.17	02/07/2009
I - 18	66+000	66+400	A 1.00m del borde	3.22	02/07/2009
I - 19	67+600	68+000	A 1.00m del borde	3.74	02/07/2009
I - 20	68+500	68+900	A 1.00m del borde	2.85	02/07/2009
I - 21	69+045	69+445	A 1.00m del borde	3.86	02/07/2009
I - 22	70+150	70+550	A 1.00m del borde	3.08	02/07/2009
I - 23	71+500	71+900	A 1.00m del borde	3.80	02/07/2009
I - 24	72+000	72+400	A 1.00m del borde	3.55	03/07/2009
I - 25	73+100	73+500	A 1.00m del borde	3.34	03/07/2009
I - 26	74+400	74+800	A 1.00m del borde	3.51	03/07/2009
I - 27	75+000	75+400	A 1.00m del borde	3.57	03/07/2009
I - 28	76+300	76+700	A 1.00m del borde	3.51	03/07/2009
I - 29	77+200	77+600	A 1.00m del borde	3.18	03/07/2009
I - 30	78+050	78+450	A 1.00m del borde	2.84	03/07/2009

**PROMEDIO ARITMETICO**

**3.36**

Rango IRI	Longitud (km)	%
0 - 2.000	0.80	0.07
2.000 - 4.000	10.80	0.90
4.000 - 5.000	0.40	0.03
>= 5.000	0.00	0.00
Total	12.00	1.00

## ANEXO N° 13



**UNI**

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL  
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE  
NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNI - FIC



### 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	TRAMO	DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO	
DEL INICIO	PROG. INICIAL	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

**ANEXO N° 14**



**UNI**

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL  
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE  
NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNI - FIC



**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	TRAMO	DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
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+800 - 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

**PROMEDIO ARITMETICO**

**4.35**

Rango IRI	Longitud (km)	%
0 - 2.500	0.00	0.00
2.500 - 3.000	7.60	0.29
3.000 - 3.500	14.40	0.55
>= 3.500	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

## ANEXO N° 15-A

CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL- PROVIAS NACIONAL Y LA UNI

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

Tramo Parcial :Del 59+000 al 79+000

Carril de ensayo : Izquierdo

Carpeta de Rodadura :SLURRY SEAL

Tramos	Progresiva			CARRIL IZQUIERDO			Por Tramos de 20,0 km.	
	Km	a	Km	DISTANCIA	IRI (m/Km)	PSI	IRIp ; $\sigma$	IRIc (m/Km)
1	59+000	-	64+000	A 1 m del borde	3,81	2,5	3,73 ; 0,42	4,42
2	64+000	-	69+000	A 1 m del borde	3,77	2,5		
3	69+000	-	74+000	A 1 m del borde	3,16	2,8		
4	74+000	-	79+000	A 1 m del borde	4,17	2,3		

Fuente:( Datos obtenido de campo )

## ANEXO N° 15-B

CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL- PROVIAS NACIONAL Y LA UNI

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

Tramo Parcial :Del 79+000 al 104+000

Carril de ensayo : Izquierdo

Carpeta de Rodadura Tratamiento Superficial Monocapa

Tramos	Progresiva			CARRIL IZQUIERDO			Por Tramos de 25,0 km.	
	Km	a	Km	DISTANCIA	IRI (m/Km)	PSI	IRIp ; $\sigma$	IRIc (m/Km)
5	79+000	-	84+000	A 1 m del borde	3,94	2,4	4,89 ; 0,97	6,49
6	84+000	-	89+000	A 1 m del borde	4,93	2,0		
7	89+000	-	94+000	A 1 m del borde	4,30	2,3		
8	94+000	-	99+000	A 1 m del borde	4,79	2,1		
9	99+000	-	104+000	A 1 m del borde	6,48	1,5		

Fuente:( Datos obtenido de campo )

## ANEXO N° 16

### CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL- PROVIAS NACIONAL Y LA UNI

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

**Tramo Total** : Del 59+000 al 79+000  
**Carril de ensayo** : Derecho  
**Carpeta de Rodadura** : SLURRY SEAL

Tramos	Progresiva		CARRIL DERECHO							
			DISTANCIA	IRI (m/Km)	PSI	Por Tramos de 5,0 km.		Por Tramos de 20,0 km.		
	Km	a				Km	IRI <sub>p</sub> ; $\sigma$	IRI <sub>c</sub> (m/Km)	IRI <sub>p</sub> ; $\sigma$	IRI <sub>c</sub> (m/Km)
1	59+300	-	59+700	A 1 m del borde	3,75	2,5	3,50 ; 0,41	4,18	3,37 ; 0,39	4,02
	59+700	-	60+100	A 1 m del borde	4,08	2,4				
	60+500	-	60+900	A 0,70 m del borde	3,19	2,8				
	61+500	-	61+900	A 1 m del borde	3,61	2,6				
	62+560	-	62+960	A 1 m del borde	2,91	3,0				
	63+000	-	63+400	A 1 m del borde	3,48	2,7				
2	64+100	-	64+500	A 1 m del borde	2,54	3,2	3,10 ; 0,45	3,84		
	65+600	-	66+000	A 1 m del borde	3,17	2,8				
	66+000	-	66+400	A 1 m del borde	3,22	2,8				
	67+600	-	68+000	A 1 m del borde	3,74	2,5				
	68+500	-	68+900	A 1 m del borde	2,85	3,0				
3	69+045	-	69+445	A 1 m del borde	3,86	2,5	3,53 ; 0,32	4,06		
	70+150	-	70+550	A 1 m del borde	3,08	2,9				
	71+500	-	71+900	A 1 m del borde	3,80	2,5				
	72+000	-	72+400	A 1 m del borde	3,55	2,6				
	73+100	-	73+500	A 1 m del borde	3,34	2,7				
4	74+400	-	74+800	A 1 m del borde	3,51	2,6	3,32 ; 0,31	3,83		
	75+000	-	75+400	A 1 m del borde	3,57	2,6				
	76+300	-	76+700	A 1 m del borde	3,51	2,6				
	77+200	-	77+600	A 1 m del borde	3,18	2,8				
	78+200	-	78+450	A 1 m del borde	2,84	3,0				

Fuente:( Informe Tecnico N° 03 - Tercer Trimestre 2009 )

**ANEXO N° 17**

CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE  
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL- PROVIAS NACIONAL Y LA UNI

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

Tramo Total :Del 79+000 al 104+000

Carril de ensayo : Derecho

Carpeta de Rodadura :TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

Tramos	Progresiva Km a Km		CARRIL DERECHO						
			DISTANCIA	IRI (m/Km)	PSI	Por Tramos de 5,0 km.		Por Tramos de 25,0 km.	
						IRIp ; σ	IRIc (m/Km)	IRIp ; σ	IRIc (m/Km)
5	79+500	- 79+900	A 1 m del borde	4,64	2,2	4,44 ; 1,21	6,43		
	79+900	- 80+300	A 1 m del borde	3,51	2,6				
	80+300	- 80+700	A 1 m del borde	3,49	2,7				
	80+700	- 81+100	A 1 m del borde	3,74	2,5				
	81+900	- 82+300	A 1 m del borde	6,32	1,6				
	82+300	- 82+700	A 1 m del borde	3,50	2,7				
	83+000	- 83+400	A 1 m del borde	5,89	1,7				
6	84+000	- 84+400	A 1 m del borde	5,05	2,0	4,16 ; 0,48	4,95		
	84+400	- 84+800	A 1 m del borde	4,01	2,4				
	84+800	- 85+200	A 1 m del borde	4,02	2,4				
	85+200	- 85+600	A 1 m del borde	4,55	2,2				
	86+130	- 86+530	A 1 m del borde	3,85	2,5				
	87+400	- 87+800	A 1 m del borde	4,02	2,4				
	88+500	- 88+900	A 1 m del borde	3,61	2,6				
7	89+000	- 89+400	A 1 m del borde	4,56	2,2	3,93 ; 0,84	5,31	4,37 ; 1,21	6,36
	90+500	- 90+900	A 1 m del borde	4,51	2,2				
	91+200	- 91+600	A 1 m del borde	4,32	2,3				
	92+400	- 92+800	A 1 m del borde	2,91	3,0				
	93+200	- 93+600	A 1 m del borde	3,34	2,7				
8	94+300	- 94+700	A 1 m del borde	2,99	2,9	4,38 ; 0,84	5,76		
	95+600	- 96+000	A 1 m del borde	4,55	2,2				
	96+400	- 96+800	A 1 m del borde	5,01	2,0				
	97+200	- 97+600	A 1 m del borde	4,30	2,3				
	98+000	- 98+400	A 1 m del borde	5,05	2,0				
9	99+100	- 99+500	A 1 m del borde	4,51	2,2	4,80 ; 0,52	5,66		
	100+000	- 100+400	A 1 m del borde	5,09	2,0				
	100+400	- 100+800	A 1 m del borde	4,52	2,2				
	100+800	- 101+200	A 1 m del borde	5,42	1,9				
	101+200	- 101+600	A 1 m del borde	4,64	2,2				
	102+400	- 102+800	A 1 m del borde	5,40	1,9				
	103+000	- 103+400	A 1 m del borde	4,02	2,4				

Fuente:( Informe Tecnico N° 03 - Tercer Trimestre 2009 )

## ANEXO N° 18

### Relación de Proyectos de Rugosidad evaluada con MERLIN

N°	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
1	PANAMERICANA SUR	DV. AREQUIPA-DV. MOQUEGUA	DESVIO MOLLENDO-EL FISCAL	KM 982+000-KM 1040+000	58	AREQUIPA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	may-93
2	PANAMERICANA SUR	DESVIO MOQUEGUA-TACNA	PTE MONTALVO-PTE CAMIARA	KM 1140+000-KM 1213+000	73	MOQUEGUA-TACNA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	jun-93
3	PANAMERICANA SUR	DESVIO MOQUEGUA-TACNA	PTE CAMIARA-TACNA	KM 1213+000-KM 1291+000	78	TACNA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	jun-93
4	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	HUAYRE-CHICRIN	KM 247+000-KM 323+500	76.5	JUNIN-PASCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	sep-93
5	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 2+400-KM 39+300	36.9	PASCO-HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	sep-93
6	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 39+300-KM 46+500	7.2	HUANUCO	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	sep-93
7	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 46+500-KM 83+500	37	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	sep-93
8	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	SULLANA-DESVIOTALARA	KM 1018+700-KM 1093+300	74.6	PIURA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	oct-93
9	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	DESVIO TALARA-CANCAS	KM 1093+300-KM 1196+000	102.7	PIURA-TUMBES	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	nov-93
10	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1196+000-KM 1294+000	98	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	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PTE. SAHUAY	KM 122+000 - KM 127+000	5	ANCASH	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Apr-94
13	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PTE. SAHUAY	KM 127+000 - KM 135+400	8.4	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	Apr-94
14	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PTE. SAHUAY	KM 135+400 - KM 143+200	7.8	ANCASH	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Apr-94
15	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	PUENTE SAHUAY-CATAC	KM 143+200 - KM 165+400	22.2	ANCASH	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Apr-94
16	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	PUENTE SAHUAY-CATAC	KM 143+200 - KM 165+400		ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	Apr-94

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
17	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PTE SANTA - PACASMAYO	KM 445+087-KM 668+055	223	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	sep-94
18	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	AREQUIPA-JULIACA	YURA-PATAHUASI	KM 0+000 - KM 11+000	11	AREQUIPA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	nov-94
19	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	AREQUIPA-JULIACA	YURA-PATAHUASI	KM 11+000 - KM 52+000	41	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	Jan-95
21	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	ILO-PANAMERICANA SUR	KM 7+200-KM 12+500	5.3	MOQUEGUA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Jan-95
22	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	ILO-PANAMERICANA SUR	KM 12+500-KM 42+700	30.2	MOQUEGUA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Jan-95
23	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	VARIANTE CEMENTERIO	KM 90+800-KM 99+700	8.9	MOQUEGUA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Jan-95
24	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	SAMEGUA-TORATA	KM 99+700-KM 120+000	20.3	MOQUEGUA	TRATAMIENTO SUPERF.BICAPA	Jan-95
25	NAZCA-ABANCAY-CUZCO	PUQUIO-CHALHUANCA	PUQUIO-DES VIO PAMPACHIRI	KM 0+000-KM 90+000	90	AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	feb-95
26	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 568+700-KM 573+870	5.2	LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	feb-95
27	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 573+800-KM 591+000	17.2	LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	feb-95
28	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 591+000-KM 668+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	50	LIMA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	may-95
32	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+800-KM 8+000	7.2	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	jun-95
33	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 8+000-KM 68+000	60	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	jun-95
34	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 68+000-KM 81+000	13	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	jun-95
35	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 81+000-KM 86+000	5	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	jun-95
36	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 86+000-KM 91+800	5.8	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jun-95

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
37	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1196+000-KM 1224+000	28	TUMBES	CARPETA SELLO ASFALTICO	Aug-95
38	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1224+000-KM 1294+000	70	TUMBES	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Aug-95
39	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 574+000-KM 597+000	23	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
40	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 597+000-KM 605+000	8	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
41	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 605+000-KM 611+000	6	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
42	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 611+000-KM 617+000	6	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
43	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 617+000-KM 643+000	26	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
44	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 643+000-KM 658+000	15	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
45	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 658+000-KM 661+000	3	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
46	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 661+000-KM 665+000	4	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
47	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 665+000-KM 668+000	3	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
48	PATVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	CATAC-HUARAZ	KM 0+000 - KM 35+000	35	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	sep-95
49	PATVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	HUARAZ-ANTA	KM 0+000-KM 20+500	20.5	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	sep-95
50	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+000-KM 6+500	6.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	oct-95
51	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 6+500-KM 85+000	78.5	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	oct-95
52	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 445+087-KM 447+250	2.2	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-95
53	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 447+250-KM 461+000	13.8	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Dec-95
54	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 461+000-KM 474+000	13	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Dec-95
55	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 474+000-KM 478+300	4.3	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-95
56	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 478+300-KM 488+400	10.1	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Dec-95

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
57	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 488+400-KM 508+700	20.3	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-95
58	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 508+700-KM 544+700	36	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Dec-95
59	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 544+700-KM 552+400	7.7	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Dec-95
60	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 552+400-KM 558+500	6.1	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-95
61	PANAMERICANA NORTE	AUTOPISTA ANCON-HUACHO	RIO SECO-HUACHO	KM 110-KM 149 (VIA IZQU.)	39	LIMA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jan-96
62	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+000-KM 6+500	6.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	Apr-96
63	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 6+500-KM 86+000	79.5	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	Apr-96
64	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 86+000-KM 91+800	5.8	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Apr-96
65	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 0+000-KM 5+000	5	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
66	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 5+000-KM 7+000	2	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
67	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 7+000-KM 10+000	3	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
68	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 10+000-KM 40+000	30	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
69	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 40+000-KM 72+000	32	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
70	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 72+000-KM 86+500	14.5	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	mar-96
71	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 40+000-KM 86+500	46.5	HUANUCO	RECAPADO ASFALTICO	jun-96
72	CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL -SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 40+700-KM 52+000	11.3	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
73	CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL -SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 52+000-KM 54+600	2.6	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
74	CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL -SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 54+600-KM 60+000	5.4	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
75	CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL -SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 60+000-KM 69+800	9.8	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
76	CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL -SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 69+800-KM 83+200	13.4	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
77	TRONCAL CA1	SAN RAFAEL -SAN VICENTE	SAN RAFAEL-SAN VICENTE	KM 40+000-KM 50+000	10	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96
78	CA2 (DEL LITORAL)	LA LIBERTAD-COMALAPA	LA LIBERTAD-COMALAPA	KM 40+000-KM 60+000	20	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-96

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
79	CA2 (DEL LITORAL)	LA LIBERTAD-KILO	LA LIBERTAD-KILO	KM 0+000-KM 20+000	20	EL SALVADOR	BASE GRANULAR	jul-96
80	AUTOPISTA SUR	TORRE DEMOCR.-MONSERRAT	TORRE DEMOCR.-MONSERRAT	CALLE URBANA		EL SALVADOR	TRATAMIENTO MICROPAV.	jul-96
81	PANAMERICANA NORTE	DV. ANCON-CHANCAY	SERPENTIN DE PASAMAYO	KM 44+000-KM 66+000	22	LIMA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	sep-96
82	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PUENTE SAHUAY	KM 127+100-KM 135+410	8.3	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	oct-95
83	PANAMERICANA NORTE	DV. ANCON-CHANCAY	SERPENTIN DE PASAMAYO	KM 143+000-KM 166+000	23	LIMA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	nov-96
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-96
85	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N	KM 766+624-KM 769+264 (S-N)	KM 766+624-KM 769+264	2.6	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	nov-96
86	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N	KM 766+624-KM 769+264 (N-S)	KM 766+624-KM 769+264		LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	nov-96
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-96
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-96
89	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG.-EMPALME RUTA 1N	KM 782+119-KM 784+383	KM 782+119-KM 784+383	2.3	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICANUEVA	nov-96
90	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-CARACOL	KM 409+000 - KM 468+000	KM 442+000 - KM 468+000	26	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	nov-96
91	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-CARACOL	KM 432+000 - KM 440+000	KM 432+000 - KM 440+000	8	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	nov-96
92	CUZCO-JULIACA- DESAGUADERO	CUZCO-JULIACA	CUZCO-COMBAPATA	KM 0+000 - KM 96+000	96	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	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	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	AYACUCHO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	oct-97
99	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANTA-MAYOCC	HUANTA-MAYOCC		AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	oct-97

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
100	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-IMPERIAL	PAMPAS-IMPERIAL		HUANCAVELICA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	oct-97
101	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	80	AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	oct-97
102	PISCO-AYACUCHO	SAN CLEMENTE-PUENTE PACRA	KM 0+000 - KM 80+000	KM 0+000 - KM 80+000		ICA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-97
103	PISCO-AYACUCHO	SAN CLEMENTE-PUENTE PACRA	KM 0+000 - KM 80+000	KM 0+000 - KM 80+000	72.1	ICA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-97
104	RIO SECO-DESAUADERO	RIO SECO-GUAQUI	KM 0+612-KM 72+750	KM0+612-KM 72+750		LA PAZ-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	feb-98
105	RIO SECO-DESAGUADERO	RIO SECO-GUAQUI	KM 0+612-KM 72+750	KM 0+612-KM 72+750	6.5	LA PAZ-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	feb-98
106	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 0+000-KM 6+500	79.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	Dec-97
107	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 6+500-KM 86+000	5.8	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	Dec-97
108	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 86+000-KM 91+800	59	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-97
109	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR	KM 409+000 - KM 468+000 (C.D.)	KM 409+000 - KM 468+000		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	60	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		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	13.4	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jun-98
113	COCHABAMBA- QUILLACOLLO	VIA NORTE	KM 1+200 - KM 14+600	KM 1+200 - KM 14+600		COCHABAMBA-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-98
114	COCHABAMBA- QUILLACOLLO	VIASUR	KM 1+200 - KM 14+600	KM 1+200 - KM 14+600	21.3	COCHABAMBA-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	jul-98
115	RIO NIEVA-RIOJA	PTE. NIEVA-PTE. EL AFLUENTE	KM 381+400 - KM 402+700	KM 381+400 - KM 402+700	88.6	SAN MARTIN	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-98
116	PISCO-AYACUCHO	PTE PACRA-PTE.CHOCLOCOCHA	KM 80+200 - KM 168+800	KM 80+200 - KM 168+800		ICA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	sep-98
117	PISCO-AYACUCHO	PTE PACRA-PTE.CHOCLOCOCHA	KM 80+200 - KM 168+800	KM 80+200 - KM 168+800		ICA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	sep-98

Fuente: Experiencias Y Resultados Obtenidos en la Evaluación de la Rugosidad de más de 3000 Km de Pavimentos en el Perú y otros Países  
Ponencia X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, 1999. Ing. Pablo del Águila

## ANEXO N° 19 PANEL FOTOGRAFICO



Foto N°01      CAMPAMENTO CALACHOTA KM.108+450



Foto N°02      COLOCACIÓN DEL FORMATO EN EL TABLERO DEL MERLIN



Foto N°03 INDICACIONES COMO OPERAR CON EL EQUIPO MERLIN



Foto N°04 RECOLECCION DE DATOS DEL GRUPO N° 08 EN EL TRAMO  
KM. 97+800 AL 98+200



Foto N°05 TOMAS DE DATOS DEL GRUPO N° 07 EN EL TRAMO  
KM. 91+100 AL 91+500



Foto N°06 TOMAS DE DATOS DEL GRUPO 03 ; TRAMO 72+00 AL KM.  
AL KM 72+400 CARPETA CON SLURRY SEAL



Foto N°07 TRAMO KM. 72+000 AL 72+400 ; CALZADAS ANGOSTAS

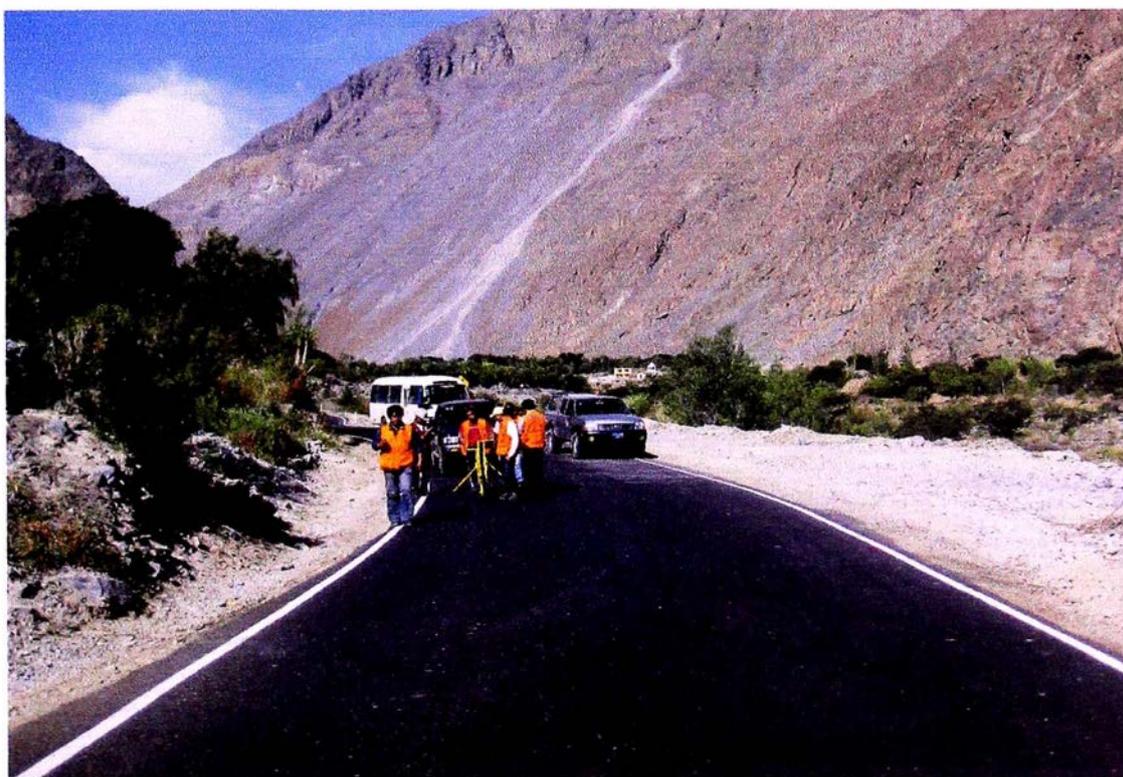


Foto N°08 TRAMO KM. 72+000 AL 72+400 ; CALZADAS ANCHAS



Foto N°09 ZONAS CON CALZADAS PARA 2 CARRILES EN MAL ESTADO



Foto N°10 CARPETA DE RODADURA CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

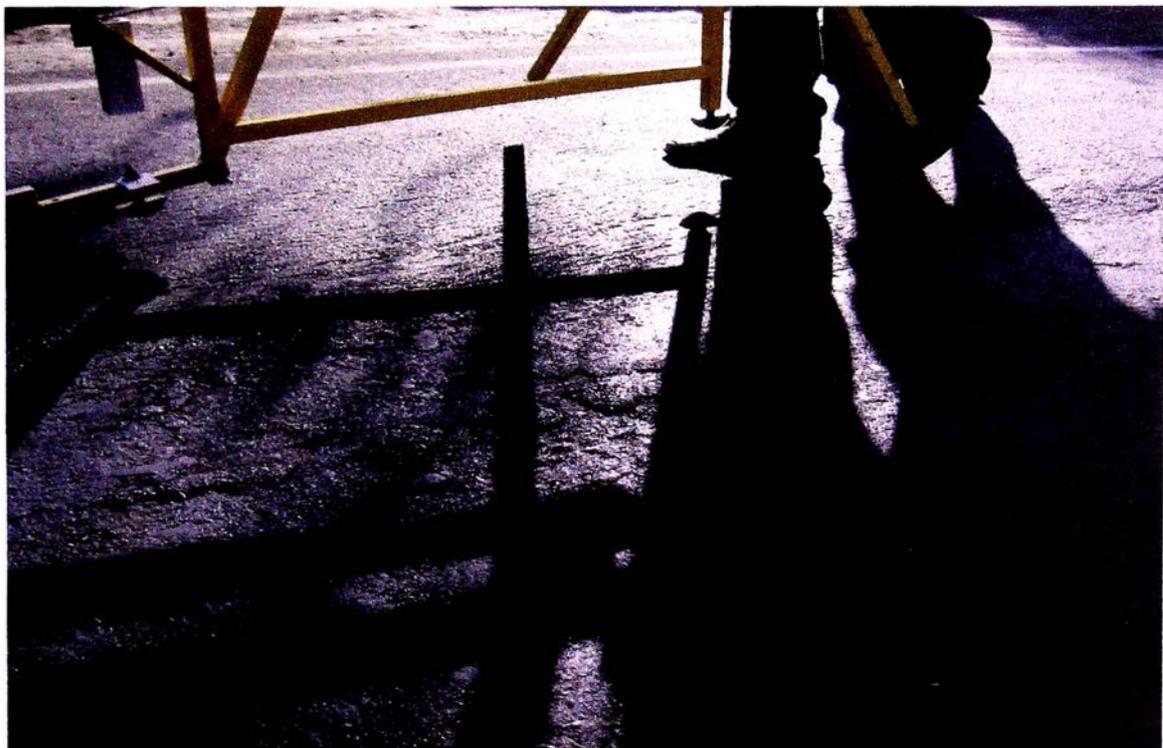


Foto N°11 CARPETA DE RODADURA CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
SLURRY SEAL



Foto N°12 PRESENCIA DE ALCANTARILLAS RÚSTICAS QUE CRUZAN LA CALZADAS



Foto N°13 FALTA ESTRUCTURA HIDRAÚLICAS

**ANEXO N° 20**  
**Aplicación del Slurry Seal**



Foto N° 01 (Fuente: Diapositivas de clase; 2009)

**ANEXO Nº 21**  
**Aplicación del Slurry Seal**

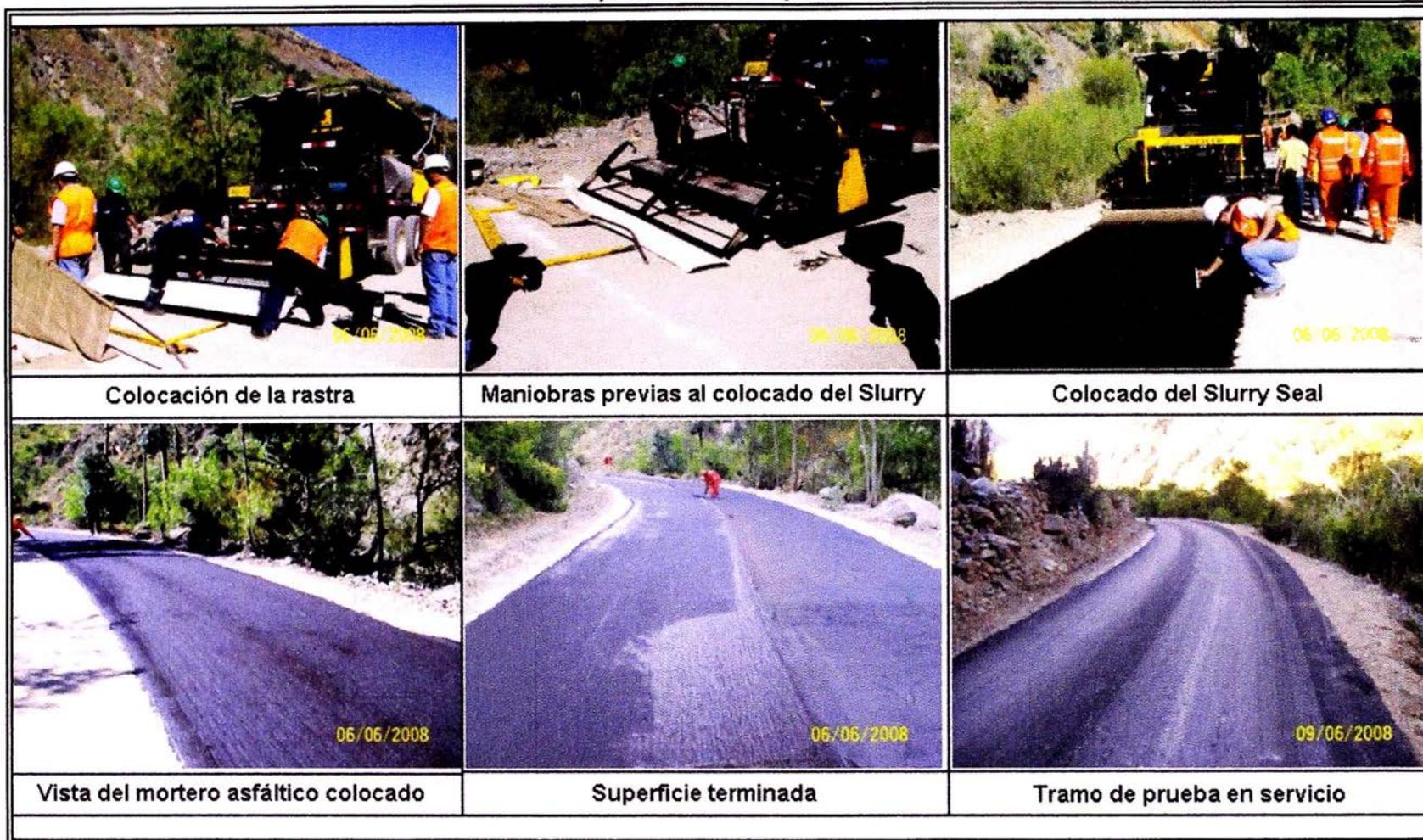


Foto Nº 02 (Fuente: Diapositivas de clase; 2009)