

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



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE -
YAUYOS - CHUPACA CON EQUIPO MERLIN TRAMO
KM. 94+000 - KM. 99+000.**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

RENATO OLAYA LAINES

Lima – Perú

AÑO 2009

Gracias a Dios por darme unos padres que me enseñaron el valor de la constancia y el amor profundo por la familia, y a mi esposa por apoyarme a cumplir mis metas, dándome dos hermosos hijos que son el motor de mi vida.

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 Ubicación	10
1.3 Clima y topografía	13
1.4 Capacidad de Soporte de los Suelos	15
1.5 Estado situacional	15
1.6 Tramo evaluado Km 94+000 – Km 99+000	17
1.6.1 Clima	17
1.6.2 Topografía	17
1.6.3 Geología	17
1.6.4 Composición de los suelos de fundación	17
1.6.5 Solución aplicada en la actualidad	18
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO	19
2.1 Rugosidad	19
2.1.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	19
2.2 Métodos para la medición de la rugosidad	21
2.2.1 Clasificación de los métodos	21
2.3 Estado del arte del rugosímetro MERLIN	22
2.4 Metodología para la determinación de la rugosidad	25
2.4.1 Fundamentos teóricos	25
2.4.2 Correlaciones D versus IRI	26
2.5 Método de medición	28
2.5.1 El rugosímetro MERLIN	28

2.5.2	Ejecución de ensayos	30
2.6	Método para el cálculo de la rugosidad	32
2.6.1	Cálculo del Rango "D"	32
2.6.2	Factor de corrección para el ajuste de "D"	35
2.6.3	Variación de relación de brazos	36
2.6.4	Cálculo del Rango "D" corregido	36
2.6.5	Determinación de la rugosidad en la escala del IRI	36
2.7	Límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos	37
2.8	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	37
CAPÍTULO 3.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 94+000 – KM 99+000		
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA		39
3.1	Recopilación de datos.	39
3.2	Procesamiento de datos.	40
CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS		43
4.1	Interpretación del IRI	43
4.2	Interacción con otros tramos.	43
4.3	Análisis de valores IRI encontrados	44
CONCLUSIONES		46
RECOMENDACIONES		47
BIBLIOGRAFÍA		48
ANEXOS		49
ANEXO N° 1	Relación de proyectos de rugosidad evaluada con MERLIN	50
ANEXO N° 2	Datos de IRI's tomados por la UNI jun-09 a jul-09	56
ANEXO N°3	Estudio de tráfico	59
ANEXO N°4	Panel fotográfico	63

RESUMEN

El tramo en estudio cuenta con una estructura de pavimento que consiste en una base de material de afirmado con un espesor de entre 8 a 11cm. sobre la subrasante, sobre ésta existe una capa que se estabiliza con solución básica de emulsión asfáltica de espesor 5cm, y protegida con un recubrimiento bituminoso llamado Tratamiento Superficial Monocapa de aproximadamente 1cm. Además la región presenta una topografía ondulada a media ladera, la cual se encuentra en la quebrada del río Cañete y posee un clima caluroso de temperaturas que van entre los 12° C a 27° C, donde podemos encontrar a Capillucas, centro poblado más cercano, ubicado en la progresiva Km 94+600.

Esta carretera es de bajo volumen de tráfico y se espera en los próximos años aumente el tránsito de vehículos y gracias a su estado de conservación, sea una alternativa a la Carretera Central, para esto el pavimento deberá estar en las mejores condiciones posibles para ser elegida por los usuarios en su trayecto entre Lima y Huancayo. Por eso es de vital importancia contar con data confiable que lleve a tomar decisiones correctas en el tiempo justo para su debido mantenimiento.

Ya que el valor de la rugosidad es un parámetro que cuantifica el grado de irregularidad longitudinal del pavimento, además de ser un parámetro de control, es parte de la data requerida en la evaluación económica para la rehabilitación y mantenimiento, por tal motivo el presente informe está dirigido a evaluar la rugosidad superficial del pavimento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca en su tramo del km 94+000 – km 99+000, mediante la medición de la rugosidad empleando el rugosímetro conocido como “MERLIN”, (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation).

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se tomará como parámetro para evaluar la rugosidad, el cual se analizará y comparará con tramos adyacentes para reconocer el confort y seguridad de esta vía.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1.01	Datos generales	10
Cuadro N° 1.02	Tipo de Suelo y Capacidad de Soporte	15
Cuadro N°1.03	Cambio de superficie de rodadura para los seis tramos de la carretera	17
Cuadro N°2.01	Rango de Serviciabilidad Presente versus Transitabilidad	38
Cuadro N°3.01	Datos de rugosidad con equipo MERLIN	39
Cuadro N°3.02	Histograma de los datos de rugosidad con equipo MERLIN	40
Cuadro N°3.03	Calibración del equipo MERLIN	41
Cuadro N°4.01	IRI tomado en para cada tramo estudiado. Realizado el 3-10-09	43
Cuadro N°4.02	IRI promedio tomado en para cada tramo estudiado, realizado por la UNI entre 27/06/2009 al 3/07/2009	44
Cuadro N°4.03	Cuadro estadísticos para cada tramo de tratamiento superficial	44
Cuadro N°4.04	Cuadro estadísticos para cada tramo de tratamiento superficial	45

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.02	Plano clave – corredor vial N° 13	11
Figura N°1.02	Perfil longitudinal – corredor vial N° 13	12
Figura N°1.03	Sección típica	18
Figura N°2.01	Escala de rugosidad para pavimentos (IRI),	20
Figura N°2.02	Operación del equipo MERLIN	24
Figura N°2.03	Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio	26
Figura N°2.04	Histograma de distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva	27
Figura N°2.05	Esquema del rugosímetro MERLIN	29
Figura N°2.06	Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio	31
Figura N°2.07	Formato para la recolección de datos	34
Figura N°3.01	Calibración del equipo MERLIN	42

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

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

INTRODUCCIÓN

La evaluación de pavimentos proporciona información que puede ser utilizada tanto en el diseño como en la gestión de la infraestructura, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. Permite también realizar inventarios del estado y la condición de la red vial, así como evaluar los costos adicionales en los cuales pueden incurrir los usuarios por el uso de la carretera.

Se reconocen dos tipos de evaluaciones, la evaluación estructural (relacionada con la capacidad que tiene el pavimento para soportar las cargas de los vehículos) y la evaluación funcional (relacionada directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía).

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

Adicionalmente, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

Por estas razones, el objetivo de este informe es evaluar la rugosidad superficial del pavimento tomado con el equipo MERLIN dentro de su periodo de servicio o de la vida útil de la carretera, la cual permita definir las acciones de conservación o rehabilitación necesaria en el momento pertinente.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se tomará como parámetro para evaluar la rugosidad, el cual reflejará el confort y seguridad de los usuarios de esta vía.

Por la gran exactitud de los resultados que proporciona el MERLIN, sólo superada por el método topográfico, además de su bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables, han hecho de éste una

herramienta a tomarse en cuenta para la evaluación de la rugosidad en este tipo de vías bastante sinuosas, donde otros métodos tipo respuesta no pueden alcanzar su máxima efectividad.

Además se procesa la información de campo, donde se calcula el valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y se analiza estos valores, recogidos en la carretera comparándolos con tramos similares al escogido. Todo esto contribuirá a mejorar la información relativa a la vía, creando una base de datos de rugosidad de la superficie de ésta en distintos momentos.

En el capítulo uno veremos los antecedentes de la carretera así como el estado actual de la misma, y todos los datos que son relevantes para tener una visión general del tramo evaluado. En el siguiente capítulo encontraremos el marco teórico que nos ayudara a tener un sustento para los objetivos planteados. En los dos últimos capítulos se presentan los datos obtenidos en el campo, así como el procesamiento de la información para luego concluir con el análisis de los resultados de los IRI's encontrados.

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La carretera de penetración y enlace entre Cañete – Yauyos - Chupaca, fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930.

Durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944, se avanzaron los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, quedando postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos-Chupaca.

En febrero de 1957 se reiniciaron los trabajos de la carretera desde Parachaca hasta Alis terminándose los trabajos de la carretera en mayo de 1957.

El estudio definitivo de la carretera lo elaboró el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 mediante contrato con PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas). A partir del año 2004 se empezó la elaboración del estudio del Perfil de la carretera Lunahuana-Yauyos-Chupaca.

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, perteneciente a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, creado mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificado por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02. Este programa de infraestructura vial fue diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido, con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, y a su vez servir de liberación y descongestionamiento de la carretera Central, ya que es una ruta alterna de Lima hacia el centro del país.

El 27 de diciembre de 2007 se realizó la firma del Contrato N°288-2007-MTC/20, con el CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, por un monto total del contrato de S/.131'589,139.31 y con un plazo de contrato de 5 años. El Consorcio Gestión de Carreteras está conformado por la Cía. ICCGSA (Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.), Corporación Mayo SAC y Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L.

Cuadro N°1.01 Datos generales

CORREDOR VIAL	
CAÑETE – LUNAHUANA – PACARAN – DV. YAUYOS – RONCHAS - CHUPACA	
Carretera	: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca
Longitud Total del Tramo	: 271.73 Kms.
Contrato De Servicios	: N° 288-2007-MTC/20.
Contratista - Conservador	: CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS (ICCGSA, CORPORACION MAYO S.A.C, Empresa de Mantenimiento Vial la Marginal SRL)
Valor Referencial	: S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato	: S/. 131'589,139.71
Adelanto De Contrato	: S/. 39'476,741.91 (30 % del monto del contrato)
Periodo De Contrato	: 05 AÑOS
Inicio De Contrato	: 01. FEBRERO. 2008

Fuente: MTC - Provias Nacional- Proyecto Perú – Unidad Zonal Lima

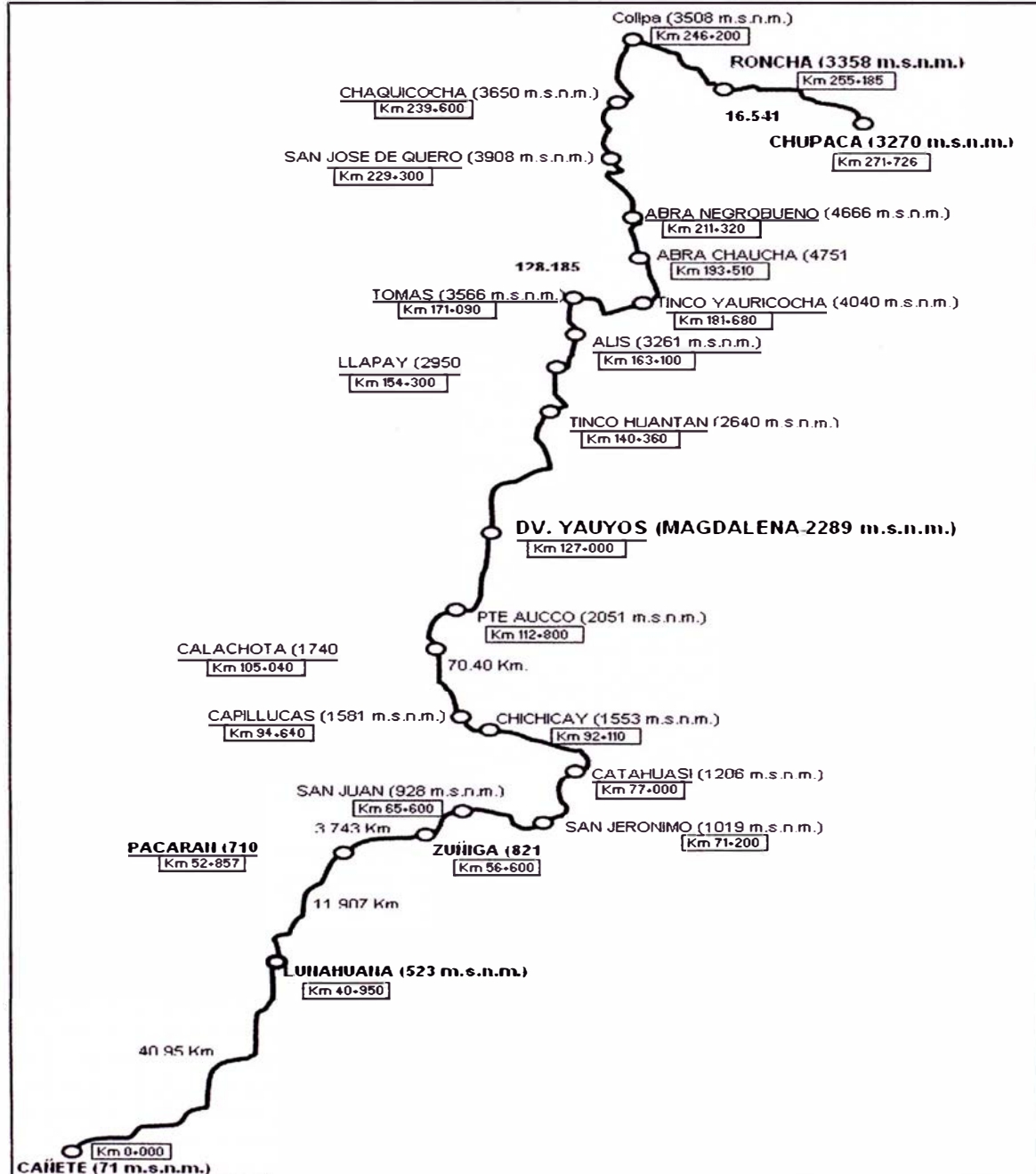
1.2 Ubicación

La vía de penetración Cañete-Chupaca, se encuentra ubicada en las Provincias de Cañete y Yauyos, en el departamento de Lima, y Concepción, en el departamento de Junín y comprende los distritos de San Vicente, San Luis, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuaná, Zúñiga, Chocos, Ayauca, Cacara, Catahuasi, Putinza, Yauyos, Colonia, Carania, Huantan, Laraos, Miraflores, Alis, Vitis, Tomas, Yanacancha, Ahuac, Huachac, Chupaca, Huamancaca Chico, Chambaza, Chambaza, San José de Quero, Sincos, El Tambo, Huancayo, San Agustín, Sicaya, Pilcomayo.

En la zona de Lima se inicia con Lunahuaná (Km 40 + 750), Pacarán (Km. 51+500), Zúñiga (Km 58 + 000), Catahuasi (Km 78 + 000), Canchán (Km 82 + 500), Capillucas (Km 94 + 600), Calachota (Km 104 + 900), Magdalena (134 + 500), Llapay (Km 152 + 500), Alis (Km 161 + 000), Tomas (Km 169 + 200), y en la zona del departamento Junín tenemos los poblados de Chaquicocha (Km 224 + 000), Ronchas (Km. 215+00), Chupaca (Km 251 + 000) y Pilcomayo (Km 258 + 000). La longitud total de esta carretera es de 217.608 Km. Las coordenadas Geográficas de

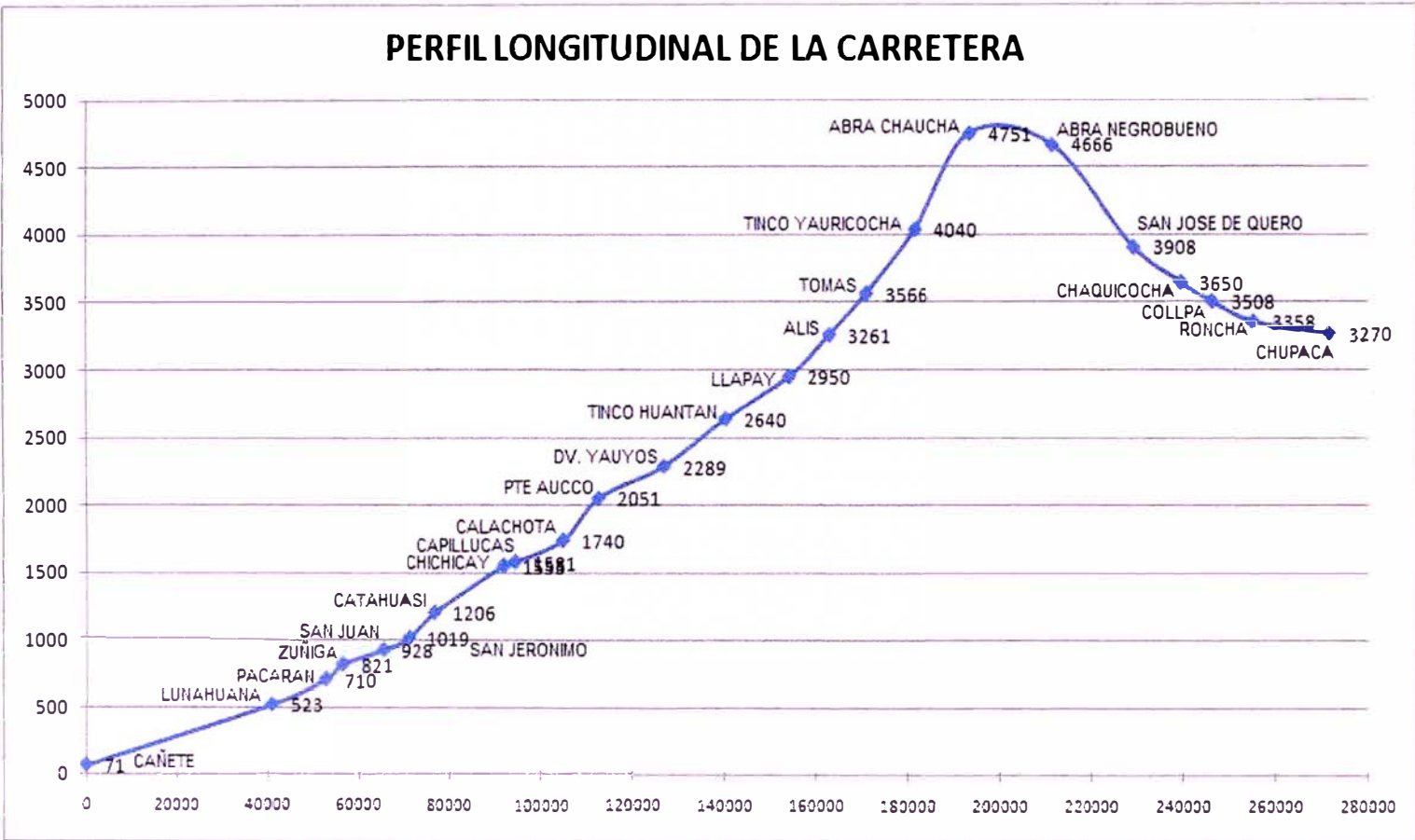
Lunahuaná son: Latitud 13°00' y Longitud 76°10', y las de Huancayo son: Latitud 12°03' y longitud 75°15'.

Figura N° 1.02 Plano clave – corredor vial N° 13



Fuente: Tesis UNI-FIC, Percy Poma Salazar.

Figura No 1.02 Perfil longitudinal – corredor vial No 13



Fuente: Tesis UNI-FIC, Jorge Contreras Saúne - 2001

1.3 Clima y topografía

El tratamiento de la carretera a cambio estándar se inicia en el Km 42 + 480, finalizando en el Km 260 + 088, con cotas de rasantes que fluctúan desde 521.15 m.s.n.m. (Km 42 + 480) y 3,196.21 m.s.n.m. (Km 260 + 500) pasando por una cota máxima de 4,643.12 m.s.n.m. (Km 196 + 240).

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo.

Continúa “la quebrada” que se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, resacas y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura por falta de agua. Esta área corresponde a la región Yunga (500 msnm - 2300 msnm).

Las localidades que se encuentran con esta configuración son: Zúñiga (821 msnm) en el km 56+600, Catahuasi (1206 msnm) en el km 77+000, Capillucas (1581 msnm) en el km 94+640, Calachota (1740 msnm) en el km 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2289 msnm) en el km 127+000.

Continúa la vía por la región **Quechua** (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive interrumpidas por lomas.

Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores.

Localidades ubicadas en esta región son: Tinco Huantan (2640 msnm) en el km 140+360, Llapay (2950 msnm) en el km 154+300, y Alis (3261 msnm) en el km 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Ronchas (3358 msnm) en el km 255+185.

Se continúa ascendiendo llegando a la región **Suni o Jalca** (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados, peñoleras y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, por el contrario, se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos,

erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado.

La localidad llamada Tomas (km 171+090) se ubicada en esta región. Se encuentra a 3566 msnm. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

La carretera atraviesa también la región **Puna**, que comprende alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y hendiendo las cordilleras para dar paso a las abras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación.

En esta región ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320.

Como se ha visto, el área comprometida en el proyecto se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su "Geografía del Perú"). A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

Yunga Marítima: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

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

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

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

1.4 Capacidad de Soporte de los Suelos

El Consorcio Gestión de Carreteras (CGC) obtuvo varias muestras suficientes para efectuar los ensayos de laboratorio correspondientes a CBR (ASTM D 1883), conforme a las características de los suelos descritos anteriormente; en el Cuadro N° 1.02 se observa el resumen de los resultados obtenidos por el CGC en el tramo de la carretera a evaluar (Km. 54+000 – Km. 104+000) por el curso de titulación:

Cuadro N° 1.02 Tipo de Suelo y Capacidad de Soporte

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2.5mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
Km. 57+450 / M-1	0,0 – 0,3	GC-GM	A-1-b(0)	24
Km. 61+650 / M-1	0,0 – 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	20
Km. 65+700 / M-2	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	19
Km. 69+700 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	20
Km. 71+700 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
Km. 75+700 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	21
Km. 77+800 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
Km. 81+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
Km. 85+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	23
Km. 89+600 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-6(2)	7
Km. 90+700 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-6(2)	6,9
Km. 94+600 / M-1	0,0 - 1,0	GC-GM	A-1-a(0)	19
Km. 98+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	19
Km. 100+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	21
Km. 104+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	20

Fuente: MTC, Provias Nacional, Proyecto Perú, Memoria CGC

1.5 Estado situacional

El proyecto de La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, el cual aspira 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 (3) años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al contratista.

Bajo este sistema se desarrollará una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Es un cambio del concepto tradicional de trabajo, de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe, haciendo prevalecer de esta manera en las instituciones las acciones preventivas frente a las acciones correctivas.

Debido a que en el país se tiene escasa experiencia con este tipo de soluciones, la construcción o conformación del pavimento (que se definió en el estudio), y la medición de su permanencia y serviciabilidad en el tiempo, permitirá reformular las políticas de mantenimiento vial, y analizar el real beneficio/costo que significará su aplicación, de tal forma que permitan obtener caminos con mayor permanencia bajo las severas condiciones climáticas de nuestro país.

Para tal efecto se han realizado los estudios correspondientes a los suelos y materiales de construcción, así como la medición del tráfico circulante (ver Anexo 3). Además se ha efectuado un análisis especial a los materiales de cantera que se emplearán en los diseños de las alternativas de tratamiento o estabilización de suelos, hecho por CGC.

Cuadro N° 1.03 Cambio de superficie de rodadura para los seis tramos de la carretera

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes)	Tipo de Superficie de rodadura (Después)	Longitud Km
Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	Slurry Seal	3.743
Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	Monocapa	70.4
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	Monocapa (33 Km) Afirmado (95.185 Km)	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	Afirmado	16.541
Total				271.73

Fuente: Clases de Titulación 2009 – Ing. Edwin Apolinario M.

1.6 Tramo evaluado Km 94+000 – Km 99+000

1.6.1 Clima

Su clima es caluroso en el día, su temperatura varía entre 20°C y 27°C; las noches son frescas a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas su temperatura varía entre 12°C y 19°C.

1.6.2 Topografía

Su topografía es ondulada a media ladera. Presenta una plataforma con una calzada con un solo carril y tiene un ancho útil que varía de 5 a 7.5m.

1.6.3 Geología

La carretera se encuentra en la quebrada del río cañete, conformado por material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

1.6.4 Composición de los suelos de fundación

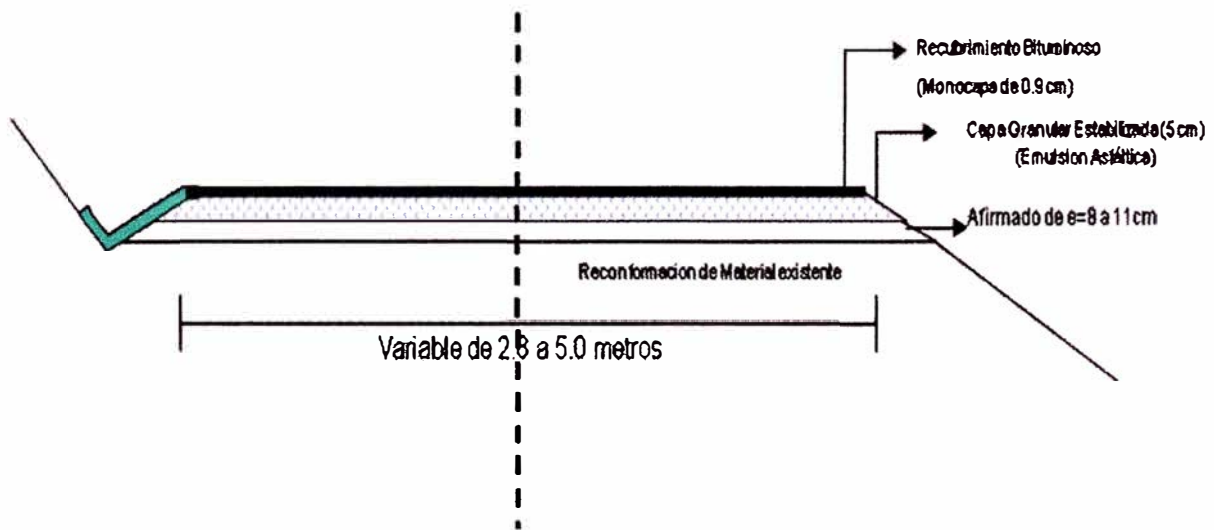
Los materiales de fundación del tramo en estudio se clasifican el Sistema SUCS como SC-SM (Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla y Arenas limosas, mezclas de arena y limo) y en el sistema AASHTO varía entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma sub angular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%)

1.6.5 Solución aplicada en la actualidad

La propuesta del contratista para el tramo en estudio consistió en un cambio de estándar de afirmado a un tratamiento monocapa sobre una superficie tratada (afirmado + emulsión) que por sí ya contiene material bituminoso lo cual le brinda impermeabilización y se coloca para recubrir la estructura del pavimento, que consiste en:

- Plataforma de cimentación con material existente
- Sub-base: capa granular con material de cantera (25-35 cm)
- Base: capa granular (5-6.5cm)
- Recubrimiento Bituminoso "Monocapa" (1cm)

Figura N°1.03 Sección típica



Fuente: Clases de Titulación 2009 – Ing. Edwin Apolinario M

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1 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 el referente más usado.

2.1.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

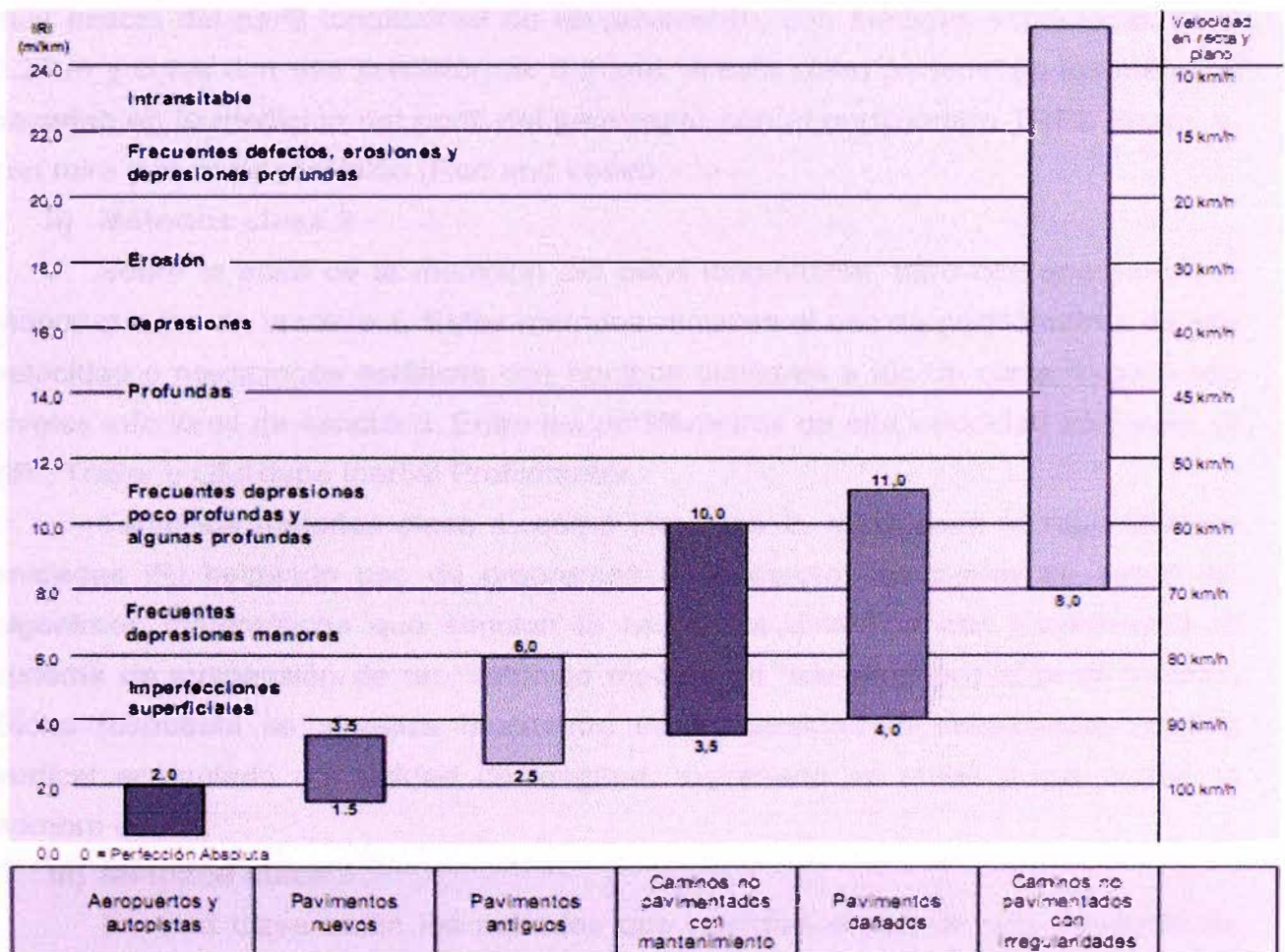
En la década de los 70's, el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser comparados. Aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

Con el objetivo de unificar los parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto, se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial denominado Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index). “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en

un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadora (RARS80, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”.

En términos más sencillos, el IRI es un modelo matemático, el cual calcula el movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo de pasajero típico, al recorrer una superficie del camino a una velocidad de 80 km/h.

Figura N°2.01 Escala de rugosidad para pavimentos (IRI),



Fuente: MTC Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

2.2 Métodos para la medición de la rugosidad

2.2.1 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).

i) 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).

ii) Métodos clase 2

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 GMRtype 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.

iii) 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 tráiler 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.

iv) 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 está calibrado cae dentro la categoría de clase 4.

2.3 Estado del arte del rugosímetro MERLIN

El MERLIN, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, es un equipo utilizado para la medición de la rugosidad de los pavimentos, desarrollado durante la década de los 80's 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-Huánuco, parte de una vía de integración regional de gran importancia en el Perú. En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro, y sobre tramos con tratamiento superficial bi-capa.

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

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

Figura N°2.02 Operación del equipo MERLIN



Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca 3-10-09

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 de factor de 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.

2.4 Metodología para la determinación de la rugosidad

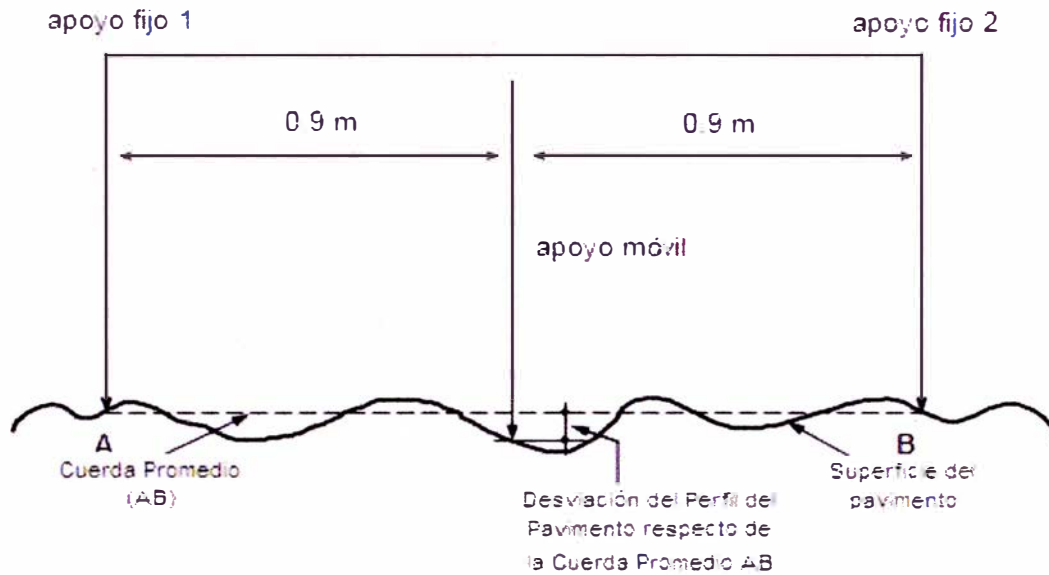
2.4.1 Fundamentos teóricos

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° 2.03 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°2.04). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.

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, los que son analizados en la referencia.

Figura N°2.03 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio



Fuente: "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 1999 – Ing. Pablo del Águila

2.4.2 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)

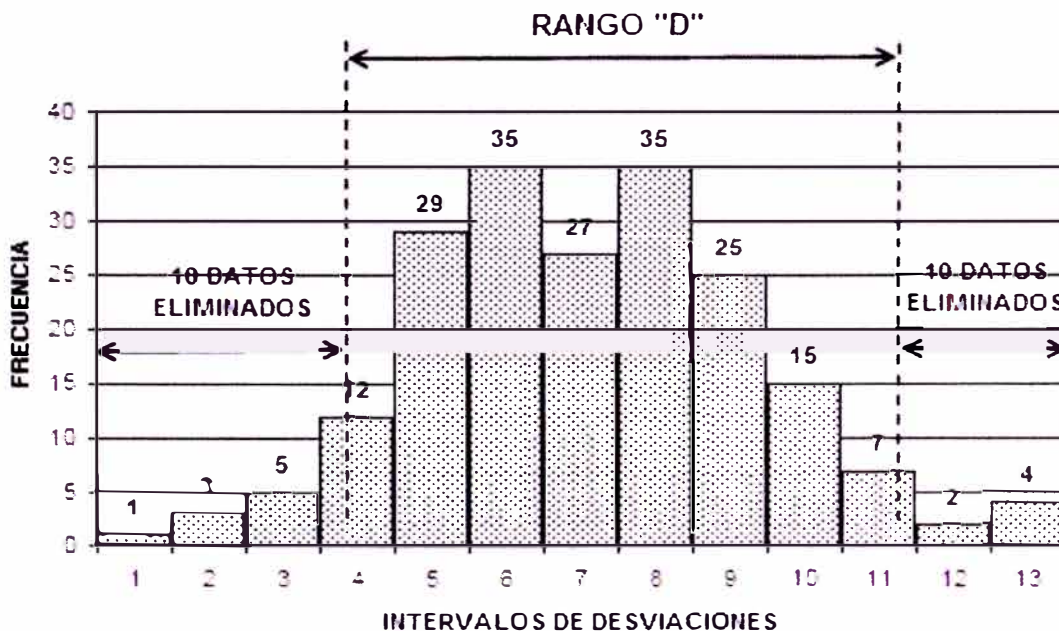
La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, 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 que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados al ser evaluados más de 3,000km de pavimentos (ver datos anexo 1). 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 el MERLIN.

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

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

Figura N°2.04 Histograma de distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva



Fuente: "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 1999 – Ing. Pablo del Águila

2.5 Método de medición

2.5.1 El rugosímetro MERLIN

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por iniciativa del Ingeniero Pablo del Águila en 1993, existiendo en la fecha (Junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

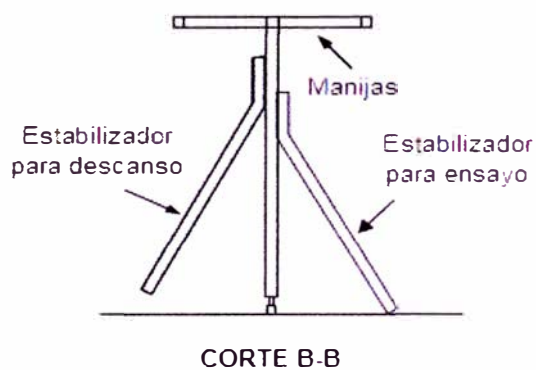
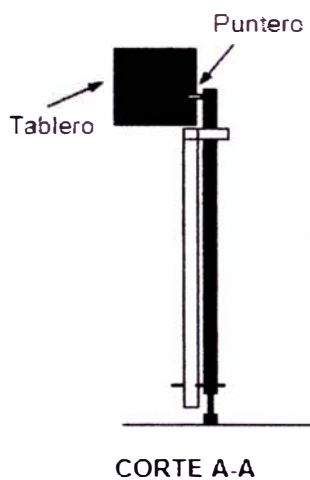
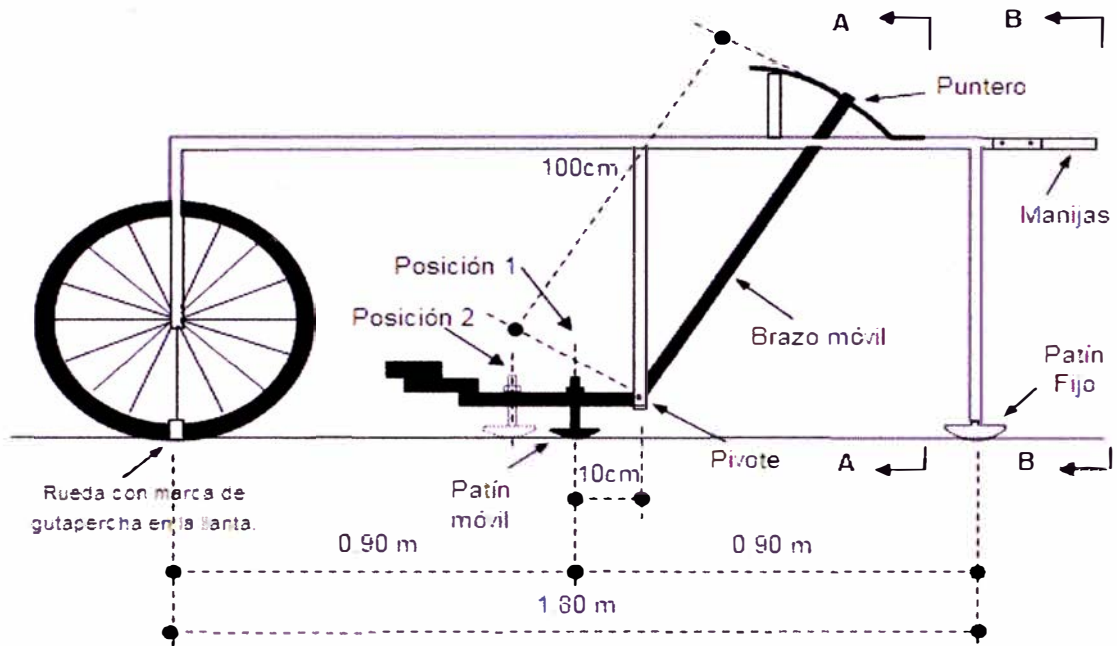
De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la clase 1. Los métodos clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos clase 4 permiten obtener resultados referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La Figura N° 2.05 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con dos manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

Figura N°2.05 Esquema del rugosímetro MERLIN



Fuente: "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 1999 – Ing. Pablo del Águila

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cual se desliza el puntero (Ver Figura N° 2.06).

2.5.2 Ejecución de ensayos

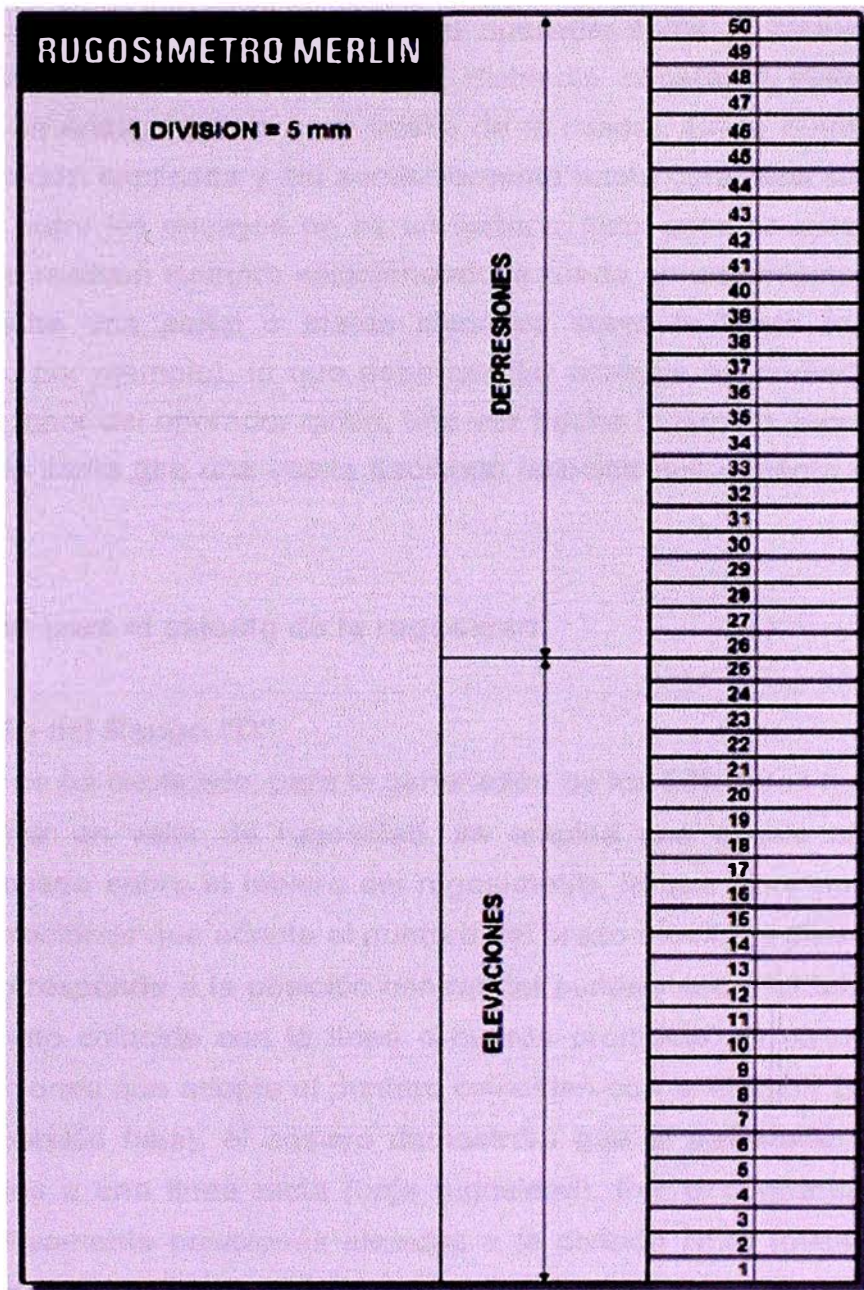
Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones 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 Figura N° 2.07. 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.

Figura N°2.06 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio



Fuente: "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 1999 – Ing. Pablo del Águila

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

2.6 Método para el cálculo de la rugosidad

2.6.1 Cálculo del Rango “D”

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

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la

distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 2.04).

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°2.04 , por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0.92$. Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0.43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0.92+6+0.43=7.35$ unidades.

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

Figura N°2.07 Formato para la 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											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

TIPO DE PAVIMENTO :

- ASFALTO
- BASE GRADEADA
- BASE SUPERADA
- TRAT. DE APA
- CANCHA EN FMO
- CANCHA EN CALIENTE
- REDANCO ASFALTICO
- SOLO
- OTROS

OBSERVACIONES : _____

Fuente: "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 1999 – Ing. Pablo del Águila

2.6.2 Factor de corrección para el ajuste de “D”

Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10 (Ver Figura N° 2.04). 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:

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

2.6.3 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 2.04):

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

b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados.

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

2.6.4 Cálculo del Rango "D" corregido

El valor D calculado en la sección 2.6.1, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (FC=0.82666) definido en la sección 2.6.2 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1). El valor D corregido será $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38\text{mm}$. Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en "unidades MERLIN".

2.6.5 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 $IRI < 2.4$, se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a 1.47 m/km.

2.7 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:

$$IRI_c = IRI_p + 1.645s \quad (5)$$

Donde,

IRI_c : IRI característico

IRI_p : IRI promedio

s : 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.

Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2.0 m/km.
- Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2.5m/km
- Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 3.0m/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.

2.8 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

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,

CAPÍTULO 3.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 94+000 – KM 99+000 TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

3.1 Recopilación de datos.

De la visita efectuada en campo, se recopiló las mediciones de rugosidad con el rugosímetro MERLIN a relación de brazos de 1:10 con el modelo MK2. Esta base de datos se encuentra en el Anexo N°1 del presente informe.

Para esto se hizo una evaluación visual, para los cinco kilómetros en estudio, dando como resultado un subtramo característico entre las progresivas 97+800 al 98+200; para tomar datos en el carril derecho.

Cuadro N°3.01 Datos de rugosidad con equipo MERLIN

Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca Km 98+200 - Km 97+800										
Sección										
Carril / Huella		:Derecho								
Operador		Renato Olaya								
FECHA		: 03/10/2009								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
18	24	27	28	28	22	23	26	22	24	1
20	17	19	21	20	25	30	18	19	30	2
33	23	23	18	22	22	31	27	24	26	3
28	19	20	15	20	16	22	28	25	29	4
23	20	27	28	29	24	17	30	15	24	5
14	21	25	16	23	22	19	29	19	20	6
15	22	25	13	27	19	17	15	21	47	7
27	23	23	30	35	8	19	24	13	22	8
20	22	19	14	20	4	26	19	17	13	9
22	31	15	19	22	17	19	17	25	20	10
31	29	21	26	21	27	18	27	30	26	11
26	25	31	24	20	23	29	35	18	20	12
19	18	18	25	19	12	27	35	26	27	13
20	20	24	14	25	19	21	14	20	25	14
20	26	18	15	16	20	20	21	21	14	15
32	16	24	20	28	25	18	24	17	19	16
34	13	37	16	20	30	31	31	15	29	17
26	29	22	23	15	27	22	27	31	23	18
32	30	22	21	19	20	25	31	25	35	19
27	27	28	30	28	22	32	14	22	23	20
Pavimento: Tratamiento Superficial Monocapa										

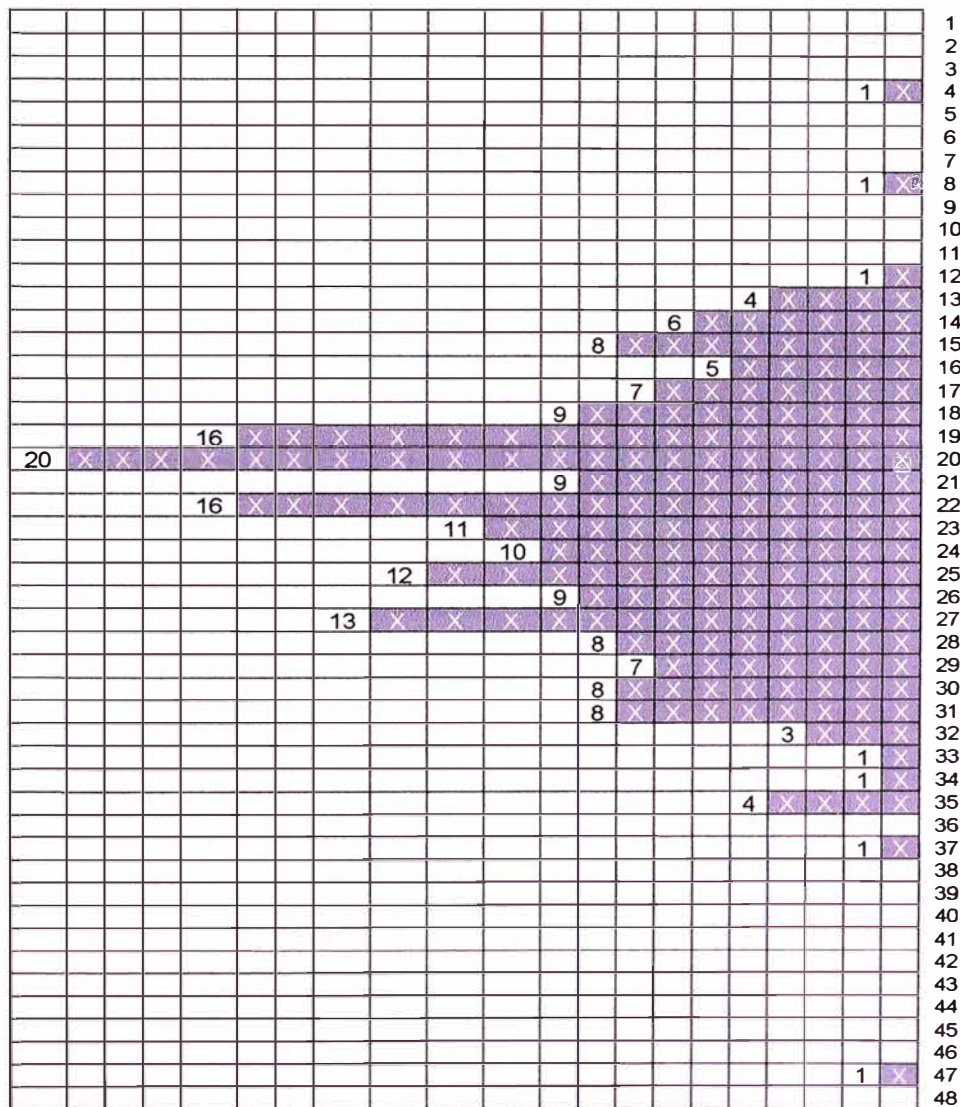
Fuente: elaboración propia

3.2 Procesamiento de datos.

El objetivo de este punto es evaluar la rugosidad del pavimento con el equipo MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), obteniendo una base de datos, que sea un punto de partida para el análisis real de la superficie del pavimento de la carretera Cañete Yauyos – Chupaca.

Paso 1.- Se realiza una distribución de frecuencias de las lecturas hechas en campo expresados en un histograma, mostrado a continuación:

Cuadro N°3.02 Histograma de los datos de rugosidad con equipo MERLIN



Fuente: elaboración propia

Paso 2.- Del histograma anterior se descarta los diez datos del extremo inferior de los intervalos 4, 8, 12, 13 y tres datos perteneciente al intervalo 14, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $3/6=0.5$.

Caso similar para el extremo superior eliminando los intervalos 47, 37, 35, 34, 33, y dos datos pertenecientes al intervalo 32, que resulta una unidad fraccionaria igual a $1/3=0.333$.

Se tiene en consecuencia un rango igual a $0.5+17+0.333 = 17.833$ unidades.

Por lo tanto $D = 17.833 \times 5\text{mm} = 89.17\text{mm}$

Paso 3.- Se busca el factor de corrección a través de la pastilla de 6mm de espesor, donde se hicieron tres mediciones, las cuales se presentan en el cuadro siguiente y según la fórmula (4) se halla el factor de corrección para cada lectura, luego se obtiene el FC promedio con los tres datos logrados.

Cuadro N°3.03 Calibración del equipo MERLIN

N° de prueba	Li	Lf	Δ lecturas	FC
1.0	25	37	12	1
2.0	23	35	12	1
3.0	24	36	12	1

Fuente: elaboración propia

Por tanto FC promedio =1

Y por tener una relación de brazos de 1:10 nuestro RB=1.

Por lo tanto el D corregido es de $89.17 \times 1 \times 1 = 89.17$

Esta calibración fue hecha el día tres de octubre del año en curso a horas 5:30 pm. Como muestra la figura siguiente.

Figura N°3.01 Calibración del equipo MERLIN



Fuente: elaboración propia

Paso 4.- Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a escalas del IRI, se usan las expresiones (1) y/o (2).

Con (1) nos da un valor de $IRI=4.79$ m/km

Con (2) nos da un valor de $IRI = 4.32$ m/km

CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interpretación del IRI

Según el capítulo anterior se encontraron dos valores de IRI para el tramo en estudio (Km 94+000 al Km 99+000). El primero es de 4.79 m/km realizado con la fórmula (1) y el segundo de 4.32 m/km. Ya que el resultado esperado está entre 2.4 m/km y 15.9 m/km, se toma como verdadera el valor de IRI igual a **4.79 m/km**.

4.2 Interacción con otros tramos.

De los cuarenta y cinco kilómetros evaluados el día tres de octubre del 2009 en la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, se presentan en las tablas siguientes los resultados obtenidos; además de los datos de IRI obtenidos para el carril derecho, obtenidos por la Universidad Nacional de Ingeniería en el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el proyecto especial de infraestructura de transporte nacional - Provias Nacional y la UNI – FIC, hecho entre el 23 de junio al 9 de julio del año en curso los cuales han sido ya resumidos y procesados en las tablas siguientes:

Cuadro N°4.01 IRI tomado en para cada tramo estudiado. Realizado el 3-10-09

Progresiva de inicio	Progresiva final	Tratamiento Superficial	IRI (m/Km)	PSI
59+000	64+000	Slurry seal	3.81	2.5
64+000	69+000	Slurry seal	3.77	2.52
69+000	74+000	Slurry seal	3.16	2.81
74+000	79+000	Slurry seal	4.17	2.34
79+000	84+000	TSM	3.94	2.44
84+000	89+000	TSM	4.93	2.04
89+000	94+000	TSM	4.30	2.29
94+000	99+000	TSM	4.79	2.09
99+000	104+000	TSM	6.48	1.54

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca 3-10-09

Cuadro N°4.02 IRI promedio tomado en para cada tramo estudiado, realizado por la UNI entre 27/06/2009 al 3/07/2009

Progresiva de inicio	Progresiva final	Tratamiento Superficial	IRI prom (m/Km)	PSI
59+000	64+000	Slurry seal	3.81	2.43
64+000	69+000	Slurry seal	3.10	2.85
69+000	74+000	Slurry seal	3.53	2.61
74+000	79+000	Slurry seal	3.32	2.73
79+000	84+000	TSM	4.44	2.23
84+000	89+000	TSM	4.16	2.35
89+000	94+000	TSM	3.93	2.45
94+000	99+000	TSM	4.38	2.25
99+000	104+000	TSM	4.80	2.09

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca

4.3 Análisis de valores IRI encontrados

Para los tramos de tratamiento con Slurry Seal se observa que los valores del IRIc han disminuido entre las tomas realizadas dentro del lapso de 3 meses de diferencia, al igual que el PSI.

Cuadro N°4.03 Cuadro estadísticos para cada tramo de tratamiento superficial

TRATAMIENTO SUPERFICIAL	TRAMO	MÁX	MÍN	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	IRIc.
SLURRY SEAL	59+000 - 79+000	4.17	3.16	3.44	0.30	8.80	3.93
TSM	79+000 - 104+000	6.48	3.94	4.89	0.97	19.91	6.5

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca 3-10-09

Cuadro N°4.04 Cuadro estadísticos para cada tramo de tratamiento superficial

TRATAMIENTO SUPERFICIAL	TRAMO	MÁX	MÍN	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	IRIc.
SLURRY SEAL	59+000 - 79+000	3.96	3.10	3.48	0.37	10.54	4.1
TSM	79+000 - 104+000	4.8	3.93	3.34	0.33	7.50	4.9

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca por parte de la UNI entre junio y julio del 2009

El IRI característico de la zona tratada con Slurry Seal es menor que en el tramo donde se ha utilizado el Tratamiento Superficial con Monocapa para cualquier momento de toma de datos.

El IRIc después de tres meses ha aumentado para los dos casos diferentes de tratamiento superficial de solución básica para esta carretera.

El PSI en general está entre los valores de 2 a 3, solo el valor del tramo de la progresiva Km.99+000 al Km.104+000 escapa de esta característica,

CONCLUSIONES

- El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) actual en el tramo en estudio es de 4.79 m/km, el cual nos orienta a decir que este es un “camino no pavimentado con mantenimiento y con imperfecciones superficiales”.
- Los tramos entre el Km 79+000 al Km 106+000 tienen un Tratamiento Superficial Monocapa (TSM), poseen un IRI que se encuentra entre 3.9 a 6.5m/km, por lo tanto también califican entre los “caminos no pavimentados con mantenimiento y con imperfecciones”, además el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) arroja un valor de 2.09, el cual califica al límite como de Transitabilidad “Regular”, faltándole muy poco para ser calificada como “Mala”.
- El comportamiento de la rugosidad en la capa de impermeabilización del pavimento con Slurry Seal se comporta mejor que con el Tratamiento Superficial Monocapa, ya que como se vio en el análisis de resultados este IRIc del tratamiento con Slurry Seal es menor que el encontrado en la zona de tratamiento con Monocapa.
- El bajo rendimiento del equipo MERLIN limita bastante la toma de datos que debió de ser más nutrida para obtener mejores resultados en el análisis del presente informe.

RECOMENDACIONES

- Dado el alto índice de rugosidad que presenta la vía, se recomienda hacer la toma de datos de los IRI's periódicamente para tener un mejor control, y decidir el momento exacto de un posible recapeo o mantenimiento del pavimento y así asegurar que el nivel de servicio de la carretera no decaiga.
- La carretera carece de un buen sistema de drenaje por lo que el agua de lluvias afectará al pavimento. Es recomendable hacer un muestreo de los valores IRI's en el mes de abril, luego de la temporada de lluvias, para analizar el deterioro de serviciabilidad de esta.
- Como se ve a través de los datos la capa de Slurry Seal está funcionando de mejor manera que la Monocapa; se debería pensar ya en uniformizar el tratamiento superficial con el Slurry Seal para todos sus tramos.
- Para tener una mejor confiabilidad en los resultados obtenidos, se recomienda pasar el equipo MERLIN hasta dos veces por el mismo ahuellamiento, una de ida y una de vuelta, además de definir cuatro sub-tramos característicos para cada cinco kilómetros y así hacer que la desviación estándar sea menor, y a su vez calibrar el equipo MERLIN con mira y nivel en uno de los sub-tramos característicos.

BIBLIOGRAFÍA

- CUNDILL, M.A. "The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine". Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne, 1991.
- CGC Consorcio y Gestión de Carreteras, "Estudio de tráfico", Junio del 2008
- CGC Consorcio Gestión de Carreteras, "Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica carretera: Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Dv. Yauyos - Ronchas – Chupaca tramo: Zúñiga - Dv. Yauyos – Ronchas"
- 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.
- 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.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF - MTC) - Dirección de Desarrollo Vial, "Estudio de Factibilidad: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos - Chupaca", Marzo 2005
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), "Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito" Vol. I, Lima, Perú, 2008.
- <http://www.camineros.com>
- <http://www.mtc.gob.pe>
- <http://www.proviasnac.gob.pe>

ANEXOS

ANEXO N° 1 Relación de proyectos de rugosidad evaluada con MERLIN

ANEXO N° 1.- 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-DESVIO TALARA	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
17	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PTE. SANTA - PACASMAYO	KM 445+087-KM 668+055	223	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	sep-94

ANEXO N° 1.- Relación de Proyectos de Rugosidad Evaluada con MERLIN

N°	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
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 SUPER F.BICAPA	Jan-95
25	NAZCA-ABANCAY-CUZCO	PUQUIO-CHALHUANCA	PUQUIO-DESVIO 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
37	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1196+000-KM 1224+000	28	TUMBES	CARPETA SELLO ASFALTICO	Aug-95

ANEXO Nº 1.- Relación de Proyectos de Rugosidad Evaluada con MERLIN

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
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	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	CATAC-HUARAZ	KM 0+000 - KM 35+000	35	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	sep-95
49	PATIVILCA-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
57	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 488+400-KM 508+700	20.3	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Dec-95

ANEXO Nº 1.- Relación de Proyectos de Rugosidad Evaluada con MERLIN

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
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

ANEXO N° 1.- Relación de Proyectos de Rugosidad Evaluada con MERLIN

N°	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-CHANCA Y	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-CHANCA Y	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
88	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 ASFALTICA NUEVA	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

ANEXO Nº 1.- Relación de Proyectos de Rugosidad Evaluada con MERLIN

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
89	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANTA-MAYOCC	HUANTA-MAYOCC		AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	oct-97
100	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-IMPERIAL	PAMPAS-IMPERIAL		HUANCAVELICA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	od-97
101	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	80	AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	od-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-DESAGUADERO	RIO SECO-GUAQUI	KM 0+612-KM 72+750	KM 0+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	VIA SUR	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° 2 Datos de IRI's tomados por la UNI jun-09 a jul-09



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 DEL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG.	PROG 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	2.30	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	2.37	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	Logaritmo (Km)	%
0 - 2.000	0.80	0.07
2.001 - 4.000	10.80	0.90
4.001 - 6.000	0.40	0.03
6.001 - 8.000	0.00	0.00
Total	12.00	1.00

ANEXO N° 2 Datos de IRI's tomados por la UNI jun-09 a jul-09



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 DE	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PRINC	PRINC 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

ACOMPANAMIENTO Y MONITOREO DE LOS TRABAJOS DE SERVICIO DE CONSERVACION VIAL POR NIVEL 1 DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL N° 13: CAÑETE - LUNA BLANCA - PACARAN - CI. UPACA (REHABILITACION DEL TRAZO ZUNIGA - DV YAUAYOS - RONCHAS)

INFORME TECNICO N° 03
3er TRIMESTRE 2009

ANEXO Nº 2 Datos de IRI's tomados por la UNI jun-09 a jul-09



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

PROMEDIO ARITMETICO

4.35

Rango IRI	Longitud (Kms.)	%
0 - 2.000	0.00	0.00
2.001 - 3.000	7.60	0.29
3.001 - 4.000	14.40	0.55
4 - 5.000	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

ANEXO N°3 Estudio de tráfico

REALIZADO POR: DGCF DIRECCIÓN DE DESARROLLO VIAL

Estudio de Factibilidad: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Lunahuana – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos - Chupaca”.

Tramo :Dv. Yauyos – Dv. Roncha (61+900 al Km. 269+630)

En este tramo se ubico la estación de control E-3, ubicado en a la entrada de Tomás, el resultado de los estudios se indican en los cuadros del anexo de tráfico.

Progresiva : 183+500
Duración : 7 días
Días : del 17 al 23 de marzo del 2005

Las labores de Conteo y clasificación en el campo se iniciaron el día JUEVES 17 y concluyeron el MIÉRCOLES 23 de MARZO de 2005, los trabajos se realizaron siete días consecutivos, clasificando los vehículos por sentido de tráfico según su tipo, las veinticuatro horas del día.

Auto movil	Auto movil	Camio neta	Micro	Omnibus		Camion				Semitraylers			TOTAL	
				2E	3E	2E - L	2E - P	3E	4E	2S2	2S3	>>3S3		
Dv. Yauyos - Chupaca	3	4	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	11
Chupaca - Dv. Yauyos	3	5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	10
Ambas	6	9	1	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	21
%	29	43	5	0	10	0	10	0	5	0	0	0	0	100

TRAFICO PROYECTADO

Carretera: Lunahuana - Pacarán - Zúñiga - Dv. Yauyos - Chupaca (R22)

TRAMOS	2005	2006	2007	2011	2016	2021	2026
Tramo 1: Lunahuana - Pacarán	323	329	335	359	394	432	476
Tramo 2: Pacarán - Zúñiga	266	271	276	297	326	359	397
Tramo 3: Zúñiga - Dv. Yauyos	35	36	37	40	45	51	58
Tramo 4: Dv. Yauyos - Dv. Roncha	21	21	22	23	25	28	31
Tramo 5: Dv. Roncha - Chupaca	344	350	357	384	423	466	515

ESTUDIO DE TRAFICO JUNIO DEL 2008 CGC CONSORCIO Y GESTIÓN DE CARRETERAS

VOLUMEN DIARIO CLASIFICADO – ESTACIÓN (E 4) ZUÑIGA-DV. YAUYOS—SAN JOSE DE QUERO (TRAFICO NORMAL DE LARGA DISTANCIA)

Tipo de Vehículo	Zuñiga-Dv. Yauyos-San José de Quero	San José de Quero-Dv, Yauyos-Zuñiga	Ambos	%
Auto	0	1	1	2%
Camioneta	10	10	20	38%
C.R.	2	2	4	8%
Micro	0	0	0	0%
Ómnibus 2	4	4	8	15%
Ómnibus +2	0	0	0	0%
Camión 2 Ejes	4	5	9	17%
Camión 3 Ejes	7	4	11	21%
Camión 4 Ejes	0	0	0	0%
Semitraylers	0	0	0	0%
Traylers	0	0	0	0%
TOTAL	27	26	53	100%
% sentido	51%	49%	100%	

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

Tramo	Cañete- Lunahuana	Lunahuana- Pacaran	Pacaran- Zuñiga	Zuñiga- Dv. Yauyos- San Jose de Quero	San Jose de Quero- Ronchas	Ronchas- Chupaca	Chichicay- Pueblo Nuevo	Pueblo Nuevo- San Juan	Chichicay- Capilluca
Tipo Vehículo	E1	E 2	E 3	E 4	E5	E6	E7	E 8	E 7A
VL (Auto+SW+Camioneta)	707	210	223	21	217	336	292	200	60
Camta Rural+Micro	220	132	122	4	42	38	129	122	26
Ómnibus	11	10	8	8	8	9	14	16	14
Camión Unitario (2,3,4 Ejes)	53	49	46	20	44	41	48	57	34
Camión Acoplado	19	16	19	0	36	30	86	66	98
IMDa (Veh/día)	1010	417	418	53	347	454	569	461	232

**VOLUMEN DIARIO CLASIFICADO – ESTACIÓN (E 8 a)
 TRAMO CHICHICAY-CAPILLUCA**

Tipo de Vehículo	Chichicay-Capilluco	Capilluca-Chichicay	Ambos	%
Auto	2	0	2	1%
Camioneta	29	29	58	25%
C.R.	9	9	18	8%
Micro	3	5	8	3%
Ómnibus 2	6	7	13	6%
Ómnibus +2	0	1	1	0%
Camión 2 Ejes	14	16	30	13%
Camión 3 Ejes	2	0	2	1%
Camión 4 Ejes	1	1	2	1%
Semitraylers	47	51	98	42%
Traylers	0	0	0	0%
TOTAL	113	119	232	100%
% sentido	49%	51%	100%	

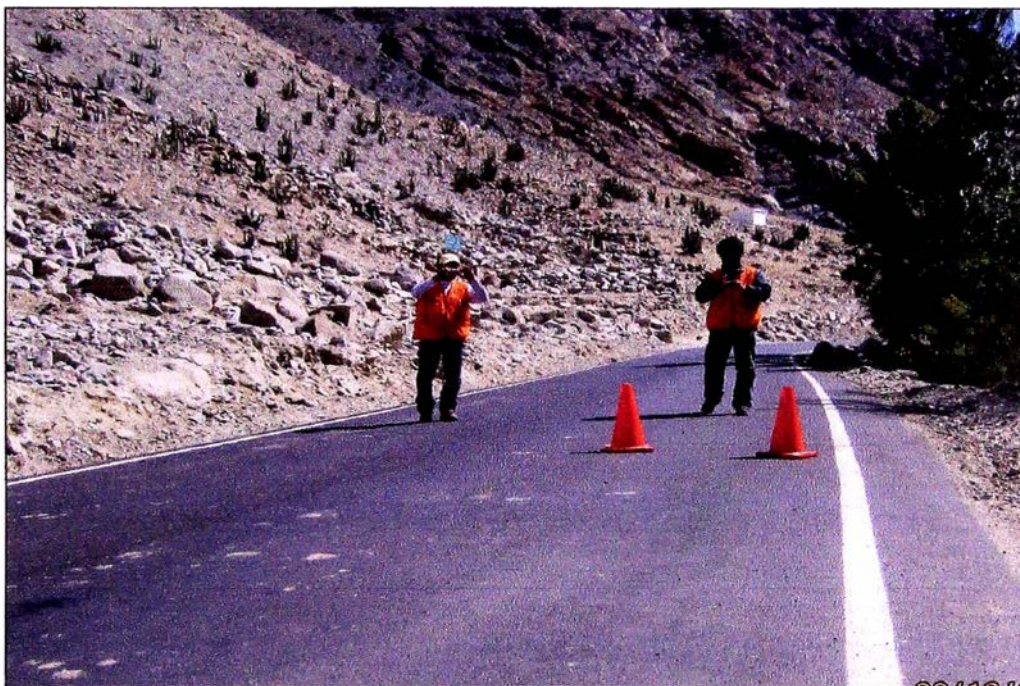
ANEXO N°4 Panel fotográfico



F1 REVISIÓN DEL EQUIPO MERLIN



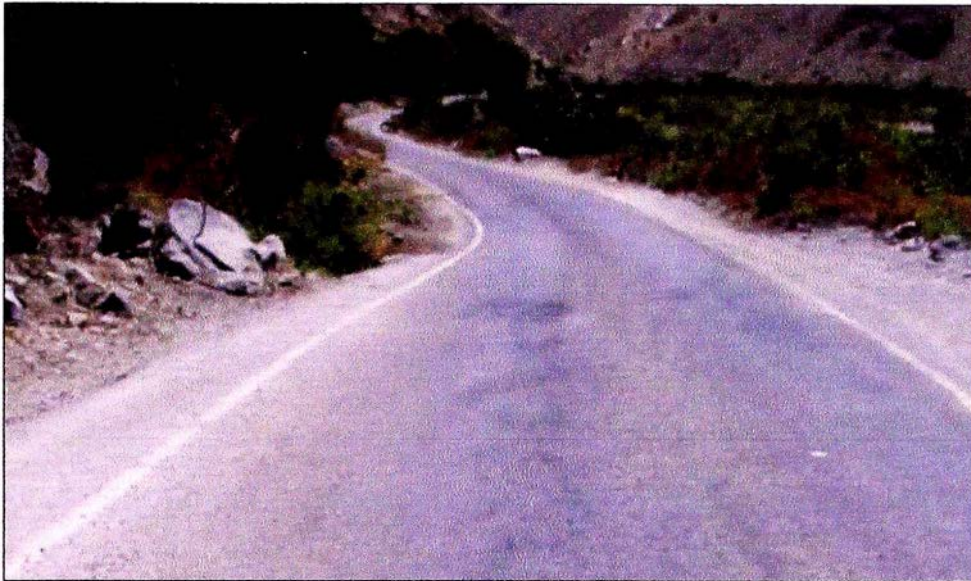
F2 TOMA DE DATOS EN CAMPO



F3 ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA TOMA DE DATOS



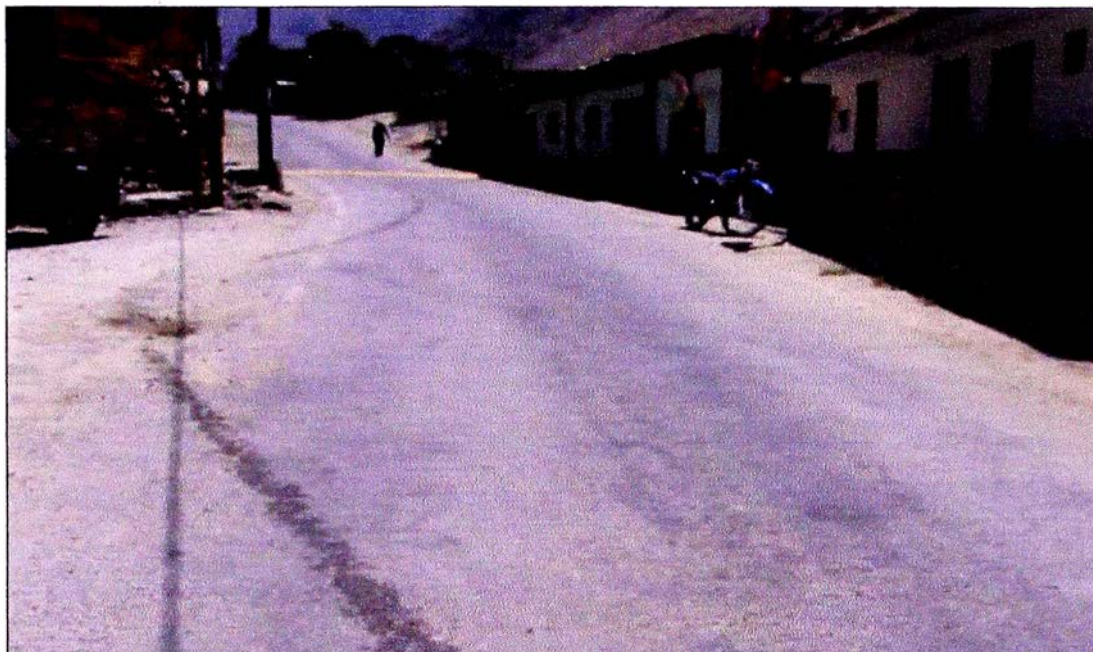
F4 EQUIPO DE TITULACIÓN 2009 – TOMA DE DATOS DE RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN CARRETERA CAÑETE-YAUUYOS-CHUPACA 03-10-09



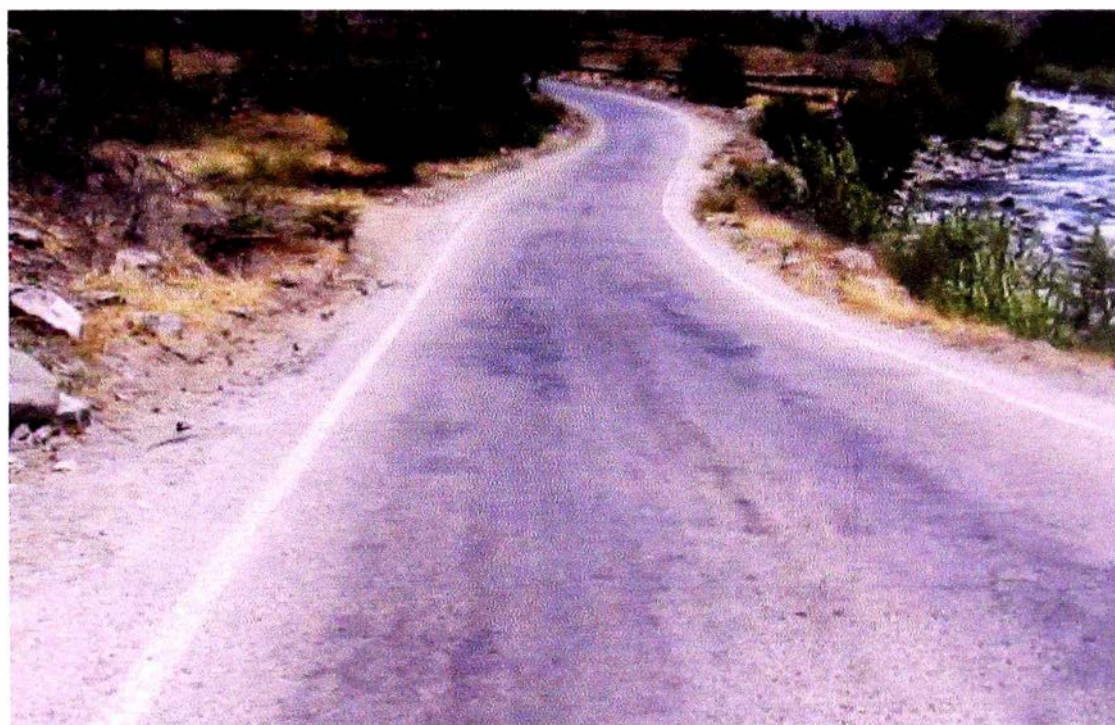
F5 TRAMO ONDULADO (KM 97+000)



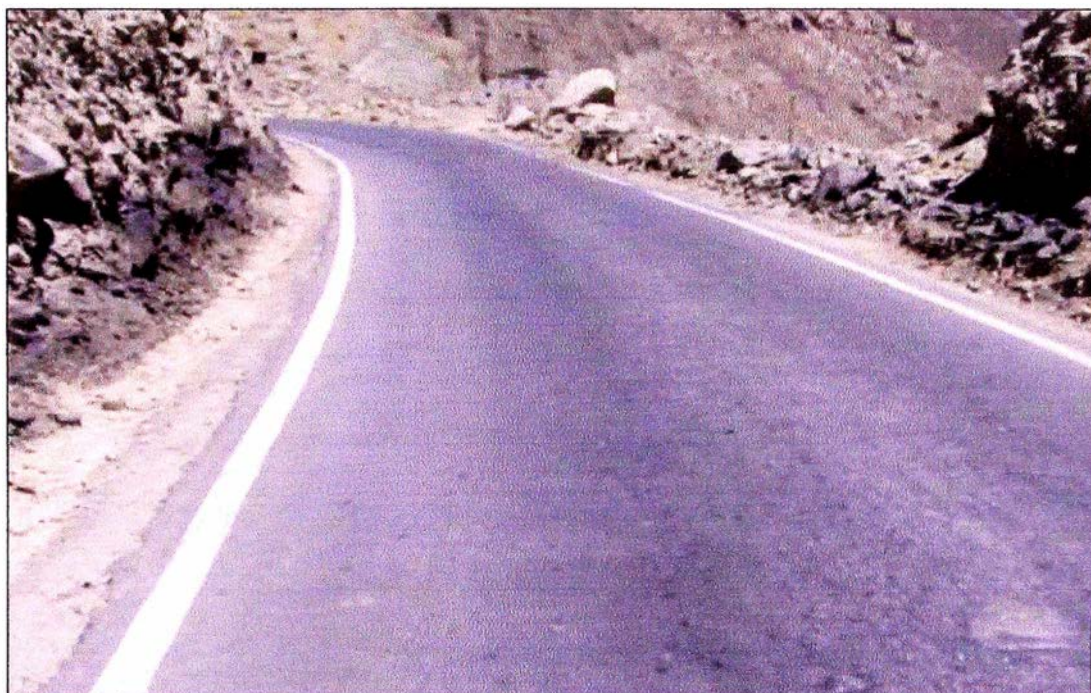
F6 COLORACIÓN DIFERENTE EN ZONA DE BACHEO



F7 CENTRO POBLADO "CAPILLUCAS" – PRESENCIA DE JIBAS



F8 VISTA DE CAÑETE A CHUPACA – RIO CAÑETE A LA MARGEN DERECHA



F9 PROGRESIVA KM 95+00 – FALTA DE CUNETAS EN SECCIÓN DE CORTE