

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



**RUGOSÍMETRO MERLIN EN LA
SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO**

**MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE-HUANCAYO Km. 106+000 AL Km. 108+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EINSTEIN FIDEL RODRÍGUEZ GÁLVEZ

Lima- Perú

2010

Mi proyecto va dedicado a Dios, por darme sabiduría y fortaleza de seguir adelante, así mismo a mis Padres y a toda mi familia por su apoyo moral y económico, en especial a las personas que más amo mi esposa y mi hijo.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”
Albert Einstein (1879-1955) Científico alemán nacionalizado estadounidense.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 UBICACIÓN	13
1.3 CARACTERÍSTICAS	16
1.4 ESTADO SITUACIONAL	18
1.5 TRAMO EVALUADO KM. 106+000 AL KM. 108+000	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1 ESTADO DEL ARTE	22
2.2 RUGOSIDAD	28
2.3 EQUIPO MERLIN	31
2.3.1 Detalles de equipo MERLIN	31
2.3.2 Rugosidad del Pavimento (D)	34
2.3.3 Correlaciones D vs. IRI	36
2.3.4 Factor de Corrección para el ajuste para D	37

CAPÍTULO III: APLICACIÓN TRAMO KM. 106+000 AL KM. 108+000	39
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	39
3.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)	42
3.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)	48
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
4.1 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)	49
4.2 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	55

RESUMEN

El presente estudio se encarga de realizar una evaluación de la serviciabilidad por medio de la rugosidad de la superficie del corredor vial Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca del Km. 106+000 al Km. 108+000, para determinar el índice de serviciabilidad presente y la evaluación de la rugosidad con el rugosímetro MERLIN en el marco del monitoreo de los trabajos de mantenimiento y conservación de carreteras, respecto al comportamiento en el tiempo de la superficie de rodadura, para el tramo ubicado en el poblado Calachota. Específicamente la evaluación de la rugosidad con equipo MERLIN se ha realizado en el subtramo ubicado entre las progresivas Km. 106+200 al Km.106+600 (400m.) y Km. 107+600 al Km.108+000 (400m.), dichos tramos se caracteriza por presentar anchos de plataforma que varían entre 3.0 a 5.0 m, encontrándose alcantarillas y un badén.

En el sector de la carretera donde se realizó la evaluación superficial presenta una base estabilizada con emulsión asfáltica espesor de 8cm a 15 cm sobre la subrasante, luego esta capa se protege con un recubrimiento bituminoso que es un tratamiento superficial monocapa. Es importante mencionar que el tramo evaluado al final entre las progresivas Km. 106+200 al Km.106+600 (400m.), se realizó sobre una superficie recubierta por Slurry Seal sobre monocapa.

Es importante que se realicen mediciones de rugosidad con el rugosímetro MERLIN debido a que es un método mundialmente aceptado y permitirá medir las condiciones de confort, seguridad vial y serviciabilidad; y su seguimiento durante toda la vida útil de la vía, más aun cuando no se tienen valores estándar de rugosidad para el tipo de solución básica que se viene implementando: colocación de un tratamiento superficial monocapa sobre una base estabilizada y slurry seal sobre la monocapa.

Para realizar este tipo de evaluación existen varios métodos con diversos grados de precisión; para este trabajo en particular se empleó el equipo MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation) el cual es un mecanismo de fácil manejo y bajo costo, introducido al Perú en el año 1993 por el Ing. Pablo del Aguila.

Para realizar la evaluación es necesario conocer la “Rugosidad” de la vía, siendo esta un parámetro que cuantifica el grado de irregularidad longitudinal de una carretera.

Para poder cuantificar la Rugosidad fue necesario valerse de un parámetro confiable llamado IRI (International Roughness Index), en español Índice de Rugosidad Internacional, el cual es un índice estándar para expresar la medida de rugosidad de la superficie de los pavimentos.

Se realizó una inspección del área de trabajo para poder sectorizar en tramos homogéneos así como también un estudio previo del método, solo así se puede realizar una adecuada toma de datos.

El valor del Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c) obtenido en el presente informe es de 5.08 m./Km. y un valor del Índice de Serviciabilidad Presente Promedio del Pavimento (PSI) de 2.38 que corresponde a una Transitabilidad Regular.

Se recomienda realizar una medición periódica de la rugosidad con el rugosímetro MERLIN para así obtener una data histórica y realizar su seguimiento durante toda la vida útil del tramo en estudio.

Se pudo concluir que el equipo MERLIN es adecuado para evaluar la rugosidad de esta carretera ya que es de bajo costo, es sencillo de utilizar y tiene una buena precisión.

Para obtener resultados de mayor confianza es recomendable realizar al menos dos mediciones en ambos sentidos.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.01	Situación Actual de los Tramos a Enero del 2010	19
Cuadro 2.01	Condición Funcional del Pavimento según el PSI	25
Cuadro 3.01	Datos de Campo Progresiva 108+000 al 107+600	43
Cuadro 3.02	Datos de Campo Progresiva 106+600 al 106+200	44
Cuadro 3.03	Datos para el Factor de corrección Rugosímetros MERLIN - UNI	45
Cuadro 3.04	Factor de Corrección para Cálculo de D Corregido	45
Cuadro 3.05	Histograma de Frecuencia de Datos de Rugosidad con el Equipo MERLIN Progresiva 108+000 al 107+600	46
Cuadro 3.06	Histograma de Frecuencia de Datos de Rugosidad con el Equipo MERLIN Progresiva 106+600 al 106+200	47
Cuadro 3.07	IRI Característico de los tramos	48
Cuadro 3.08	PSI Promedio de los tramos	48
Cuadro 4.01	IRI Característico de los tramos evaluados por el MTC	49
Cuadro 4.02	PSI Promedio de los tramos evaluados por el MTC	50

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01	Mapa de Ubicación de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional Transversal	13
Figura N° 1.02	Perfil longitudinal de la Carretera	14
Figura N° 1.03	Plano Clave de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con tramo en Evaluación	15
Figura N° 2.01	Escala estimativa de IRI para rutas asfálticas o con tratamiento superficial	30
Figura N° 2.02	Esquema del Rugosímetro MERLIN	32
Figura N° 2.03	Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto al nivel de referencia o cuerda	33
Figura N° 2.04	Medición de las desviaciones de la superficie del Pavimento respecto de la cuerda promedio	34
Figura N° 2.05	Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva	35
Figura N° 3.01	Zona de escurrimiento de Pavimento Sub Tramo 2	40
Figura N° 3.02	Colocación del marcador en el punto medio de las desviaciones	41

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASTHO	American Association of State Highway and Transportation Official
ASTM	American Society for Testing and Materials
BM	Banco Mundial
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BPN	British Pendulum Number
cm.	Centímetro
D	Rugosidad en unidades MERLIN
I.G.V.	Impuesto General a las Ventas
Ing°	Ingeniero
IRI	International Roughness Index
IRRE	International Road Roughness Experiment
Km.	Kilómetro
m.	Metro
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness using Low -cost Instrumentation
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel Medio del Mar
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PERT	Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes
PROMCEPRI	Comisión de Promoción de Concesiones Privadas
TRRL	Transport and Road Research Laboratory
PCI	Pavement Condition Index
PSI	Present Serviciability Index
RSP	Perfilómetro Superficial de Pavimentos
S.A.	Sociedad Anónima
S.A.C.	Sociedad Anónima Cerrada
SGP	Sistema de Gestión de Pavimentos
S.R.L.	Sociedad de Responsabilidad Limitada
SGP	Sistema de Gestión de Pavimentos
TSM	Tratamiento Superficial Monocapa
°C.	Grados Centígrados
x	Símbolo de Multiplicación
^	Símbolo exponencial

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país en vías de desarrollo, en los últimos años se vienen realizando trabajos de rehabilitación y mantenimiento de carreteras con un aumento de su infraestructura vial en forma considerable en la última década, con ello es posible darse cuenta que es sumamente importante llevar un continuo monitoreo de los trabajos realizados en su construcción y post construcción, uno de estas formas de evaluar la condición de un pavimento es la evaluación superficial la cual puede ser realizada en forma cuantitativa y cualitativa.

Para la realización del presente estudio se utilizó un equipo que permitirá obtener resultados seguros y confiables en la evaluación superficial de una manera sencilla, práctica y económica; este es el rugosímetro MERLIN.

Con este rugosímetro es posible cuantificar las distorsiones en la superficie de una carretera, lo cual reflejará su estado de conservación con la finalidad de determinar en que momentos se deberá realizar una intervención de mantenimiento y/o rehabilitación.

El objetivo general del presente estudio es evaluar la serviciabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca del Km. 106+000 al Km. 108+000 y así poder colaborar con la elaboración de un manual de medida de rugosidad para carreteras de este tipo de carretera consistente en un tratamiento superficial monocapa (RC-250 + gravilla 3/8") sobre una base estabilizada (5cm de espesor con emulsión asfáltica al 2%) y sobre Slurry Seal sobre monocapa.

Los objetivos específicos para poder alcanzar el objetivo general son:

- Obtener y procesar datos confiables obtenidos en el campo para poder realizar una correcta evaluación de la rugosidad.
- Determinar los valores IRI usando el rugosímetro MERLIN en los sub tramos elegidos.
- Calcular el índice de serviciabilidad de acuerdo al valor IRI obtenido.

El presente estudio consta de cuatro capítulos:

Capítulo I: Generalidades.- Este capítulo sirve como antecedente para tener conocimiento sobre las características y la situación actual de la Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca del Km. 106+000 al Km. 108+000 en el tramo analizado por el presente Curso de Titulación, además de indicar la identificación de los sub tramos asignados para evaluación de la serviciabilidad de la vía en el presente informe.

Capítulo II: Marco Teórico.- En este capítulo se desarrolla los fundamentos teóricos y/o conceptuales que se requieren para el desarrollo del presente Informe de Suficiencia y se describe el método a utilizar en la evaluación mediante una descripción detallada del equipo MERLIN, sus características, su evolución y su modo de empleo; también se definen los parámetros que servirán para evaluar la superficie como la Rugosidad y el Índice de Rugosidad Internacional y el Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento.

Capítulo III: Aplicación Tramo Km.106+000 al Km. 108+000. En este capítulo se presentan todos los procedimientos para obtener, como resultado de la evaluación realizada, el valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y del Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento (PSI).

Capítulo IV: Análisis de Resultados.- En este capítulo se analizan todos los resultados obtenidos como resultado de la evaluación realizada comparándola con los datos del MTC fecha 06/07/2009.

Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos respectivos.

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El corredor vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca, perteneciente a la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional Transversal, conocido también como Corredor Vial N° 13 y/o Ruta 22 de la Red Vial Nacional, con una longitud de 271.73 Km. se encuentra entre los departamentos de Lima y Junín, abarcando territorios de las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción y Chupaca.

Mediante la Ley de la Conscripción Vial Territorial del Perú N° 4113, decretada el 11 de mayo de 1920, esta fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930. Posteriormente, durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche se desarrolla la carretera desde Cañete hasta Yauyos. Los trabajos en ese tramo se iniciaron en el año 1940, inaugurándose en el año 1944. En el año 1954 debido a la dificultad del pase del cañón de Uchco (Km. 176+375) para los pueblos de Norte de Yauyos, a través del Ministerio de Fomento y Obras Públicas se retorna la construcción en el tramo faltante entre Yauyos y Tomas, culminándose esos trabajos en el año 1957.

Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación en esta vía estuvieron postergados durante mucho tiempo; presentándose problemas de transitabilidad y funcionalidad como vía alterna a la Carretera Central. En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León, (Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003) la elaboración del Estudio de Pre inversión a Nivel de Perfil de la Carretera, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 245.15 Km. de longitud. En el año 2005, PROVIAS NACIONAL – MTC realizó el Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera, enfatizando el tema de Diseño Vial con oficio N° 1411-2004-EF/68.01 se autoriza la elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera a cargo del Consultor AYESA - ALPHA CONSULT.

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

En el año 2007 la Carretera Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Zúñiga - Dv. Yauyos - Roncha - Chupaca se inserta en el "Proyecto Perú" que es un programa bajo responsabilidad de PROVIAS NACIONAL creado mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, el cual está diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal. Éste programa 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 años, que implican el concepto de "transferencia de riesgo" al Contratista.

Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2,007 celebrado con PROVIAS NACIONAL, el Consorcio Gestión de Carreteras (conformado por las empresas Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A. - Corporación Mayo S.A.C. - Empresa de Mantenimiento Vial la Marginal S.R.L.) asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Dv. Yauyos - Ronchas - Chupaca y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga - Dv. Yauyos - Ronchas a nivel de solución básica.

Debido a que la actual capacidad vehicular de la Carretera Central está siendo sobrepasada, esta carretera se proyecta como ruta alterna, con lo que se aligerará el tránsito vehicular y disminuirá el tiempo de viaje entre Lima (Cañete) y Huancayo, además de establecer la integración entre las localidades que atraviesa la carretera tales como: San Vicente de Cañete, Capillucas, Calachota, Tinco Huantán, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero, Collpa, Roncha y Chupaca.

1.2 UBICACIÓN

Nombre de la Carretera	:	“Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca, perteneciente a la Red Vial Nacional Transversal Ruta N° PE-24”
Departamentos	:	Lima - Junín
Provincias	:	Cañete - Dv. Yauyos – Concepción - Chupaca

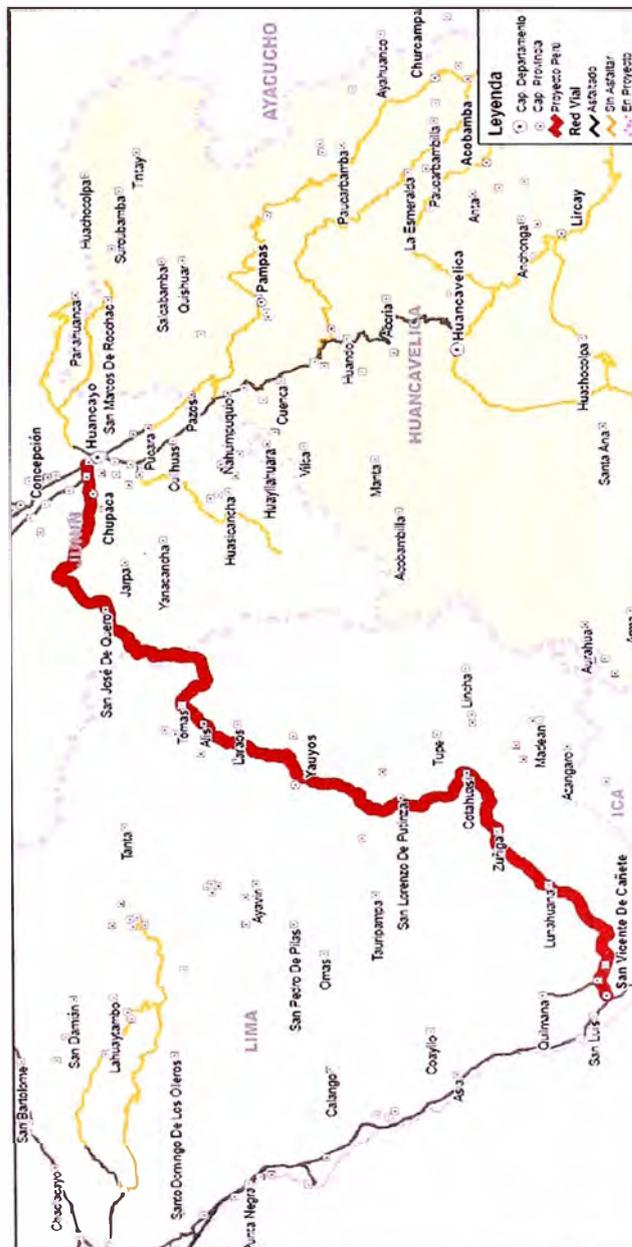


Figura N° 1.01: Mapa de Ubicación de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional Transversal
Fuente: PROVIAS NACIONAL.

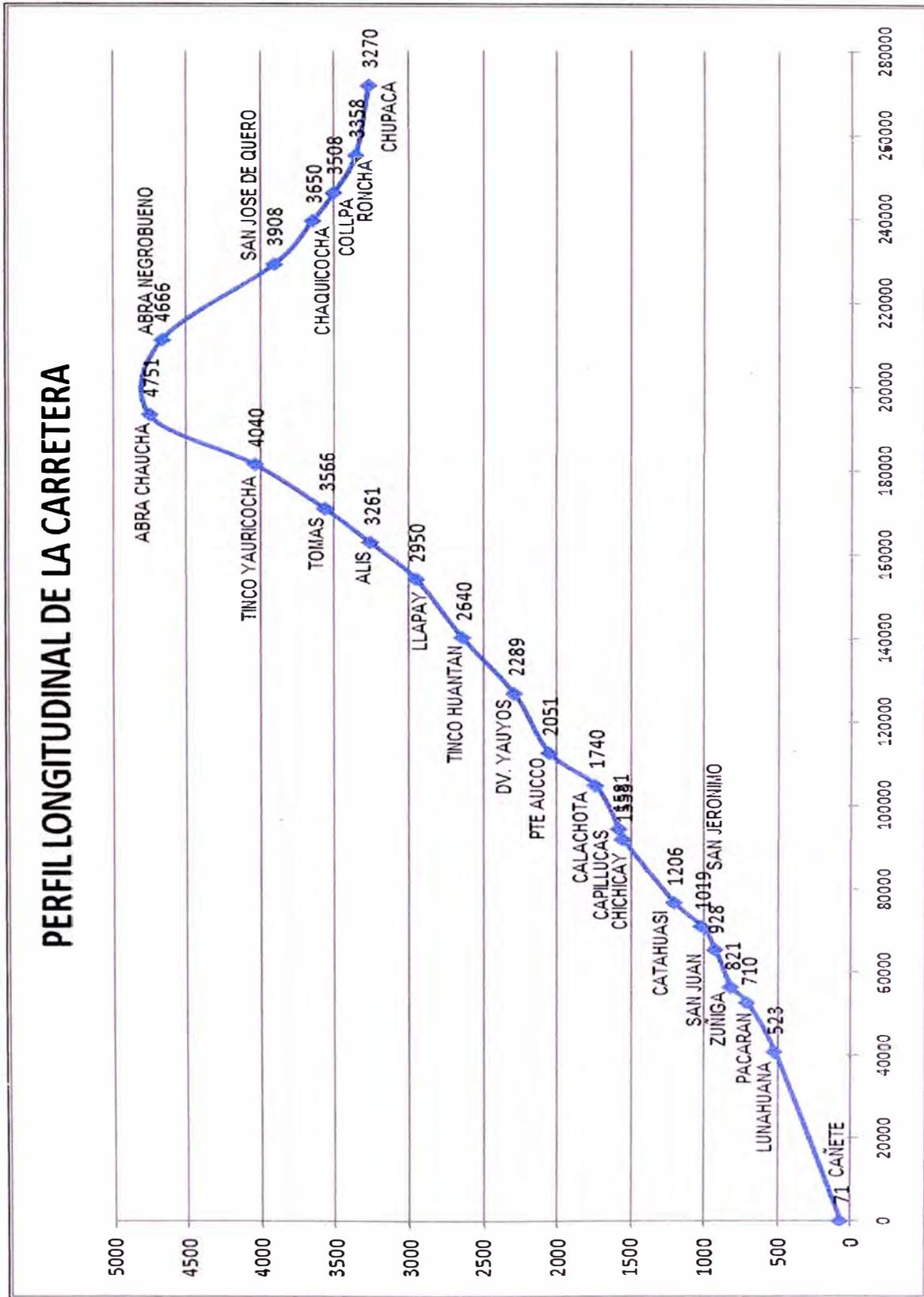


Figura N° 1.02: Perfil Longitudinal de la Carretera
 Fuente: Elaboración Propia.

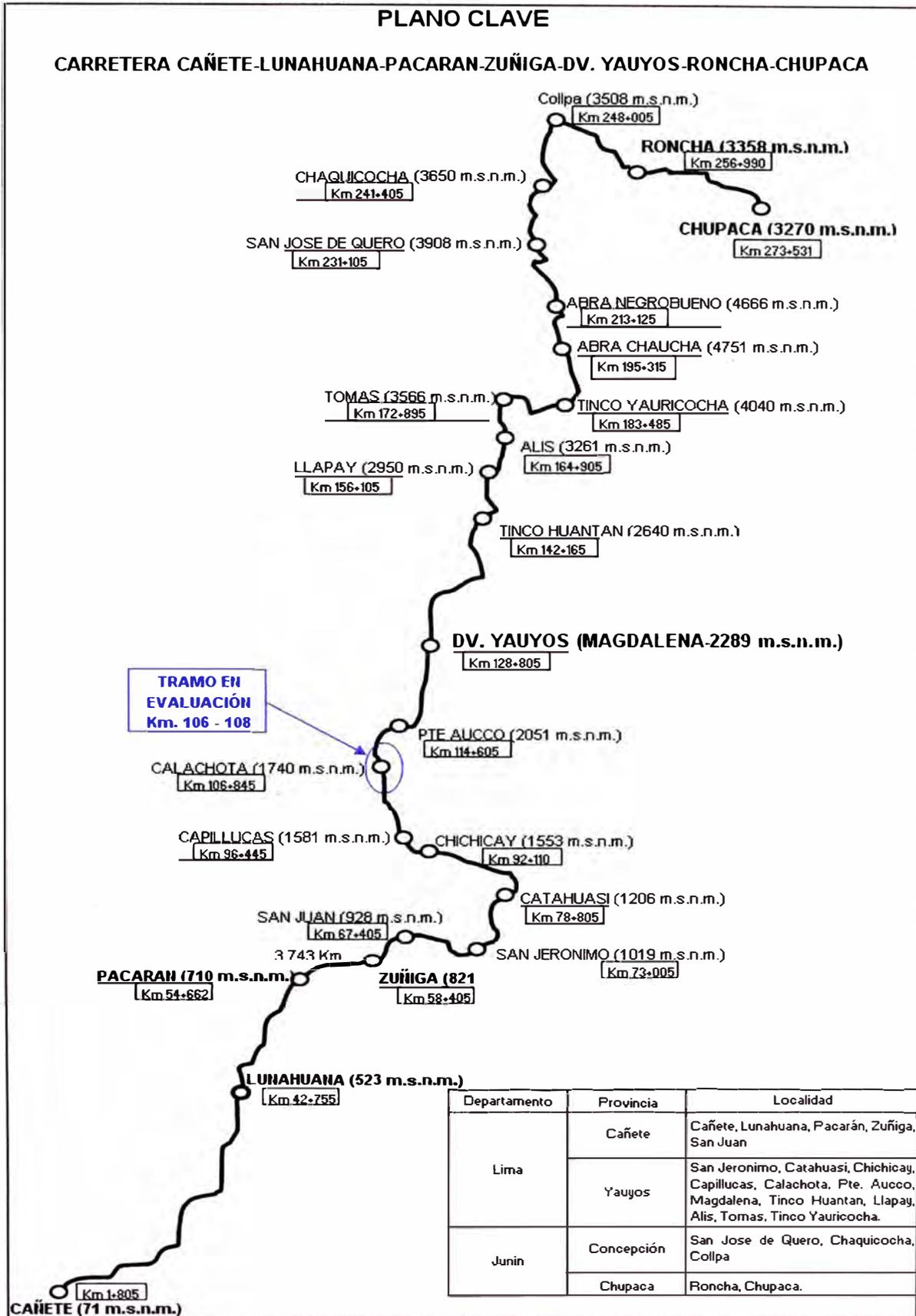


Figura N° 1.03: Plano Clave de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con tramo en Evaluación

Fuente: Contratista Consorcio Gestión de Carreteras.

1.3 CARACTERÍSTICAS

Nombre de la Carretera	: “Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca, perteneciente a la Red Vial Nacional Transversal Ruta N° PE-24”
Corredor Vial	: N° 13.
Red Vial Nacional	: N° 22.
Carretera de	: 3er Orden.
Ancho de plataforma	: 3.0 a 5.0m.
Tipo de Topografía	: Ondulada a accidentada.
Inicio	: San Vicente de Cañete Km. 001+805
Final	: Chupaca Km. 273+531
Longitud Total	: 271,726.00 m.
Máxima Altitud	: 4,751.00 m.s.n.m. Abra Chaucha
Años de servicio hasta la fecha	: Más de 50 años.

El tramo evaluado en el presente informe pertenece al poblado CALACHOTA:

Inicio	: Km. 106+000
Final	: Km. 108+000

Sub -Tramos específicos evaluados con Rugosímetro MERLIN:

Sub Tramo 1:

Inicio	: Km. 108+000
Final	: Km. 107+600

Sub Tramo 2:

Inicio	: Km. 106+600
Final	: Km. 106+200

Descripción de la zona de estudio

La carretera se desarrolla en las márgenes del río Cañete; en el valle del río Cañete se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes altos andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua. Esta área corresponde a la región Yunga (500.00 m.s.n.m. – 2,300.00 m.s.n.m.).

Clima

El tramo de carretera evaluado por el presente estudio corresponde a la región Yunga, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal, expuesta en su obra "Geografía del Perú".

A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en esta región: Yunga Marítima: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 17°C. y 27°C. durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

1.4 ESTADO SITUACIONAL

Antecedentes y motivos que generaron la propuesta del proyecto

El programa de desarrollo vial "Proyecto Perú" considera dentro de su plan de conservación de la carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, elevar su nivel de competitividad y de esta manera convertirse en ruta alterna para la Carretera Central, con lo que se aligerará el tránsito vehicular y disminuirá el tiempo de viaje entre Lima (Cañete) y Huancayo.

Características de la situación negativa que se intenta modificar

Actualmente la carretera tiene deficiencias en la superficie de rodadura; además de tener características de diseño geométrico que no son las adecuadas para una vía de dos carriles que permita el uso cómodo de la misma. También se observa deficiencias en la señalización y sistemas de drenaje.

Razones de interés de la comunidad para resolver dicha situación

La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, al proyectarse como ruta alterna de la Carretera Central, necesita elevar su capacidad vehicular para atender la demanda futura, además de convertirse en un eje de vital importancia, ya que a través de ella se podrán transportar los productos de exportación de las regiones del centro del país (alcachofas, tara, truchas, cuy, mármoles, etc.) hacia otros países, considerando que en la actualidad el Perú viene participando en tratados de libre comercio, también en épocas de toma de carreteras la vía debe estar con un adecuado mantenimiento y conservación para ser la vía alterna a la carretera central constantemente en problemas de transitabilidad por el problema mencionado.

Competencia del Estado para resolver dicha situación

Porque el objetivo del proyecto beneficiará económicamente al país, además de beneficiar directamente a los pobladores de las zonas que se encuentran dentro su área de influencia, mejorando su calidad de vida y por ende disminuyendo el nivel de pobreza de la zona. Los beneficiarios serían los usuarios de la vía y los pobladores de las localidades de Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Yauyos,

Tincco Huantan, LLapay, Alis, Tomas, Tinco de Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negrobueno, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha y Chupaca.

Mejoramiento a Nivel de Solución Básica

En la actualidad se han culminado los trabajos de mejoramiento a nivel de Solución Básica en el tramo evaluado por el Curso de Titulación: Poblado de Calachota (Km. 106+000 al Km. 108+000), colocándose tratamiento superficial Monocapa y un tramo de Slurry Seal sobre monocapa.

Cuadro 1.01

Situación Actual de los Tramos a Enero del 2010

TRAMO INICIAL	km inicio	TRAMO FINAL	km fin	LONGITUD DEL SUB-TRAMO	TIPO DE PLATAFORMA	N°TRAMOS	KM x TRAMOS
CAÑETE	1+805	LUNAHUANA	42+755	40+950	CARPETA ASFALTICA	1	40+950
LUNAHUANA	42+755	PACARAN	54+662	11+907	TSB (3/4 V 3/8)	2	11+907
PACARAN	54+662	ZUÑIGA	58+405	3+743	SLURRY SEAL	3	24+143
ZUÑIGA	58+405	SAN JUAN	67+405	9+000			
SAN JUAN	67+405	SAN JERONIMO	73+005	5+600			
SAN JERONIMO	73+005	CATAHUASI	78+805	5+800			
CATAHUASI	78+805	CHICHICAY	93+915	15+110	MONOCAPA	4	86+100
CHICHICAY	93+915	CAPILLUCAS	96+445	2+530			
CAPILLUCAS	96+445	CALACHOTA	106+845	10+400			
CALACHOTA	106+845	PUENTE AUCCO	114+605	7+760			
PUENTE AUCCO	114+605	DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	14+200			
DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	TINCO HUANTAN	142+165	13+360			
TINCO HUANTAN	142+165	LLAPAY	156+105	13+940			
LLAPAY	156+105	ALIS	164+905	8+800			
ALIS	164+905	TOMAS	172+895	7+990	SLURRY SEAL	5	62+095
TOMAS	172+895	TINCO YAURICOCHA	183+485	10+590			
TINCO YAURICOCHA	183+485	ABRA CHAUCHA	195+315	11+830			
ABRA CHAUCHA	195+315	ABRA NEGROBUENO	213+125	17+810			
ABRA NEGROBUENO	213+125	S/N	227+000	13+875	SLURRY SEAL	6	26+000
S/N	227+000	SAN JOSE DE QUERO	231+105	4+105			
SAN JOSE DE QUERO	231+105	CHAQUICOCHA	241+405	10+300			
CHAQUICOCHA	241+405	COLLPA	248+005	6+600			
COLLPA	248+005	S/N	253+000	4+995	SLURRY SEAL	7	3+990
S/N	253+000	RONCHA	256+990	3+990			
RONCHA	256+990	CHUPACA	273+531	16+541	CARPETA ASFALTICA	8	16+541
TOTAL				271+726			271+726

FUENTE: Monitoreo realizado por la UNI y MTC (Avance del contratista).

1.5 TRAMO EVALUADO KM. 106+000 AL KM. 108+000

El tramo se encuentra con Tratamiento Superficial Monocapa y Slurry Seal sobre Monocapa.

A continuación se presentan las características técnicas del tramo de 2.00 Km. asignado para la evaluación de la rugosidad y de la serviciabilidad. El tramo se encuentra en el poblado de Calachota (1,740.00 m.s.n.m.):

Progresivas estudiadas

Inicio	: Km. 106+000
Final	: Km. 108+000
Longitud	: 2.00 Km.
Altitud	: 1,740.00 m.s.n.m. en promedio
Ancho de plataforma	: 3.0m. a 5.0m.
Sub Tramo 1	: Km. 108+000 al Km.107+600 (400m.)
Sub Tramo 2	: Km. 106+600 al Km.106+200 (400m.)

Superficie de Rodadura

Sub Tramo 1	: Tratamiento Superficial Monocapa (TSM)
Sub Tramo 2	: Slurry Seal sobre Monocapa, presenta escurrimiento en la superficie del pavimento

Datos del Tramo

Tipo de Topografía	: Ondulada a accidentada.
Temperatura Mínima	: 17°C.
Temperatura Máxima	: 27°C.
Época de Lluvias	: Diciembre a Marzo.
Valor de CBR de diseño	: 20%
Ejes Proyectos	: 8.4×10^4 (EAL 2009-2013)
Contratista	: Consorcio Gestión de Carreteras.
Supervisor	: Unidad Zonal de Lima de Provías Nacional.
Monitoreo	: Convenio UNI - MTC.

Proyecto : Servicio de Conservación Vial de la Carretera:
Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca y
Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos -
Ronchas.

Fecha Contrato : 27 de Diciembre del 2007.

Presupuesto : S/. 131,589,139.71 incluido I.G.V.

Periodo : 5 años.

IRI : El Contratista medirá el IRI una vez al año y
servirá para llevar una estadística del
comportamiento del pavimento. Al término de los
trabajos de conservación periódica el Tramo debe
alcanzar un IRIp igual o menor a 2.5 m./Km.

Fecha del cambio de estándar Diciembre del 2008.

El tramo evaluado se desarrolla en la margen izquierda aguas arriba del río Cañete, siguiendo un corte a media ladera y desarrollándose en los 2 Km. de su recorrido en una topografía del tipo ondulada y accidentada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS EN PERÚ:

La evaluación de los Pavimentos en el Perú se sub-divide en tres rubros: Evaluación estructural, Evaluación de la condición superficial y Evaluación funcional.

La evaluación estructural de los Pavimentos, desde hace aproximadamente dos décadas y media se realiza mediante un análisis limitado por componentes (ensayos destructivos) y mediante un análisis deflectométrico no destructivo. Para los ensayos de deflexiones se utiliza el método de la Viga Benkelman de brazo simple y el método CONREVIAL con el procedimiento Canadiense que coincide con el Instituto del Asfalto, para la determinación de curvas de deflexiones; también se ha empleado en forma mas limitada el deflectómetro desarrollado en Argentina que es una especie de Viga Benkelman de 2 brazos, que permite solamente la medición de la deflexión máxima y la deflexión a 25 cm. Los métodos de análisis utilizados han sido empíricos y mecanísticos. Los métodos empíricos que más se emplean son los del Instituto del Asfalto y el Método Celestino Ruiz, etc. Para el análisis racional se emplea la metodología Hogg-Burmister para el retrocálculo de los módulos; también se ha experimentado algo con el programa DEPAV (software de cálculo analítico aproximado) adaptación del conocido ALIZE III francés. A fines de los años noventa empezamos a efectuar estudios con el deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer) y el modelo multicapas elástico para el análisis. En el año 2004 se realizó el primer inventario de la red vial nacional, en donde se utilizó el deflectómetro de impacto y desde entonces el Ministerio de Transportes ha empezado a solicitar el uso de dicho equipo para los estudios de evaluación de pavimentos, en forma alternativa a la Viga Benkelman. Como métodos de análisis para el retrocálculo de los módulos se ha experimentado con el programa informático MODULUS de la universidad de Texas y con la metodología llamada YONAPAVE basado en el modelo de Hogg, siendo este último el que ha dado mejores resultados para el cálculo del Número Estructural Efectivo del pavimento evaluado. El indicador final de la condición estructural del

pavimento es el ICE (Índice de condición estructural) que se define como la relación entre el Número Estructural Efectivo y el Número Estructural Requerido, de acuerdo al método AASHTO.

La evaluación de la condición superficial de los pavimentos, se empleó por muchos años un método propio denominado CONREVIAl, el cuál tenía la limitación que no llegaba a un indicador final de la condición global del pavimento; este método se basa en un catálogo de fallas, con criterios para definir la severidad y extensión de los deterioros. En los últimos años se ha empezado a utilizar el método del PCI (Índice de Condición del Pavimento o en inglés Pavement Condition Index) de la Universidad de Illinois, para definir la condición del pavimento. Para el cálculo del PCI se emplea el método tradicional del seleccionar las muestras de ensayo y efectuar un recorrido de campo para la toma de datos; últimamente se viene trabajando con un sistema de inventariado videográfico georeferenciado de alto pixelado, denominado YonaPMS.Video (Sistema de Inventario Videográfico Computarizado), el cuál posee un software que permite un viaje virtual a la carretera y el cálculo incorporado del PCI. Para el caso de los parámetros de seguridad del pavimento se emplea el ensayo del círculo de arena (ASTM E 965), este ensayo consiste en extender sobre la superficie de un pavimento un volumen de 50 cm³ de arena fina uniforme, de forma que cubra todas las irregularidades de dicha superficie, quedando enrasada la arena con los picos más salientes. La extensión de la arena hay que realizarla procurando formar un círculo, para que de esta manera sea fácil determinar el área cubierta por esta. Conociendo el volumen de arena utilizado, 50 cm³, y el área cubierta con ese volumen, dividiendo volumen entre área se obtiene una profundidad media de las irregularidades de la superficie del pavimento, y el péndulo británico (coeficiente de fricción) este ensayo consiste en medir la pérdida de energía de un péndulo normalizado que se deja caer desde la horizontal, provisto en su extremo inferior de una zapata de goma, cuando la arista de la zapata roza con una presión determinada sobre la superficie a ensayar y en un recorrido fijo. Esta pérdida de energía se mide por el ángulo suplementario de la oscilación del péndulo. El valor de la lectura adimensional obtenido en el panel de escala de medidas, corresponde directamente al Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento o British Pendulum Number (BPN).

La evaluación funcional de los pavimentos, se empezó a inicios de la década de los noventa con el uso del perfilómetro estático denominado MERLIN, desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Caminos y Transportes (TRRL); este equipo que originalmente planteaba el uso de un método de cálculo gráfico, rústico y limitado, se modificó en el Perú mediante la incorporación de una escala numérica y el desarrollo de un software para el cálculo del IRI. Asimismo, se desarrolló una nueva fórmula para el cálculo del IRI, para la evaluación de pavimentos asfálticos nuevos. También se han empleado equipos tipo respuesta como es el caso del rugosímetro inglés Bump Integrator, con los que siempre se ha tenido problemas para su correcta calibración. En los últimos años se ha empezado a realizar mediciones con el perfilómetro inercial o el láser RSP (Perfilómetro Superficial de Pavimentos); se han realizado correlaciones entre el MERLIN y RSP con un alto coeficiente de determinación. El IRI es utilizado, para fines de evaluación, para el cálculo del PSI (Present Serviciability Index del método AASHTO) mediante la correlación desarrollada por el Banco Mundial IRRE de Brasil.

Con la finalidad de integrar el PSI, PCI e ICE en un sistema de gestión, se ha desarrollado un Indicador de Condición Global de Pavimento denominado (SEFACE) según unos rangos de valores pre-establecidos. Los valores del SEFACE están relacionados con diversos tipos de intervenciones que se requiere para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento.

El Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento (PSI)

El concepto de Serviciabilidad ha sido desarrollado en la AASHTO en el año de 1962 y se define en relación con el propósito para el que fue construido el pavimento y asegurar una circulación suave, cómoda, segura y dar el mayor confort a los usuarios de la vía.

El PSI es la medida de la serviciabilidad empleando medios mecánicos. Para su estimación la tendencia más difundida actualmente es la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento. Se han desarrollado para la determinación del PSI, fórmulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro.

Los valores de PSI varían de 1 a 5 y establece la condición funcional del pavimento, desde el punto de vista de la calidad de la transitabilidad, según el siguiente cuadro:

Cuadro 2.01
Condición Funcional del Pavimento según el PSI

Rango de Serviciabilidad del Pavimento (PSI)	Transitabilidad (Calificativo)
0 - 1	Muy Mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy Buena

Fuente: AASHTO - 1962.

El Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos (IRRE)

El IRRE (International Road Roughness Experiment) fue realizado en Brasilia, Brasil en mayo y junio de 1982, y fue conducido por equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, los Estados Unidos y Bélgica. Cuarenta y nueve (49) sitios de prueba fueron medidos usando una variedad de equipos de prueba y condiciones de medida. Los sitios incluyeron una gran cantidad de superficies de diferentes rugosidades como hormigón asfáltico, tratamiento superficial, grava y caminos de tierra.

El objetivo principal del IRRE fue definir un Índice de Rugosidad Internacional (IRI), debido a que el cambio significativo de datos y las conclusiones relacionadas con la rugosidad del camino, en ese entonces, era difícil; y por lo general era logrado sólo con el empleo de ecuaciones de regresión que eran imprecisas y a menudo válidas sólo en condiciones limitadas. Por eso con el IRRE se buscó seleccionar una sola medida de rugosidad estándar a la cual todas las medidas serían escaladas, así la información podría ser comparada directamente.

Con los datos obtenidos en el IRRE se desarrolló una correlación obteniéndose una expresión aproximada establecida por el investigador M. W. Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento (PSI) según la siguiente expresión:

$$PSI=5e^{-(IRI/5.5)} ; \text{ para } IRI < 12$$

Donde:

PSI: Índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento

IRI: Índice de Rugosidad Internacional

El Rugosímetro MERLÍN

El Transport and Road Research Laboratory (TRRL) de Gran Bretaña publicó en 1991, un documento elaborado por el investigador M. A. Cundill, sobre el equipo para la medición de rugosidad del pavimento denominado MERLIN, un dispositivo de bajo costo desarrollado para países en vías de desarrollo.

MERLIN son la siglas en inglés de Machine for Evaluation Roughness using Low-cost Instrumentation (Máquina para la Evaluación de la Rugosidad usando Instrumentación de Bajo Costo). Consiste en un bastidor metálico de 1.80 m. de longitud, con una rueda de bicicleta en el frente, un pie de apoyo en la parte posterior y un apoyo intermedio que se deja descansar sobre la superficie del pavimento y sirve para medir la diferencia de nivel entre la línea imaginaria que une el punto de apoyo de la rueda de la bicicleta con el punto de apoyo posterior.

Evaluación de la Rugosidad en Pavimentos Peruanos y Extranjeros

El rugosímetro MERLIN fue introducido en el Perú por iniciativa del Ing° Pablo Del Águila en 1993, ver anexo 01, realizándose por primera vez el ensayo en las siguientes condiciones:

Proyecto : Rehabilitación de la Carretera Panamericana Sur
Sector : Dv. Arequipa — Dv. Moquegua
Tramo : Dv. Moliendo — El Fiscal
Sub Tramo : Km. 982+000 — Km.1040+000

Longitud : 58 Km.
Departamento : Arequipa.
Pavimento : Carpeta Asfáltica Antigua.
Longitud : 58 Km.
Fecha : Mayo de 1993

En el período 1992-1996, se llevó a cabo en el Perú un gran programa de rehabilitación de carreteras, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual estuvo bajo la administración inicial de la Unidad Ejecutora de Proyectos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (UEP), que posteriormente se convirtió en el Programa Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes (PERT). Los trabajos comprendieron la reparación de la Carretera Panamericana y la Carretera Central, vías fundamentales para el Perú. En consecuencia, fueron dichas carreteras las primeras en ser evaluadas para la determinación de su rugosidad, primero durante los estudios para su rehabilitación y posteriormente al finalizar la etapa constructiva. Posteriormente se inicia un segundo programa de rehabilitación, el que incluye las principales vías de penetración hacia el interior del país, y en consecuencia, las mediciones se extienden a dicha red.

Se efectuaron mediciones de rugosidad con equipo MERLIN en 117 proyectos de carreteras ubicados en el Perú, El Salvador y Bolivia y que corresponden a estudios de rehabilitación, mantenimiento y/o control de calidad; obteniéndose los resultados de rugosidad y serviciabilidad. Se realizó la evaluación de la rugosidad sobre pavimentos de carreteras en El Salvador y Bolivia, a fin de tener un marco comparativo que permita apreciar los resultados respecto de otras realidades.

Los pavimentos asfálticos nuevos en el Perú presentaron una rugosidad característica promedio igual a 2.21 m./Km., con un máximo de 3.57 m./Km. y un mínimo de 1.35m/Km. El PSI promedio de estos pavimentos es 3.37, con un máximo de 3.91 y un mínimo de 2.61. La transitabilidad, definida de acuerdo a los criterios expuestos, va de Buena a Regular. Los resultados de rugosidad y serviciabilidad obtenidos en el exterior presentan magnitudes similares a los pavimentos peruanos.

Los pavimentos asfálticos antiguos que fueron evaluados durante la ejecución de estudios de rehabilitación, presentaron en promedio una rugosidad característica de 6.28 m./Km., con un máximo de 9.81 m./Km. y un mínimo de 1.63 m./Km. El PSI promedio de estos pavimentos es de 1.73, con un máximo de 3.72 y un mínimo de 0.84. La transitabilidad es en consecuencia muy variable y va de Buena a Pésima.

Los recapados asfálticos que se efectuaron como parte de la rehabilitación de la Carretera Panamericana y la Carretera Central, presentaron en promedio una rugosidad característica de 2.16 m./Km., con un máximo de 3.62 m./Km. y un mínimo de 1.42 m./Km. El PSI promedio de estos pavimentos es igual a 3.39, con un máximo de 3.86 y un mínimo de 2.59. La transitabilidad, definida de acuerdo a los criterios expuestos, va de Buena a Regular y en los tratamientos superficiales y los pavimentos afirmados evaluados dieron resultados de rugosidad elevados y, en consecuencia, valores de PSI sumamente bajos. La transitabilidad de estos pavimentos osciló de Regular a Pésima.

2.2 RUGOSIDAD

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

EL PERFIL DE LA VÍA Y LOS PERFILÓMETROS:

El perfil de la vía es una porción bidimensional de la superficie del camino, tomado a lo largo de una línea imaginaria que sigue el perfil longitudinal.

Un perfilómetro es un instrumento usado para producir una secuencia de números relacionados de manera bien definida con un perfil verdadero. Trabaja por la combinación de los tres parámetros que se indican a continuación:

- Una referencia de elevación.
- Una altura relativa a la referencia.
- Distancia longitudinal.

Estos tres parámetros se combinan de diversas maneras.

Aplicaciones de los Perfilómetros:

- Para evaluar la calidad de construcciones nuevas o secciones reparadas.
- Para monitorear la condición de una red vial para un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP).
- Para diagnóstico de la condición de lugares específicos y determinar soluciones apropiadas.
- Para estudiar la condición de lugares específicos para investigación.

Las mediciones de un perfil es la mitad del trabajo, la otra mitad es correr el perfil a través de un programa de cómputo para conseguir un índice de rugosidad.

EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI):

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es la sumatoria de desviaciones verticales de la superficie del pavimento respecto a una cuerda promedio.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es el parámetro más recomendado por el Banco Mundial y es el más difundido actualmente para la medición de la rugosidad en pavimentos. Analíticamente el IRI es una transformada matemática específica de un perfil verdadero. Las unidades del IRI son m./Km. o mm./m.

La escala de IRI comienza desde cero, para una ruta perfecta sin rugosidad, y cubre números positivos que crecen en forma proporcional a la rugosidad del perfil.

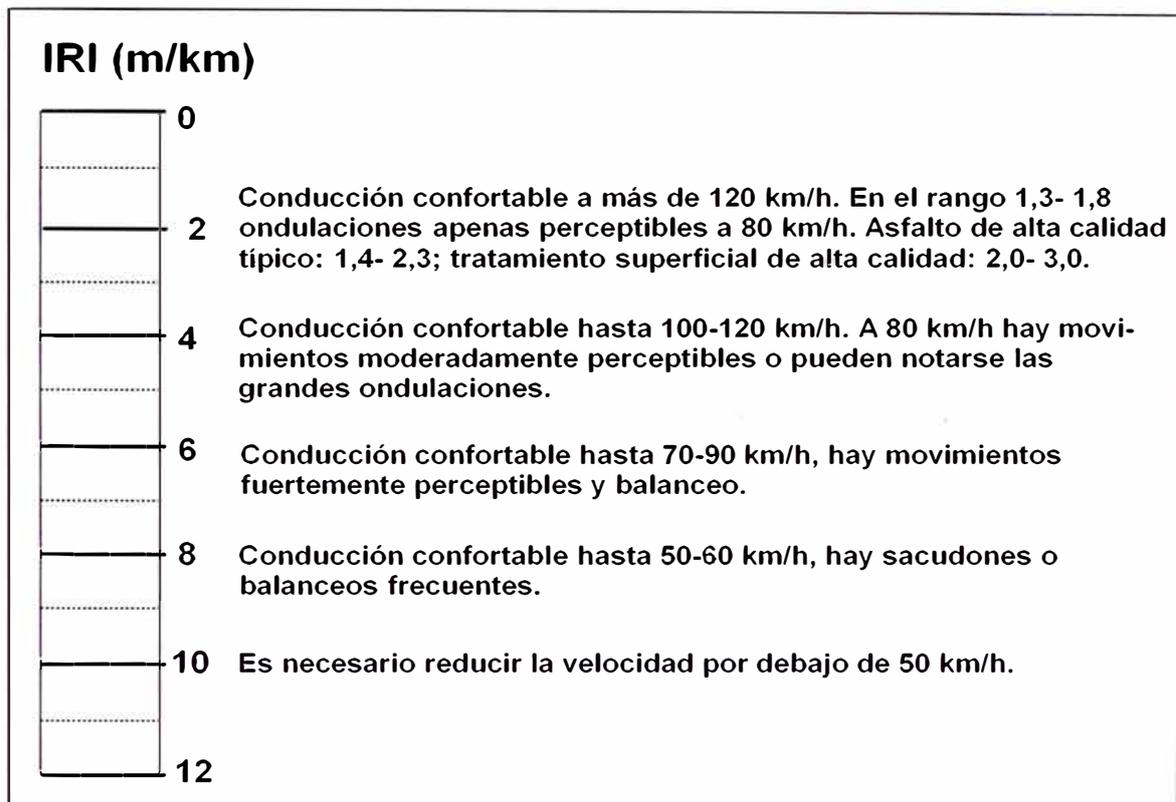


Figura N° 2.01: Escala estimativa de IRI para rutas asfálticas o con tratamiento superficial
Fuente: ASTM E1926-98, "Standard Practice for computing International Roughness Index of roads from longitudinal profile measurements"

MÉTODOS PARA MEDIR LA RUGOSIDAD:

Métodos Clase 1.- Involucran el uso de perfilómetros de precisión: se realizan medidas muy exactas del perfil longitudinal a distancias no mayores a 25 cm.

Métodos Clase 2.- Comprende el uso de perfilómetros de alta velocidad: Se basan también en la medición del perfil longitudinal pero son menos precisos que los indicados en la clase 1.

Métodos Clase 3.- Estos métodos involucran ecuaciones de correlación para convertir la data de campo a las unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente emplean rugosímetros dinámicos. La precisión depende de la calibración y de una buena ecuación de correlación.

Métodos Clase 4.- Se basa en una evaluación subjetiva en la cual el IRI se estima con una inspección visual.

2.3 EQUIPO MERLIN

2.3.1 Detalles del Equipo MERLIN

El rugosímetro MERLIN indica la evaluación objetiva de la irregularidad longitudinal causada por hundimientos localizados o generalizados, ondulaciones y/o depresiones en la superficie del pavimento. 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 Ing° Pablo Del Águila en 1993, existiendo a la fecha varias unidades pertenecientes a empresas constructoras y consultoras del rubro de vías de transporte.

El método de medición que utiliza el rugosímetro MERLIN, de acuerdo a la clasificación del Banco Mundial y al utilizar una ecuación de correlación es un método de clase 3, pero 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 ($R^2=0.98$).

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La Figura N° 2.02 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

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

posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

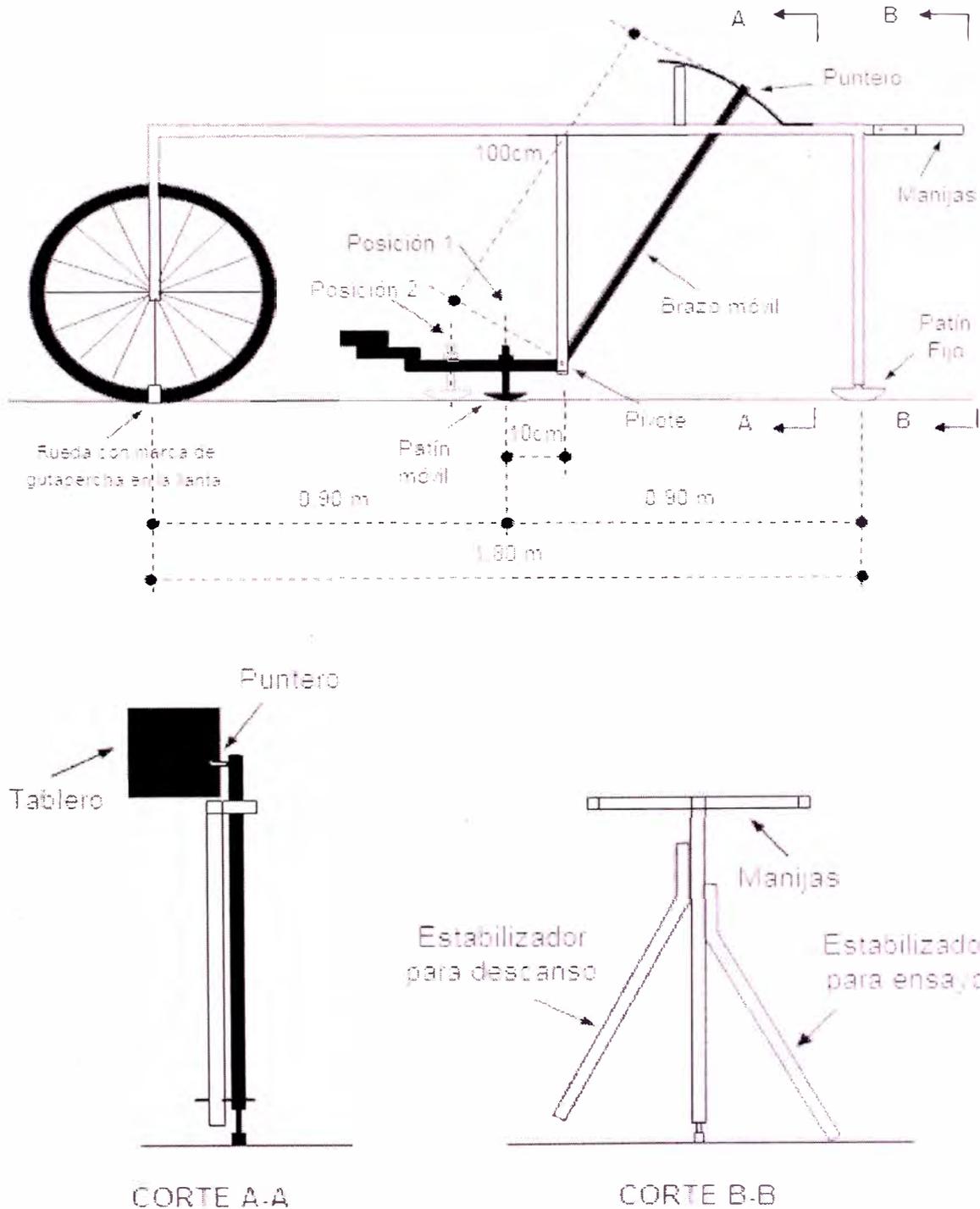


Figura N° 2.02: Esquema del Rugosímetro MERLIN

Fuente: M. A. Cundill TRRL - Research Report 301.

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° 2.2).

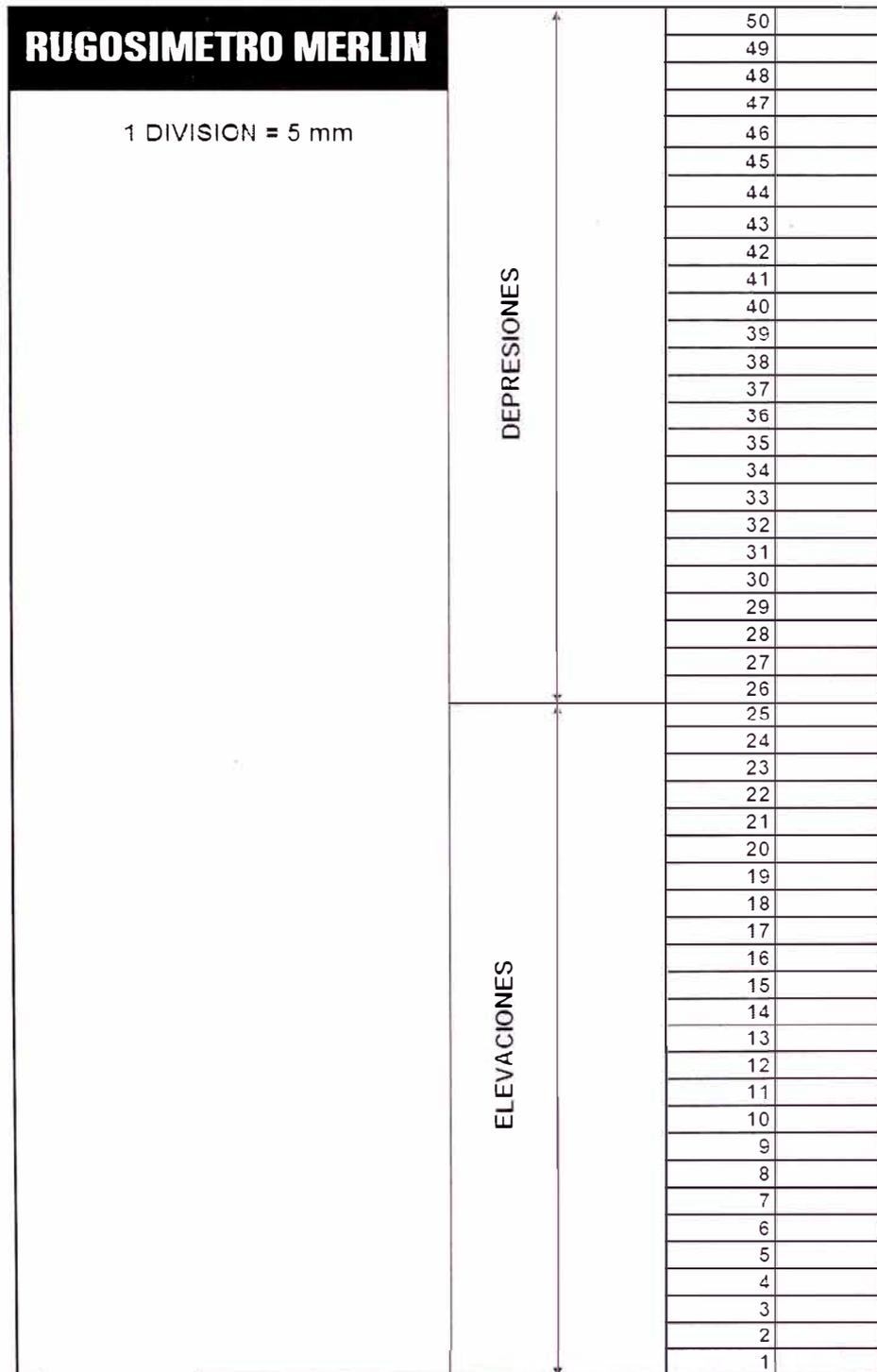


Figura N° 2.03: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto al nivel de referencia o cuerda promedio

Fuente: M. A. Cundill - TRRL Research Report 301.

2.3.2 Rugosidad del Pavimento (D)

La rugosidad del pavimento es la deformación que tiene con respecto a una línea imaginaria que sigue la trayectoria del perfil longitudinal de la vía.

Para 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° 2.04 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como "la desviación respecto a la cuerda promedio".

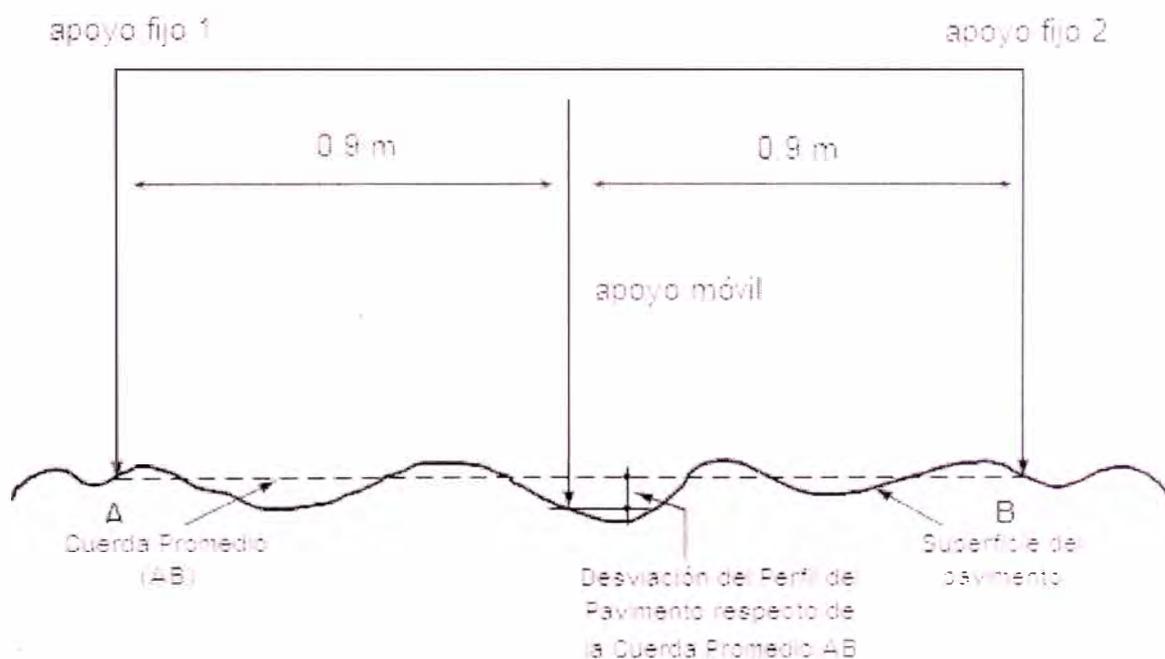


Figura N° 2.04: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

Fuente: M. A. Cundill - TRRL Research Report 301

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 correlacionaría con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura N° 2.05).

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

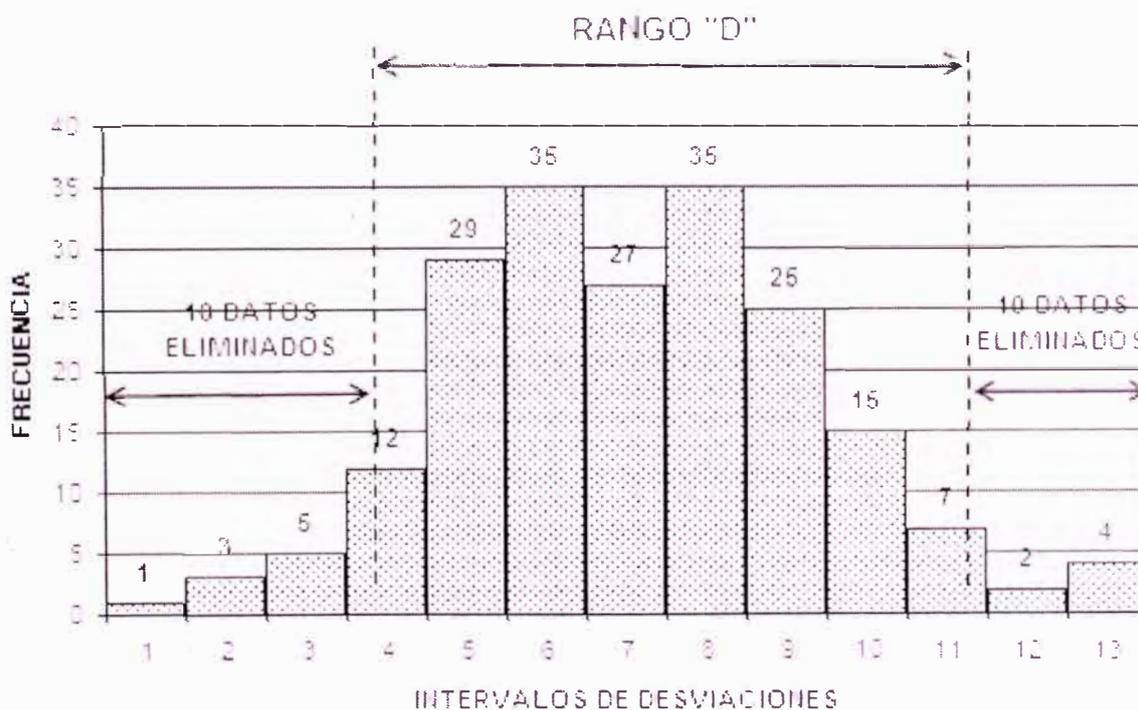


Figura N° 2.05: Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva
 Fuente: M. A. Cundill - TRRL Research Report 301.

2.3.3 Correlación D vs. IRI

La correlación que existe entre D e IRI, se establece de acuerdo a la superficie de rodadura siendo una ecuación de primer orden.

$$\text{IRI} = b + p \times D'$$

Donde:

IRI	Índice de Rugosidad Internacional, m./Km.
D'	Rugosidad en unidades MERLIN, mm. Corregida por el Factor de Corrección; $D' = F.C. \times D$.
b y p	Constantes de la ecuación de correlación.
D	Rugosidad en unidades MERLIN, mm.

Para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra se usa la expresión es la ecuación original establecida por el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del ensayo realizado en Brasil, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo siguiente:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times D' ; 2.40 \text{m./Km.} < \text{IRI} < 15.90 \text{m./Km.}$$

Para la evaluación de pavimentos nuevos o poco deformados establecida por el Ing° Pablo del Aguila en su experiencia al evaluar más de 3000Km. de carreteras (ver anexo 2) y cuando su rugosidad sea menor a 2.40m./Km.

$$\text{IRI} = 0.0485 \times D' ; \text{IRI} < 2.40 \text{m./Km.}$$

Para la evaluación de pavimentos que siguen cierto patrón de deformación M.A. Cundill del TRRL estableció en 1996, para el caso de superficies con macadam de penetración extendido manual lo siguiente:

$$\text{IRI} = 1.913 + 0.049 \times D'$$

Especificaciones actuales para rugosidad

Después de transcurridos más de 2 años de elaboradas las primeras especificaciones técnicas, período durante el cuál se había estudiado, controlado y supervisado la rugosidad de más de 2,000 km de carreteras, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, a través del Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad (Octubre 1995), las cuales se incluyeron como parte del control para la recepción de las obras.

De acuerdo al documento publicado, la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico (IRI_c), el cuál es igual al IRI promedio más el producto de un coeficiente estadístico igual a 1.645 por la desviación estándar (IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 Desv.Std.). Calculado el IRI característico (IRI_c), el sector o tramo es aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- a. En tramos de pavimento de nueva construcción, el índice IRI_c debe ser menor o iguala 2.0.
- b. En tramos de refuerzo del pavimento (recapados), el índice IRI_c debe ser menor o igual que 2.5.
- c. En tramos de sellado del pavimento, el índice IRI_c debe ser menor o igual que 3.0.

2.3.4 Factor de Corrección para el ajuste de D

La ecuación entre el D y el IRI representa correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10. Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y, se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para calcular el valor D se cuenta la fracción superior (filas) más la fracción inferior (filas) y las filas que no han sido afectadas del 10% son valores enteros, la suma de los dos valores fraccionarios más el número entero son las unidades MERLIN; luego se multiplica por 5mm. equivalente a una UNIDAD MERLIN y el valor resultante es el valor D en mm.

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:

- 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.
- Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso. 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, lo que significa, considerando que cada casillero mide 5mm, 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:

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

Donde:

- | | | |
|------|---|-------------------------------|
| F.C. | : | Factor de Corrección. |
| EP | : | Espesor de la pastilla. |
| LI | : | Posición inicial del puntero. |
| LF | : | Posición final del puntero. |

CAPÍTULO III: APLICACIÓN TRAMO KM. 106+000 AL KM. 108+000

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La medición de la rugosidad con equipo MERLIN se realizó teniendo en cuenta el modo operativo de los trabajos de campo en la Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca Km. 106+000 - Km. 108+000 establecido por la Dirección de Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Civil — UNI y los criterios de evaluación de rugosidad con el Rugosímetro MERLIN.

Carretera	: CAÑETE – YAUYOS - CHUPACA
Actividad	: Evaluación de Rugosidad
Método	: MERLIN
Equipo	: Rugosímetro MERLIN

Tramos evaluados en el Presente Informe a favor de la pendiente:

Sub Tramo 1 : **Km. 108+000 al Km. 107+600**

Inicio : Km. 108+000

Final : Km. 107+600

Carpeta de Rodadura : Tratamiento Superficial Monocapa (TSM)

Sub Tramo 2 : **Km. 106+600 al Km. 106+200**

Inicio : Km. 106+600

Final : Km. 106+200

Carpeta de Rodadura : Slurry Seal sobre Monocapa, presencia de escurrimiento del pavimento zona de alcantarilla ver Figura 3.01

Sentido de avance : Decreciente según la progresiva

Huella de la llanta : Derecha

Cantidad de carriles : Presenta un solo carril

Ancho de plataforma : 3.0 a 5.0m.

Fecha de Ensayo : 15/05/2010

Hora Inicio del Ensayo : 12:30 p.m.

Hora Fin del Ensayo : 1:00 p.m.

Duración	: 30 minutos
Herramientas	: Tablero, winchas, formatos, conos de seguridad, banderolas, cámara fotográfica, camioneta.
Personal	: Operador de equipo, anotador de datos, encargado de seguridad y fotógrafo.
Rendimiento	: 4 Km./día.

La evaluación de la rugosidad se realizó en dos sub tramos representativos de 400m. dentro de la longitud asignada de 2 Km. a evaluar. Cada sub tramo representando a cada kilómetro del tramo total (Km. 106+000 al Km. 108+000), el cual fue recorrido previamente para ubicar cada sub tramo.

El operador trasladó el equipo MERLIN a lo largo de los dos sub tramos de 400m. cada uno, ver Figura 3.02, efectuando la medición para cada vuelta de la rueda, mientras un anotador registraba los valores obtenidos en cada medición en la ficha de campo.

Para los cálculos se seguirá el siguiente procedimiento:

- ✓ Con los datos proporcionados por la Dirección de Escuela Profesional de la Facultad Ingeniería Civil – UNI en el cuadro 3.03, se hallará el F.C. con la

siguiente fórmula
$$F.C. = \frac{EP \times 10}{(LI - LF) \times 5}$$
 como se muestra en el cuadro 3.04.

- ✓ Con los datos de campo se realizará el histograma de frecuencias y se eliminará el 5% superior e inferior de los datos ó el 10% del total de datos, para cada sub tramo, en los cuadros 3.05 y 3.06 se muestran en la columna derecha las UNIDADES MERLIN, sin el 10% de los datos, al sumar y multiplicar por 5mm. se encuentra el valor "D" en mm.
- ✓ Luego, se calculará el D' corregido con la siguiente fórmula $D' = F.C. \times D$.
- ✓ Con la siguiente fórmula $IRI = 0.593 + 0.0471 \times D'$, se encontrará el IRI de los tramos evaluados mostrándose en los cuadros 3.05 y 3.06.
- ✓ Se calculará el PSI con la siguiente fórmula $PSI = 5e^{-(IRI/5.5)}$.
- ✓ También se calculará el IRI característico (IRIc), el cuál es igual a $IRIc = IRI_{prom} + 1.645 \text{ Desv.Std.}$, como se muestra en el cuadro 3.07 para los dos sub tramos del tramo estudiado.



Figura N° 3.01: Zona de escurrimiento de Pavimento Sub Tramo 2
Fuente: Fotografía in situ Propia.



Figura N° 3.02: Colocación del marcador en el punto medio de las desviaciones
Fuente: Fotografía in situ Propia.

2.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Toma de Datos

Antes de iniciar el ensayo se ubicó la llanta del equipo en la progresiva de inicio Km.108+000 y el segundo ensayo en el Km. 106+600 luego se colocó el puntero en la parte central de la planilla de toma de datos correspondiente al número 25. La toma de datos se efectuó en cada vuelta completa de la rueda del equipo (2m. aprox.), se realiza una observación de acuerdo a la posición del puntero hasta completar las 200 observaciones.

Para la toma de datos se siguieron los siguientes pasos:

El método considera tomar un tramo representativo de 400m. por 1 Km. analizado, por ello se decidió tomar el Sub Tramo 1 (Km. 108+000 – Km. 107+600) representando al Km. 108 -107 y el Sub Tramo 2 (Km. 106+600 – Km. 106+200) representando al Km. 107-106; desplazándonos en dirección de Lima desde Huancayo y aguas abajo del río Cañete.

Las medidas fueron tomadas en sentido regresivo por la huella derecha de la vía a una distancia aproximada de 1.00 m. del borde de vía.

Se estableció un equipo de trabajo en el cual una persona manejaría el equipo, uno tomaría los datos.

Se colocó el formato de medición en el porta formatos del equipo colocándose en su punto inicial en la posición correspondiente al número 25 (Se verificó que cada cuadrícula tuviera un ancho de 5mm.)

Se comenzó a tomar las medidas según el procedimiento indicado en el capítulo 2, procurando mantener siempre el equipo en la huella derecha de la vía.

Se tomaron 200 datos sin inconveniente alguno.

Se pasó por una alcantarilla en el Sub Tramo 2 y en la misma se encontraba el pavimento con una falla de escurrimiento.

Se tomaron los datos de campo y se muestran en los cuadros 3.01 y 3.02.

Cuadro 3.01
Datos de Campo Progresiva 108+000 al 107+600

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO													
DATOS DEL ENSAYO N°		0001	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13		1	16	20	19	15	13	18	21	20	24	19
Sector:	Catahuasi - Chupaca		2	22	16	13	24	20	23	24	17	14	14
Tramo (km):	108+000	107+600	3	20	19	21	22	08	19	20	22	25	27
Fecha:	15 de Mayo del 2010		4	23	14	24	19	18	19	16	30	17	22
Sentido:	Descendente		5	20	22	20	21	23	18	25	24	19	26
Carril:	Derecho		6	19	17	22	17	21	24	23	15	19	16
Tipo de Sup.:	Tratamiento Monocapa		7	17	21	21	18	17	31	24	28	01	21
DATOS DEL OPERADOR			8	19	16	18	22	28	15	26	28	11	24
Nombre:	Fidel	F.R.	9	17	12	15	27	24	20	30	22	14	27
DATOS DEL EQUIPO:			10	14	10	19	24	23	18	26	25	15	16
Serie:	540		11	13	20	14	18	23	18	33	23	16	25
SUPERVISADO POR :			12	19	20	15	13	20	19	23	12	22	13
Ing. Mercedes Rodríguez-Prieto Mateo			13	21	15	20	21	17	17	18	20	22	24
OBSERVACIONES:			14	28	18	16	17	27	16	21	18	20	18
			15	23	20	21	23	16	21	20	15	24	22
El par ordenado(7,9) , se evaluó			16	17	16	18	18	20	20	18	15	24	24
sobre una alcantarilla rústica			17	16	13	23	21	29	25	14	22	16	11
			18	17	17	15	22	19	17	18	24	20	11
			19	13	20	14	24	25	18	15	17	25	24
			20	22	16	21	12	23	19	18	25	15	21

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 3.02
Datos de Campo Progresiva 106+600 al 106+200

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO													
DATOS DEL ENSAYO N°		0002	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13		1	30	24	20	18	16	26	34	24	27	29
Sector:	Catahuasi - Chupaca		2	29	29	26	22	34	22	31	23	32	26
Tramo (km):	106+600	106+200	3	26	28	38	27	25	31	29	32	25	27
Fecha:	15 de Mayo del 2010		4	23	29	31	24	26	26	32	31	31	30
Sentido:	Descendente		5	26	34	38	27	35	32	28	28	32	17
Carril:	Derecho		6	15	31	30	36	35	33	26	35	29	26
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa		7	33	34	29	30	21	19	36	31	25	21
DATOS DEL OPERADOR			8	18	29	28	31	29	25	32	30	18	37
Nombre:	Fidel	F.R.	9	23	29	23	31	23	20	28	27	41	33
DATOS DEL EQUIPO:			10	30	27	38	28	29	24	30	23	01	43
Serie:	540		11	28	28	28	27	29	27	34	32	32	30
SUPERVISADO POR :			12	28	33	27	28	26	31	29	32	37	36
Ing. Mercedes Rodríguez-Prieto Mateo			13	39	22	35	17	25	23	27	26	20	28
OBSERVACIONES:			14	25	38	34	32	26	28	33	31	28	28
			15	28	34	31	14	30	27	30	37	28	22
El par ordenado(17,4) , se evaluó en zona de hundimiento			16	26	33	28	21	30	28	24	26	30	30
El par ordenado(10,9) , se evaluó en zona de hundimiento			17	32	29	25	01	21	21	35	26	23	25
			18	32	34	27	17	25	24	25	28	29	25
			19	23	20	26	12	29	34	24	26	32	20
			20	29	20	27	19	33	26	26	32	26	25

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 3.03
Datos para el Factor de corrección Rugosímetros MERLIN - UNI

Serie	Factor de corrección		Lecturas con pastillas de calibración							
	LI	LF	Li 1	Li 2	Li 3	Li 4	Lf 1	Lf 2	Lf 3	Lf 4
511	25	12,00	25	25	25		12	12	12	
529	25	11,67	25	25	25		12	12	11	
540	25	10,50	25	25	25	25	11	10	10	11
541	25	11,00	25	25	25	25	11	11	12	10

Fuente: Dirección de Escuela Profesional de la Facultad Ingeniería Civil – UNI.

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

Donde:

F.C.: Factor de corrección.

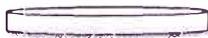
EP. : Espesor de la pastilla de cobre. (e=6.47mm).

LI : Lectura inicial.

LF : Lectura final.

Equipo utilizado en el estudio SERIE 540.

Cuadro 3.04
Factor de Corrección para Cálculo de D Corregido

FACTOR DE CORRECCION		
Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espeor de pastilla
Posición Final del Puntero:	10.50	e= 6.47 mm. 
F.C. =	0.892	

Fuente: Elaboración Propia.

Elaboración del Histograma de Frecuencias

Teniendo los datos de campo se procede a realizar la Gráfica de Histograma de Frecuencias. Para los dos sub tramos como se muestran en los cuadros siguientes 3.05 y 3.06.

Cuadro 3.05
Histograma de Frecuencia de Datos de Rugosidad con el Equipo MERLIN
Progresiva 108+000 al 107+600

desv.	cant.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Valor	
1	1	X																					
2	0																						
3	0																						
4	0																						
5	0																						
6	0																						
7	0																						
8	1	X																					
9	0																						
10	1	X																					
11	3	X	X	X																			
12	3	X	X	X																			
13	7	X	X	X	X	X	X	X															0.86
14	8	X	X	X	X	X	X	X	X														1.00
15	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										1.00
16	14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								1.00
17	15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							1.00
18	18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				1.00
19	15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							1.00
20	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1.00
21	15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							1.00
22	14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								1.00
23	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										1.00
24	17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					1.00
25	8	X	X	X	X	X	X	X	X														1.00
26	3	X	X	X																			1.00
27	4	X	X	X	X																		0.75
28	4	X	X	X	X																		
29	1	X																					
30	2	X	X																				
31	1	X																					
32	0																						
33	1	X																					
Total	200																						
D																							14.61
D = Dx(5mm.)																							73.04
D' = Dx(F.C.)																							65.18
IRI = 0,593 + 0,0471xD'																							3.66
PSI = 5 / {e ^ (IRI/5.5)}																							2.57

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 3.06
Histograma de Frecuencia de Datos de Rugosidad con el Equipo MERLIN
Progresiva 106+600 al 106+200

desv.	cant.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Valor
1	2	X	X																			
2	0																					
3	0																					
10	0																					
11	0																					
12	1	X																				
13	0																					
14	1	X																				
15	1	X																				
16	1	X																				
17	3	X	X	X																		
18	3	X	X	X																		0.67
19	2	X	X																			1.00
20	6	X	X	X	X	X	X															1.00
21	5	X	X	X	X	X																1.00
22	4	X	X	X	X																	1.00
23	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X												1.00
24	7	X	X	X	X	X	X	X														1.00
25	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										1.00
26	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1.00
27	13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									1.00
28	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1.00
29	17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					1.00
30	13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									1.00
31	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									1.00
32	14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								1.00
33	7	X	X	X	X	X	X	X														1.00
34	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X												1.00
35	5	X	X	X	X	X																1.00
36	3	X	X	X																		1.00
37	3	X	X	X																		
38	4	X	X	X	X																	
39	1	X																				
40	0																					
41	1	X																				
42	0																					
43	1	X																				
Total	200																					
D																						18.67
D = Dx(5mm.)																						93.33
D' = Dx(F.C.)																						83.29
IRI = 0,593 + 0,0471xD'																						4.52
PSI = 5 / {e ^ (IRI/5.5)}																						2.20

Fuente: Elaboración Propia.

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, como se muestran en los cuadros 3.05 y 3.06, considerando las fracciones resultantes como consecuencia de la eliminación de los datos.

En el siguiente cuadro muestra el IRI característico del tramo en estudio Km. 106+000 al Km. 108+000.

Cuadro 3.07
IRI Característico de los tramos

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)				
TRAMO			LADO DERECHO	
P. INICIAL	-	P. FINAL	1ra	PROM
106+600	-	106+200	4.52	4.52
108+000	-	107+600	3.66	3.66
			IRI Mínimo	3.66
			IRI Máximo	4.52
			IRI Promedio	4.09
			Desv. Estandar	0.60
			IRI Característico	5.08

Fuente: Elaboración Propia.

2.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)

En el siguiente cuadro muestra el PSI promedio del tramo en estudio Km. 106+000 al Km. 108+000, considerando los datos de IRI obtenidos.

Cuadro 3.08
PSI Promedio de los tramos

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (PSI)				
TRAMO			LADO DERECHO	
P. INICIAL	-	P. FINAL	1ra	PROM
106+600	-	106+200	2.20	2.20
108+000	-	107+600	2.57	2.57
			PSI Mínimo	2.20
			PSI Máximo	2.57
			PSI Promedio	2.38

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Se ha calculado un IRI característico que representa al tramo en estudio en el carril derecho de 5.08, encontrándose el primer Sub tramo (Km. 108+000 al Km. 107+600) en estudio un IRI de 3.66 y para el segundo Sub tramo (Km. 106+600 al Km. 106+200) en estudio un IRI de 4.52.

En el siguiente cuadro 4.01, se muestra los IRI encontrados por el MTC en el mes de Julio de 2009, ver anexo 2.

Cuadro 4.01

IRI Característico de los tramos evaluados por el MTC

**RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE
RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)
MTC 06/07/2009**

TRAMO			LADO DERECHO	
P. INICIAL	-	P. FINAL	1ra	PROM
106+000	-	106+400	4.15	4.15
107+200	-	107+600	4.30	4.30
107+700	-	108+100	3.81	3.81
			IRI Mínimo	3.81
			IRI Máximo	4.30
			IRI Promedio	4.09
			Desv. Estandar	0.25
			IRI Característico	4.50

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores obtenidos de IRI por el MTC son menores a los obtenidos en el estudio los cuales muestran un aumento de la rugosidad y se corrobora con ello el desgaste del Pavimento con el transcurso del tiempo, aumentando la rugosidad de la superficie de rodadura, en Julio de 2009 se tenía un IRI característico de 4.50 y en Mayo de 2010 un IRI característico de 5.08.

Se tiene un aumento del IRI característico de 0.51 en un tiempo de 10 meses.

2.2 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)

Analizando con los IRI obtenidos para efectos del presente estudio, la determinación analítica del PSI se efectuó utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviabilidad, la correlación adoptada se desarrolló usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad en Caminos, realizado en Brasil en 1982. Se obtuvo como PSI promedio de 2.38 el cual tiene una clasificación de transitabilidad REGULAR, encontrándose que los sub tramos en estudio un PSI de 2.57 para el primer Sub tramo (Km. 108+000 al Km. 107+600) y de 2.20 para el segundo Sub tramo (Km. 106+600 al Km. 106+200), ambos de transitabilidad REGULAR.

Cuadro 4.02

PSI Promedio de los tramos evaluados por el MTC

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (PSI) MTC 06/07/2009				
TRAMO			LADO DERECHO	
P. INICIAL	-	P. FINAL	1ra	PROM
106+000	-	106+400	2.35	2.35
107+200	-	107+600	2.29	2.29
107+700	-	108+100	2.50	2.50
			PSI Mínimo	2.29
			PSI Máximo	2.50
			PSI Promedio	2.38

Fuente: Elaboración Propia.

Se nota en la comparación de los PSI mínimos los mas desfavorables del Pavimento con el transcurso del tiempo, en Julio de 2009 se tenía un PSI mínimo de 2.29 y en Mayo de 2010 un PSI mínimo de 2.20.

Se tiene una diferencia de PSI mínimo de 0.09 en un tiempo de 10 meses, esto se debe al poco tráfico de la zona, se espera que con un aumento de tráfico se encuentren mayores diferencias de PSI y vaya disminuyendo.

Comparando el PSI del sub tramo de análisis (Km. 106+000 al Km. 106+400) de 2.35 obtenido por el MTC y el PSI del segundo sub tramo evaluado en el presente estudio (Km. 106+600 al Km. 106+200) de 2.20 obtenido se corrobora la disminución del PSI con el transcurso del tiempo, se corrobora lo dicho la disminución del PSI en el tiempo.

Al aplicar el rugosímetro MERLIN se debe tener en cuenta que se considera una ecuación de correlación utilizada para determinar el IRI a partir de los datos de UNIDADES MERLIN, esa ecuación se debe plantear para los diferentes tipos de superficie.

CONCLUSIONES

- Se ha evaluado el tramo del Km. 106+000 al Km. 108+000 y se ha dividido en dos sub tramos para cada kilómetro, el primer sub tramo (Km. 106+000 al Km. 107+600) en estudio arrojó un IRI de 3.66 con un PSI de 2.57 y para el segundo Sub tramo (Km. 107+600 al Km. 108+000) en estudio un IRI de 4.52 con un PSI de 2.20, correspondiendo a un PSI promedio del tramo de 2.38 que corresponde a una vía de regular transitabilidad.
- Se concluye que en una sola pasada del equipo MERLIN en cada sub tramo es insuficiente y es por ello que se debería realizar al menos dos mediciones en ambos sentidos de la dirección de la vía para obtener así resultados de mayor confianza y poder promediarlos.
- Se concluye realizar una ecuación de correlación para el IRI para los tipos de superficie de rodadura evaluadas, Slurry Seal sobre Monocapa y tratamiento Monocapa.
- El rugosímetro MERLIN permite evaluar la rugosidad de una carretera de una manera muy sencilla y práctica, pero para que los resultados tengan un carácter más confiable es necesario contar con una certificación de estandarización del equipo.
- Es necesario formar registros históricos de las vías de bajo volumen de tránsito con datos sobre la construcción, rehabilitación y/o mantenimiento, realizando un seguimiento del estado de los pavimentos, mediante evaluaciones periódicas de la condición superficial, medición de deflexiones, rugosidad, ahuellamientos, índice medio diario de vehículos.
- El método de evaluación funcional con el rugosímetro MERLIN es de bajo rendimiento promedio de 8 Km./día en comparación con metodologías clase 3 para la medición de la rugosidad por ejemplo el Bump Integrator tiene un rendimiento promedio de 50 Km./día, pero para dar buenos resultados debe contar con una buena ecuación de correlación.
- La comodidad y confort que tienen los usuarios conforme pasa el tiempo irá disminuyendo y catalogando a la vía en peores condiciones sino se tiene un mantenimiento rutinario y una conservación adecuada de la vía.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un monitoreo constante de la rugosidad del pavimento para obtener una data histórica y así determinar una correlación entre La rugosidad (IRI) y el tiempo de rehabilitación del pavimento.
- Se recomienda realizar el ensayo con el rugosímetro MERLIN en tramos homogéneos.
- Se recomienda a los proyectistas prestar especial atención a la importancia de incorporar los controles de rugosidad, como parte del proceso constructivo de los pavimentos condicionando la recepción de las obras al cumplimiento estricto de las especificaciones.
- Es importante tomar en cuenta la variación del tráfico existente con el tráfico proyectado puesto que una vía con un mayor índice medio diario se desgastará más rápido que una vía con bajo tránsito; se debe tomar una data histórica del tráfico generado para obtener un porcentaje más preciso para diferentes vías del país.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO; Guide for Design of Pavement Structures: American Association of State Highway and Transportation, USA, 1993.
2. CUNDILL, M. A.; "The MERLIN low-cost Road Roughness Measuring Machine", Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne – Gran Bretaña, 1991.
3. Consorcio de Rehabilitación Vial, Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País, Perú.
4. Consorcio Gestión de Carreteras, Plan de Conservación Vial de la Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga - Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Junio 2008.
5. Consorcio Gestión de Carreteras, Estudios Técnicos para el cambio estándar de afirmado a solución básica Carretera Cañete – Lunahuana –Pacarán – Zúñiga - Dv Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Setiembre 2008.
6. Del Águila, R.P. Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en Pavimentos Asfálticos Utilizando el Rugosímetro MERLIN. Lima 2002.
7. Del Águila, R.P. Manual de Usuario. Lima 2002
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, Perú, 2007.
9. www.camineros.com
10. www.camineros.com/documentos/doc2
11. www.camineros.com/docs/cam018.pdf
12. www.proviasnac.gob.pe

ANEXOS

ANEXO 01:

EXPERIENCIAS Y RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACION DE LA RUGOSIDAD DE MÁS DE 3000 KM DE PAVIMENTOS EN EL PERU Y OTROS PAISES Por Ing° Pablo del Aguila Rodríguez

ANEXO 02:

DATOS DE IRI OBTENIDOS POR GRUPOS VECINOS
INFORMACIÓN ENVIADA POR EL MTC RELACIÓN AL IRI ANTERIOR

ANEXO 03:

PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO

ANEXO 01:
EXPERIENCIAS Y RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACION DE LA
RUGOSIDAD DE MÁS DE 3000 KM DE PAVIMENTOS EN EL PERU Y OTROS
PAISES Por Ing° Pablo del Aguila Rodríguez

EXPERIENCIAS Y RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACION DE LA RUGOSIDAD DE MÁS DE 3000 KM DE PAVIMENTOS EN EL PERU Y OTROS PAISES¹

Por
Ing. Pablo del Aguila Rodríguez²

RESUMEN

Luego de transcurridos seis años desde que se efectuó el primer estudio de rugosidad en el Perú, miles de kilómetros de pavimentos han sido evaluados, incluyéndose pavimentos en servicio deteriorados, pavimentos nuevos, pavimentos asfálticos, pavimentos afirmados, tratamientos superficiales, etc. Se han empleado y se emplean hoy en día diversos equipos, diversas metodologías, se han elaborado especificaciones técnicas, etc.

En la actualidad el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción del Perú, ya sea a través del Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), del Programa de Rehabilitación de Transportes (PERT) o del Programa del Corredor Interoceánico Vial del Sur (PCVS), emplea la medición de la rugosidad de la superficie asfáltica de los pavimentos, como un medio para establecer la serviciabilidad y la vida remanente de las estructuras en servicio, para el control de calidad y aceptación de las carreteras nuevas, y, para el seguimiento y elaboración de estrategias de mantenimiento de la red vial.

El presente trabajo pretende esbozar el avance que ha tenido el tema de la medición de la rugosidad de pavimentos, en lo que se refiere a los usos, equipos empleados, métodos de medición, resultados obtenidos y especificaciones técnicas. La presentación de estas experiencias se efectúa desde la perspectiva de un consultor privado que ha participado en la evaluación de más de 3,000 km de carreteras en el Perú, Bolivia y Centroamérica.

1. CONCEPTOS Y PARAMETROS UTILIZADOS

La rugosidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de las irregularidades superficiales o altimétricas, con la comodidad o confort al transitar sobre él. La unidad de medición de rugosidad que se emplea en el Perú es el IRI (International Roughness Index), parámetro desarrollado por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos. Una discusión completa sobre el significado y cálculo del IRI se presenta en la referencia 1.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957 (2). Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor.

¹ Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999.

² Ingeniero de Suelos y Pavimentos. Consultor Independiente.

En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers (3), que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La expresión 1, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

donde,

$$R = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right) \pm 25\%, \text{ para } R < 12 \quad (1)$$

R : Rugosidad, IRI (International Roughness Index)
PSI : Índice de Serviciabilidad Presente

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos:

PSI	TRANSITABILIDAD
0 – 1	MUY MALA
1 – 2	MALA
2 – 3	REGULAR
3 – 4	BUENA
4 – 5	MUY BUENA

2. METODOS PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD

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 (4), 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).

2.1.1 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).

2.1.2 Métodos Clase 2

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

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

2.1.3 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 Roghness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un trailer remolcado, al transitar sobre el pavimento.

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

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

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

2.1.4 Métodos Clase 4

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

con un equipo sin calibrar, tal como un RTRRMS. De hecho un equipo tipo respuesta que no esta calibrado cae dentro la categoría de Clase 4.

2.2 Métodos utilizados en el Perú

Si bien en el Perú existen también equipos tipo respuesta (Bump Integrator), su uso ha sido bastante limitado. En cuanto a la calidad de resultados, la experiencia no ha sido muy afortunada, debido fundamentalmente a la falta de exactitud de las calibraciones efectuadas o a la imposibilidad de mantener las condiciones con las que inicialmente fueron calibrados los equipos, lo que ha incidido en la obtención de resultados inconsistentes con el estado de los pavimentos evaluados.

En consecuencia, la mayor experiencia en el Perú esta relacionada con el método basado en el uso del rugosímetro denominado MERLIN, desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña (5)(6). De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, el método de medición del MERLIN califica por la forma como Clase 3, ya que hace uso de una ecuación de correlación para relacionar los valores que determina con la escala del IRI. Sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, es considerado como un método Clase 1.

El MERLIN es un equipo de diseño simple, que funciona de acuerdo al principio de la palanca. Posee la capacidad de detectar y amplificar las irregularidades que presenta la superficie del pavimento. Lo que mide finalmente el MERLIN no es la magnitud de las deformaciones sino su variabilidad. El principio que sustenta el método es que a mayor variabilidad, mayor resulta la magnitud de la rugosidad.

Para calcular la rugosidad de los pavimentos con el MERLIN, se ha utilizado en un principio el método original propuesto por el TRRL. Posteriormente se realizaron modificaciones a fin de obtener un mayor rendimiento con el equipo. Asimismo, se elaboró una nueva ecuación de correlación, con base en la experiencia peruana, que es empleada para el control de calidad de pavimentos nuevos. El desarrollo completo de la metodología utilizada en la actualidad se puede encontrar en la referencia (7).

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.1 Primeras especificaciones para rugosidad

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos, se consideró que el acabado debería ser tal que la Serviciabilidad de la vía estuviese comprendida en el rango superior de la escala del PSI, es decir, correspondiente a una Transitabilidad Muy Buena (PSI entre 4 y 5). Tomando como base un PSI igual a 4, que es un valor que se supuso podía ser alcanzado fácilmente mediante procesos constructivos convencionales, se estableció utilizando la expresión de Sayers que relaciona el IRI con el PSI (ver sección 1), que la rugosidad que debería solicitar la especificación era de 1.23 m/km.

Fue opinión del Ministerio que tal valor era demasiado exigente y que, por tener la especificación un carácter experimental, debería establecerse un límite algo mayor, pero siempre correspondiente a una Transitabilidad en el rango de Buena (PSI entre 3 y 4). Así se estableció como un límite adecuado, para pavimentos totalmente nuevos, una rugosidad media máxima de 1.5 m/km.

Para el caso de pavimentos recapados, se consideró que la rugosidad de la nueva carpeta asfáltica dependería del grado de deformación de la carpeta antigua existente. Tomando en consideración que ya existía el criterio de proyectar recapados sólo para estructuras existentes con rugosidad no mayor de 3 m/km, se estableció como límite de rugosidad, para el caso de recapados, un valor de 2m/km, el cuál equivale a un PSI de 3.5, es decir, el valor medio en el rango de Transitabilidad Buena.

3.2 Especificaciones actuales para rugosidad

Después de transcurridos mas de 2 años de elaboradas las primeras especificaciones técnicas, período durante el cuál se había estudiado, controlado y supervisado la rugosidad de mas de 2,000 km de carreteras, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, a través del Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad (Octubre 1995), las cuales se incluyeron como parte del control para la recepción de las obras.

De acuerdo al documento publicado, la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico (IRI_c), el cuál es igual al IRI promedio mas el producto de un coeficiente estadístico igual a 1.645 por la desviación estándar ($IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 \text{ Desv.Std.}$). Calculado el IRI característico (IRI_c), el sector o tramo es aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- a. En tramos de pavimento de nueva construcción, el índice IRI_c debe ser menor o igual a 2.0.
- b. En tramos de refuerzo del pavimento (recapados), el índice IRI_c debe ser menor o igual que 2.5.
- c. En tramos de sellado del pavimento, el índice IRI_c debe ser menor o igual que 3.0.

4. EVALUACION DE LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS

4.1 Red vial evaluada

En el período 1992-1996, se llevó a cabo en el Perú un gran programa de rehabilitación de carreteras, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, el cuál estuvo bajo la administración inicial de la Unidad Ejecutora de Proyectos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (UEP), que posteriormente se convirtió en el Programa Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes (PERT). Los trabajos comprendieron la reparación de la Carretera Panamericana y la Carretera Central, vías fundamentales para el Perú. En consecuencia, fueron dichas carreteras fueron las primeras en ser evaluadas para la determinación de su rugosidad, primero durante los estudios para su rehabilitación y posteriormente al finalizar la etapa constructiva. Posteriormente se inicia un segundo programa de rehabilitación que continúa hasta la fecha, el que incluye las principales vías de penetración hacia el interior del país, y en consecuencia, las mediciones se extienden a dicha red.

4.2 Resultados de rugosidad encontrados

El Cuadro N°1 presenta una relación de 117 proyectos de carreteras, ubicados en el Perú, El Salvador y Bolivia, en donde se efectuaron mediciones de rugosidad con MERLIN, y que corresponden a estudios de rehabilitación, mantenimiento y/o control de calidad.

El Cuadro N°2 presenta los resultados de rugosidad y serviciabilidad obtenidos en cada uno de los 117 proyectos descritos en el Cuadro N°1. Los resultados de rugosidad están referidos a la rugosidad promedio y a la rugosidad característica.

Los Cuadros N° 2 y 3 presentan los resultados de rugosidad y serviciabilidad para los diversos tipos de pavimentos que comprendieron los proyectos evaluados en el Perú. Se presentan también resultados obtenidos sobre pavimentos de carreteras en El Salvador y Bolivia, a fin de tener un marco comparativo que permita apreciar los resultados respecto de otras realidades.

Los pavimentos asfálticos nuevos en el Perú presentan una Rugosidad Característica promedio igual a 2.21 m/km, con un máximo de 3.57m/km y un mínimo de 1.35m/km. El PSI promedio de estos pavimentos es 3.37, con un máximo de 3.91 y un mínimo de 2.61. La Transitabilidad, definida de acuerdo a los criterios expuestos, va de Buena a Regular. Los resultados de rugosidad y serviciabilidad obtenidos en el exterior presentan magnitudes similares a los pavimentos peruanos.

Los pavimentos asfálticos antiguos que fueron evaluados durante la ejecución de estudios de rehabilitación, presentaron en promedio una Rugosidad Característica de 6.28m/km, con un máximo de 9.81m/km y un mínimo de 1.63m/km. El PSI promedio de estos pavimentos es de 1.73, con un máximo de 3.72 y un mínimo de 0.84. La Transitabilidad es en consecuencia muy variable y va de Buena a Pésima.

Los recapados asfálticos que se efectuaron como parte de la rehabilitación de la Carretera Panamericana y la Carretera Central, presentaron en promedio una Rugosidad Característica de 2.16m/km, con un máximo de 3.62m/km y un mínimo de 1.42m/km. El PSI promedio de estos pavimentos es igual a 3.39, con un máximo de 3.86 y un mínimo de 2.59. La Transitabilidad, definida de acuerdo a los criterios expuestos, va de Buena a Regular.

Los tratamientos superficiales y los pavimentos afirmados evaluados dieron resultados de rugosidad elevados y, en consecuencia, valores de PSI sumamente bajos. La Transitabilidad de estos pavimentos osciló de Regular a Pésima.

5. CONCLUSIONES

La ingeniería de pavimentos en el Perú ha experimentado un gran avance en el último lustro, con la incorporación de técnicas nuevas para la evaluación de la rugosidad y serviciabilidad de los pavimentos. La disponibilidad de equipos, métodos de medición y especificaciones de rugosidad, definen un estado del arte y la práctica sumamente completo y en continua evolución.

La experiencia y los resultados obtenidos han permitido la elaboración de formulaciones teóricas propias, como consecuencia del cuestionamiento técnico a la

tecnología importada, por la necesidad de lograr una mejor calibración entre los resultados y la realidad física tangible.

Con la incorporación del tema de la rugosidad a la evaluación superficial de pavimentos, se ha logrado amalgamar una herramienta de trabajo sumamente valiosa y confiable, que permite optimizar la toma de decisiones en los proyectos de rehabilitación y obtener pavimentos con mejor capacidad de servicio inicial en los proyectos de construcción, lo que incide en la disminución de los costos de operación vehicular, una mayor seguridad en las carreteras y en la prolongación de la vida útil de la red vial.

6. RECOMENDACIONES

Las empresas constructoras y consultoras, a través de sus cuadros profesionales y técnicos, deben asumir el reto de actualizarse en cuanto al estado del arte de la medición de la rugosidad, como una manera de coadyuvar al mejor desarrollo de los proyectos y a la obtención de productos finales de óptima calidad.

Las asociaciones técnicas afines con la tecnología de pavimentos y carreteras en general, deben promover la ejecución de investigaciones y eventos de capacitación, a fin de desarrollar el tema de la rugosidad, buscando entre otros objetivos, el uso eficiente y confiable de los equipos y métodos disponibles en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MELIS, M.J.; CRESPO, R. "Cálculo del IRI de una Carretera a partir de su Perfil Longitudinal". Cuadernos AEPO N° 1. AEPO S.A. Ingenieros Consultores. Madrid, 1992.
2. CAREY, W. & IRICK, P. "The Pavement Serviceability-Performance Concept". Highway Research Board Special Report 61E, AASHO Road Test, 1962.
3. WATANATADA, T. et al. "The Highway Design and Maintenance Standards Model". Volume I. Published for the World Bank. Washington D.C., 1987.
4. SAYERS, W.S. et al. "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements". The World Bank. Washington, D.C., 1986.
5. 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.
6. CUNDILL, M.A. "MERLIN. A Low Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries". Transportation Research Record 1291. Crowthorne, 1990.
7. DEL AGUILA, P.M. "Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1999.

Nº	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
1	PANAMERICANA SUR	DV. AREQUIPA-DV. MOQUEGUA	DESIVIO MOLLENDO-EL FISCAL	KM 982+000-KM 1040+000	58.0	AREQUIPA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	May-93
2	PANAMERICANA SUR	DESIVIO MOQUEGUA-TACNA	PTE MONTALVO-PTE CAMIARA	KM 1140+000-KM 1213+000	73.0	MOQUEGUA-TACNA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Jun-93
3	PANAMERICANA SUR	DESIVIO MOQUEGUA-TACNA	PTE CAMIARA-TACNA	KM 1213+000-KM 1291+000	78.0	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	37.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Sep-93
8	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	SULLANA-DESIVIO TALARA	KM 1018+700-KM 1093+300	74.6	PIURA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Oct-93
9	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	DESIVIO 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	98.0	TUMBES	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Nov-93
11	LA OROYA-TARMA-SATIPO	LA OROYA-TARMA	DESIVIO 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	5.0	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	22.2	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Apr-94
17	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PTE. SANTA - PACASMAYO	KM 445+087-KM 668+055	223.0	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Sep-94
18	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	AREQUIPA-JULIACA	YURA-PATAHUASI	KM 0+000 - KM 11+000	11.0	AREQUIPA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Nov-94
19	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	AREQUIPA-JULIACA	YURA-PATAHUASI	KM 11+000 - KM 52+000	41.0	AREQUIPA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Nov-94
20	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	ILO-PANAMERICANA SUR	KM 0+000-KM 7+200	7.2	MOQUEGUA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jan-95
21	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	ILO-PANAMERICANA SUR	KM 7+200-KM 12+500	5.3	MOQUEGUA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Jan-95
22	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	ILO-PANAMERICANA SUR	KM 12+500-KM 42+700	30.2	MOQUEGUA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Jan-95
23	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	VARIANTE CEMENTERIO	KM 90+800-KM 99+700	8.9	MOQUEGUA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Jan-95
24	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	SAMEGUA-TORATA	KM 99+700-KM 120+000	20.3	MOQUEGUA	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Jan-95
25	NAZCA-ABANCAY-CUZCO	PUOUIO-CHALHUANCA	PUOUIO-DESIVIO PAMPACHIRI	KM 0+000-KM 90+000	90.0	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	50.0	LIMA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	May-95
32	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+000-KM 8+000	7.2	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	Jun-95
33	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 8+000-KM 68+000	60.0	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Jun-95
34	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 68+000-KM 81+000	13.0	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	Jun-95
35	PANAMERICANA NORTE	RUTA DE OLMOS	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 81+000-KM 86+000	5.0	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	28.0	TUMBES	CARPETA SELLO ASFALTICO	Aug-95
38	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1224+000-KM 1294+000	70.0	TUMBES	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Aug-95
39	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 574+000-KM 597+000	23.0	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
40	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 597+000-KM 605+000	8.0	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
41	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 605+000-KM 611+000	6.0	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
42	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 611+000-KM 617+000	6.0	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
43	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 617+000-KM 643+000	26.0	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
44	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 643+000-KM 658+000	15.0	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
45	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 658+000-KM 661+000	3.0	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
46	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 661+000-KM 665+000	4.0	LA LIBERTAD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Aug-95
47	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	TRUJILLO-PACASMAYO	KM 665+000-KM 668+000	3.0	LA LIBERTAD	RECAPADO ASFALTICO	Aug-95
48	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	CATAC-HUARAZ	KM 0+000 - KM 35+000	35.0	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	13.0	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
58	PANAMERICANA NORTE	PUENTE SANTA-PACASMAYO	PUENTE SANTA-TRUJILLO	KM 508+700-KM 544+700	36.0	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

Cuadro N° 1
Relación de Proyectos de Rugosidad evaluada con MERLIN

N°	PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
61	PANAMERICANA NORTE	AUTOPISTA ANCON-HUACHO	RIO SECO-HUACHO	KM 110-KM 149 (VIA IZOU 1	39.0	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	5.0	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Mar-96
66	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 5+000-KM 7+000	2.0	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Mar-96
67	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 7+000-KM 10+000	3.0	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Mar-96
68	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 10+000-KM 40+000	30.0	PASCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Mar-96
69	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 40+000-KM 72+000	32.0	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	10.0	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
78	CA2 (DEL LITORAL)	LA LIBERTAD-COMALAPA	LA LIBERTAD-COMALAPA	KM 40+000-KM 60+000	20.0	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
79	CA2 (DEL LITORAL)	LA LIBERTAD-KILO	LA LIBERTAD-KILO	KM 0+000-KM 20+000	20.0	EL SALVADOR	BASE GRANULAR	Jul-96
80	AUTOPISTA SUR	TORRE DEMOCR -MONSERRAT	TORRE DEMOCR -MONSERRAT	CALLE URBANA	22.0	EL SALVADOR	TRATAMIENTO MICROPAV.	Jul-96
81	PANAMERICANA NORTE	DV ANCON-CHANCA Y	SERPENTIN DE PASAMAYO	KM 44+000-KM 66+000	22.0	LIMA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Sep-96
82	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATA C	CONOCOCHA-PUENTE SAHUAY	KM 127+100-KM 135+410	8.3	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	Oci-95
83	PANAMERICANA NORTE	DV ANCON-CHANCA Y	SERPENTIN DE PASAMAYO	KM 143+000-KM 166+000	23.0	LIMA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Nov-96
84	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG -EMPALME RUTA 1N	KM 713+285-KM 784+383	KM 713+285-KM 766+624	53.3	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Nov-96
85	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG -EMPALME RUTA 1N	KM 766+624-KM 769+264 (S-N)	KM 766+624-KM 769+264	2.6	LAMBAYEQUE	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Nov-96
86	PANAMERICANA NORTE	LMTE REG -EMPALME RUTA 1N	KM 766+624-KM 769+264 (N-S)	KM 766+624-KM 769+264	2.6	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	10.1	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	26.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Nov-96
91	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-CARACOL	KM 432+000 - KM 440+000	KM 432+000 - KM 440+000	8.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Nov-96
92	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	CUZCO-JULIACA	CUZCO-COMBAPATA	KM 0+000 - KM 96+000	96.0	CUZCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	May-97
93	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	CUZCO-JULIACA	CUZCO-COMBAPATA	KM 0+000 - KM 96+000	96.0	CUZCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Jun-97
94	AREQUIPA-JULIACA	AREQUIPA-PATAHUASI (CD)	AREQUIPA-YURA	KM 0+000 - KM 15+000	19.0	AREQUIPA	TRATAMIENTO SUPERF BICAPA	Jun-97
95	AREQUIPA-JULIACA	AREQUIPA-PATAHUASI (CI)	AREQUIPA-YURA	KM 0+000 - KM 19+000	19.0	AREQUIPA	TRATAMIENTO SUP BICAPA	Jun-97
96	CARRETERA CENTRAL	LA OROYA-HUANUCO	HUAYRE-CHICRIN (CD)	KM 0+000 - KM 72+000	72.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-97
97	CARRETERA CENTRAL	LA OROYA-HUANUCO	HUAYRE-CHICRIN (CI)	KM 0+000 - KM 72+000	72.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-97
98	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANCAYO-AYACUCHO	AYACUCHO-HUANTA	AYACUCHO-HUANTA	400.0	AYACUCHO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Oci-97
99	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANTA-MAYOCC	HUANTA-MAYOCC	400.0	AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Oci-97
100	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-IMPERIAL	PAMPAS-IMPERIAL	400.0	HUANCAVELICA	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Oci-97
101	HUANCAYO-AYACUCHO	IMPERIAL-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	PAMPAS-MAYOCC	400.0	AYACUCHO	BASE GRANULAR O AFIRMADO	Oci-97
102	PISCO-AYACUCHO	SAN CLEMENTE-PUENTE PACRA	KM 0+000 - KM 80+000	KM 0+000 - KM 80+000	80.0	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	80.0	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	72.1	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	72.1	LA PAZ-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Feb-98
106	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 0+000-KM 6+500	6.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	Dec-97
107	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 6+500-KM 86+000	79.5	LAMBAYEQUE	RECAPADO ASFALTICO	Dec-97
108	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS (2º AÑO)	KM 86+000-KM 91+800	5.8	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	59.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jun-98
110	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR	KM 409+000 - KM 468+000 (C I)	KM 409+000 - KM 468+000	59.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jun-98
111	HUANUCO-TINGO MARIA	MIRADOR-TINGO MARIA	KM 409+000 - KM 468+000 (C D)	KM 468+000 - KM 528+000	60.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jun-98
112	HUANUCO-TINGO MARIA	MIRADOR-TINGO MARIA	KM 409+000 - KM 468+000 (C I)	KM 468+000 - KM 528+000	60.0	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jun-98
113	COCHABAMBA-QUILLACOLLO	VIA NORTE	KM 1+200 - KM 14+600	KM 1+200 - KM 14+600	13.4	COCHABAMBA-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-98
114	COCHABAMBA-QUILLACOLLO	VIA SUR	KM 1+200 - KM 14+600	KM 1+200 - KM 14+600	13.4	COCHABAMBA-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-98
115	RIO NIEVA-RIO JA	PTE NIEVA-FTE EL AFLUENTE	KM 381+400 - KM 402+700	KM 381+400 - KM 402+700	21.3	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	88.6	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	88.6	ICA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Sep-98

Cuadro N° 1 (Continuación)
Relación de Proyectos de Rugosidad evaluada con MERLIN

Nº	PROYECTO	SUBTRAMO	PAVIMENTO	Rpromedio (IRI)	DESVIACION STANDARD	COEFICIENTE VARIACION	Rcaracteristico (IRI)	SERVICIABILIDAD (PSI)
1	PANAMERICANA SUR	KM 982+000-KM 1040+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.11	0.99	16.20	7.74	1.22
2	PANAMERICANA SUR	KM 1140+000-KM 1213+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.48	1.44	22.22	8.85	1.00
3	PANAMERICANA SUR	KM 1213+000-KM 1291+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.35	1.89	29.76	9.46	0.90
4	CARRETERA CENTRAL	KM 247+000-KM 323+500	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.89	1.50	30.67	7.36	1.31
5	CARRETERA CENTRAL	KM 2+400-KM 39+300	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	3.87	1.23	31.78	5.89	1.71
6	CARRETERA CENTRAL	KM 39+300-KM 46+500	TRATAMIENTO BICAPA	5.13	0.91	17.74	6.63	1.50
7	CARRETERA CENTRAL	KM 46+500-KM 83+500	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	2.35	0.55	23.40	3.25	2.77
8	PANAMERICANA NORTE	KM 1018+700-KM 1093+300	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	5.01	1.75	34.93	7.89	1.19
9	PANAMERICANA NORTE	KM 1093+300-KM 1196+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	2.07	0.36	17.29	2.66	3.08
10	PANAMERICANA NORTE	KM 1196+000-KM 1294+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	2.41	0.37	15.35	3.02	2.89
11	LA OROYA-TARMA-SATIPO	KM 20+000-KM 32+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.44	0.33	13.52	2.98	2.91
12	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 122+000 - KM 127+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	7.31	1.00	13.68	8.96	0.98
13	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 127+000 - KM 135+400	TRATAMIENTO BICAPA	3.80	0.29	7.63	4.28	2.30
14	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 135+400 - KM 143+200	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	7.59	1.35	17.79	9.81	0.84
15	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 143+200 - KM 165+400	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.39	1.33	20.81	8.58	1.05
16	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 143+200 - KM 165+400	TRATAMIENTO BICAPA	4.40	0.72	16.36	5.58	1.81
17	PANAMERICANA NORTE	KM 445+087-KM 668+055	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.61	0.71	15.40	5.78	1.75
18	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	KM 0+000 - KM 11+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.07	0.73	17.94	5.27	1.92
19	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	KM 11+000 - KM 52+000	BASE GRANULAR O AFIRMADO	10.83	1.51	13.94	13.31	0.44
20	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 0+000-KM 7+200	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.16	0.15	4.75	3.41	2.69
21	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 7+200-KM 12+500	BASE GRANULAR O AFIRMADO	5.33	0.74	13.88	6.55	1.52
22	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 12+500-KM 42+700	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.01	0.94	23.44	5.56	1.82
23	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 90+800-KM 99+700	BASE GRANULAR O AFIRMADO	10.98	2.59	23.59	15.24	0.31
24	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 99+700-KM 120+000	TRATAMIENTO BICAPA	5.41	1.64	30.31	8.11	1.14
25	NAZCA-ABANCAY-CUZCO	KM 0+000-KM 90+000	BASE GRANULAR O AFIRMADO	12.19	0.15	1.23	12.44	0.52
26	PANAMERICANA NORTE	KM 568+700-KM 573+870	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.19	0.14	11.76	1.42	3.86
27	PANAMERICANA NORTE	KM 573+800-KM 591+000	RECAPADO ASFALTICO	1.56	0.20	12.82	1.89	3.55
28	PANAMERICANA NORTE	KM 591+000-KM 668+054	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.22	1.51	35.78	6.70	1.48
29	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+200	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.33	0.16	12.03	1.59	3.74
30	PANAMERICANA NORTE	KM 6+200-KM 23+600	RECAPADO ASFALTICO	1.26	0.18	14.29	1.56	3.77
31	LIMA-CANTA	KM 21+000-KM 71+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	5.61	0.95	16.93	7.17	1.36
32	PANAMERICANA NORTE	KM 0+800-KM 8+000	RECAPADO ASFALTICO	2.90	0.44	15.17	3.62	2.59
33	PANAMERICANA NORTE	KM 8+000-KM 68+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	4.87	1.14	23.41	6.75	1.47
34	PANAMERICANA NORTE	KM 68+000-KM 81+000	RECAPADO ASFALTICO	1.81	0.30	16.57	2.30	3.29
35	PANAMERICANA NORTE	KM 81+000-KM 86+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.56	0.83	12.65	7.93	1.18
36	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.47	0.15	10.20	1.72	3.66
37	PANAMERICANA NORTE	KM 1196+000-KM 1224+000	CARPETA CON SELLO ASFALT	1.84	0.35	19.02	2.42	3.22
38	PANAMERICANA NORTE	KM 1224+000-KM 1294+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	1.30	0.20	15.38	1.63	3.72
39	PANAMERICANA NORTE	KM 574+000-KM 597+000	RECAPADO ASFALTICO	1.40	0.18	12.86	1.70	3.67
40	PANAMERICANA NORTE	KM 597+000-KM 605+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.41	0.25	17.73	1.82	3.59
41	PANAMERICANA NORTE	KM 605+000-KM 611+000	RECAPADO ASFALTICO	1.64	0.30	18.29	2.13	3.39
42	PANAMERICANA NORTE	KM 611+000-KM 617+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.36	0.25	18.38	1.77	3.62
43	PANAMERICANA NORTE	KM 617+000-KM 643+000	RECAPADO ASFALTICO	1.39	0.19	13.67	1.70	3.67
44	PANAMERICANA NORTE	KM 643+000-KM 658+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.18	0.16	13.56	1.44	3.85
45	PANAMERICANA NORTE	KM 658+000-KM 661+000	RECAPADO ASFALTICO	1.49	0.33	22.15	2.03	3.46
46	PANAMERICANA NORTE	KM 661+000-KM 665+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.25	0.06	4.80	1.35	3.91
47	PANAMERICANA NORTE	KM 665+000-KM 668+000	RECAPADO ASFALTICO	1.43	0.29	20.28	1.91	3.53
48	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 0+000 - KM 35+000	TRATAMIENTO BICAPA	3.80	0.82	21.58	5.15	1.96
49	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 0+000-KM 20+500	TRATAMIENTO BICAPA	3.99	1.16	29.07	5.90	1.71
50	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA CON SELLO ASFALT.	2.91	0.60	20.62	3.90	2.46
51	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 85+000	RECAPADO ASFALTICO	2.14	0.38	17.76	2.77	3.02
52	PANAMERICANA NORTE	KM 445+087-KM 447+250	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.49	0.28	18.79	1.95	3.51
53	PANAMERICANA NORTE	KM 447+250-KM 461+000	RECAPADO ASFALTICO	1.21	0.14	11.57	1.44	3.85
54	PANAMERICANA NORTE	KM 461+000-KM 474+000	RECAPADO ASFALTICO	1.62	0.28	17.28	2.08	3.43
55	PANAMERICANA NORTE	KM 474+000-KM 478+300	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.35	0.17	12.59	1.63	3.72
56	PANAMERICANA NORTE	KM 478+300-KM 488+400	RECAPADO ASFALTICO	1.19	0.14	11.76	1.42	3.86
57	PANAMERICANA NORTE	KM 488+400-KM 508+700	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.31	0.19	14.50	1.62	3.72
58	PANAMERICANA NORTE	KM 508+700-KM 544+700	RECAPADO ASFALTICO	1.43	0.33	23.08	1.97	3.49
59	PANAMERICANA NORTE	KM 544+700-KM 552+400	RECAPADO ASFALTICO	1.84	0.53	28.80	2.71	3.05
60	PANAMERICANA NORTE	KM 552+400-KM 558+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.29	0.19	14.73	1.60	3.74

Cuadro Nº 2
Resultados de Rugosidad y Serviciabilidad

N°	PROYECTO	SUBTRAMO	PAVIMENTO	Rpromedio (IRI)	DESVIACION STANDARD	COEFICIENTE VARIACION	Rcaracteristico (IRI)	SERVICIABILIDAD (PSI)
61	PANAMERICANA NORTE	KM 110-KM 149 (VIA IZQU.)	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.49	0.27	18.12	1.93	3.52
62	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA CON SELLO ASFALT.	2.64	0.28	10.61	3.10	2.85
63	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 86+000	RECAPADO ASFALTICO	1.77	0.36	20.34	2.36	3.25
64	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.45	0.32	22.07	1.98	3.49
65	CARRETERA CENTRAL	KM 0+000-KM 5+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.26	0.26	11.50	2.69	3.07
66	CARRETERA CENTRAL	KM 5+000-KM 7+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.59	0.15	5.79	2.84	2.99
67	CARRETERA CENTRAL	KM 7+000-KM 10+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.30	0.25	10.87	2.71	3.05
68	CARRETERA CENTRAL	KM 10+000-KM 40+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.35	0.30	12.77	2.84	2.98
69	CARRETERA CENTRAL	KM 40+000-KM 72+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.26	0.36	15.93	2.85	2.98
70	CARRETERA CENTRAL	KM 72+000-KM 86+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.87	0.25	13.37	2.28	3.30
71	CARRETERA CENTRAL	KM 40+000-KM 86+500	RECAPADO ASFALTICO	2.13	0.37	17.37	2.74	3.04
72	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 40+700-KM 52+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.58	0.24	15.19	1.97	3.49
73	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 52+000-KM 54+600	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.60	0.12	7.50	1.80	3.61
74	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 54+600-KM 60+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.60	0.16	10.00	1.86	3.56
75	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 60+000-KM 69+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.52	0.20	13.16	1.85	3.57
76	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 69+800-KM 83+200	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.85	0.23	12.43	2.23	3.33
77	TRONCAL CA1	KM 40+000-KM 50+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.68	0.39	14.55	3.32	2.73
78	CA2 (DEL LITORAL)	KM 40+000-KM 60+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.32	0.24	10.34	2.71	3.05
79	CA2 (DEL LITORAL)	KM 0+000-KM 20+000	BASE GRANULAR	3.91	0.19	4.86	4.22	2.32
80	AUTOPISTA SUR	CALLE URBANA	TRATAMIENTO MICROPAVIM	3.60	0.20	5.56	3.93	2.45
81	PANAMERICANA NORTE	KM 44+000-KM 66+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.90	0.34	17.89	2.46	3.20
82	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 127+100-KM 135+410	TRATAMIENTO BICAPA	3.16	0.55	17.41	4.06	2.39
83	PANAMERICANA NORTE	KM 143+000-KM 166+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.85	0.27	14.59	2.29	3.29
84	PANAMERICANA NORTE	KM 713+285-KM 766+624	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.98	0.45	22.73	2.72	3.05
85	PANAMERICANA NORTE	KM 766+624-KM 769+264	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.13	0.21	9.86	2.48	3.19
86	PANAMERICANA NORTE	KM 766+624-KM 769+264	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.64	0.49	18.56	3.45	2.67
87	PANAMERICANA NORTE	KM 772+000-KM 782+119	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.37	0.73	30.80	3.57	2.61
88	PANAMERICANA NORTE	KM 772+000-KM 782+119	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.28	0.58	25.44	3.23	2.78
89	PANAMERICANA NORTE	KM 782+119-KM 784+383	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.24	0.23	10.27	2.62	3.11
90	HUANUCO-TINGO MARIA	KM 442+000 - KM 468+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	3.46	1.21	34.97	5.45	1.86
91	HUANUCO-TINGO MARIA	KM 432+000 - KM 440+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	2.55	0.43	16.86	3.26	2.77
92	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	KM 0+000 - KM 96+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	3.41	1.20	35.19	5.38	1.88
93	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	KM 0+000 - KM 96+000	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	3.66	1.39	37.98	5.95	1.70
94	AREQUIPA-JULIACA	KM 0+000 - KM 19+000 CD	TRATAMIENTO BICAPA	3.12	0.55	17.63	4.02	2.41
95	AREQUIPA-JULIACA	KM 0+000 - KM 19+000 CI	TRATAMIENTO BICAPA	3.29	0.78	23.71	4.57	2.18
96	CARRETERA CENTRAL	LA OROYA-HUANUCO C.D	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.23	0.24	19.51	1.62	3.72
97	CARRETERA CENTRAL	LA OROYA-HUANUCO C.I	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.24	0.28	22.58	1.70	3.67
98	HUANCAYO-AYACUCHO	AYACUCHO-HUANTA	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	6.65	0.10	1.50	6.81	1.45
99	HUANCAYO-AYACUCHO	HUANTA-MAYOCC	BASE GRANULAR O AFIRMADO	6.65	0.05	0.75	6.73	1.47
100	HUANCAYO-AYACUCHO	PAMPAS-IMPERIAL	BASE GRANULAR O AFIRMADO	7.75	0.10	1.29	7.91	1.19
101	HUANCAYO-AYACUCHO	PAMPAS-MAYOCC	BASE GRANULAR O AFIRMADO	11.00	0.10	0.91	11.16	0.66
102	PISCO-AYACUCHO	KM 0+000 - KM 80+000 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.66	0.33	19.88	2.20	3.35
103	PISCO-AYACUCHO	KM 0+000 - KM 80+000 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.38	0.33	23.91	1.92	3.52
104	RIO SECO-DESAGUADERO	KM 0+612-KM 72+750 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.33	0.42	31.58	2.02	3.46
105	RIO SECO-DESAGUADERO	KM 0+612-KM 72+750 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.36	0.39	28.68	2.00	3.47
106	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA CON SELLO ASFALT.	2.93	0.31	10.58	3.44	2.68
107	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 86+000	RECAPADO ASFALTICO	1.87	0.38	20.32	2.50	3.18
108	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.36	0.25	18.38	1.77	3.62
109	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR (CD)	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.33	0.24	18.05	1.72	3.65
110	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.21	0.29	23.97	1.69	3.68
111	HUANUCO-TINGO MARIA	MIRADOR-TINGO MARIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.70	0.59	34.71	2.67	3.08
112	HUANUCO-TINGO MARIA	MIRADOR-TINGO MARIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.68	0.47	27.98	2.45	3.20
113	COCHABAMBA-QUILLACOLLO	KM 1+200 - KM 14+600 VN	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.91	0.64	33.51	2.96	2.92
114	COCHABAMBA-QUILLACOLLO	KM 1+200 - KM 14+600 VS	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.05	0.58	28.29	3.00	2.90
115	RIO NIEVA-RIOJA	KM 381+400 - KM 402+700	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.59	0.19	11.95	1.90	3.54
116	PISCO-AYACUCHO	KM 80+200 - KM 168+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.38	0.25	18.12	1.79	3.61
117	PISCO-AYACUCHO	KM 80+200 - KM 168+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.42	0.29	20.42	1.90	3.54

Cuadro N° 2 (Continuación)
Resultados de Rugosidad y Serviciabilidad

PARAMETRO	TIPO DE PAVIMENTO					
	ASFALTICO NUEVO (PERU)	ASFALTICO NUEVO (EL SALVADOR Y BOLIVIA)	ASFALTICO ANTIGUO	RECAPADO ASFALTICO	TRATAMIENTO BICAPA O SELLO	BASE GRANULAR O AFIRMADO
No DE DATOS	41	11	25	17	12	7
Rc PROMEDIO (IRI)	2.21	2.34	6.28	2.16	4.90	10.48
DESV.STANDARD	0.60	0.53	2.18	0.56	1.39	3.19
COEF.VARIACION	27.29	22.53	34.70	25.93	28.36	30.41
MAXIMO	3.57	3.32	9.81	3.62	8.11	15.24
MINIMO	1.35	1.80	1.63	1.42	3.10	6.55

Cuadro N° 3
Rugosidad Característica medida para diferentes tipos de pavimento

PARAMETRO	TIPO DE PAVIMENTO					
	ASFALTICO NUEVO (PERU)	ASFALTICO NUEVO (EL SALVADOR Y BOLIVIA)	ASFALTICO ANTIGUO	RECAPADO ASFALTICO	TRATAMIENTO BICAPA O SELLO	BASE GRANULAR O AFIRMADO
No DE DATOS	41	11	25	17	12	7
PSI PROMEDIO	3.37	3.28	1.73	3.39	2.11	0.87
DESV.STANDARD	0.36	0.30	0.74	0.33	0.48	0.47
COEF.VARIACION	10.60	9.28	42.86	9.81	22.69	53.75
MAXIMO	3.91	3.61	3.72	3.86	2.85	1.52
MINIMO	2.61	2.73	0.84	2.59	1.14	0.31

Cuadro N° 4
Serviciabilidad determinada para diferentes tipos de pavimentos

ANEXO 02:
DATOS DE IRI OBTENIDOS POR GRUPOS VECINOS
INFORMACIÓN ENVIADA POR EL MTC RELACIÓN DE IRI ANTERIOR

CALCULO PROMEDIO DE IRI OBTENIDOS CON EL EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FIN	DERECHA	IZQUIERDA	PROMEDIO	IRI	$PSI = 5 e^{-(IRI/ 5.5)}$	Transitabilidad (Calificativo)
100+400	100+800	4.72	4.58	4.65	4.85	2.15	Regular
101+000	101+400	4.70	5.11	4.91			
102+100	102+500	4.74	5.11	4.93	4.67	2.04	Regular
103+200	103+600	4.64	4.22	4.43			
104+600	105+000	4.25	4.43	4.34	4.54	2.27	Regular
105+000	105+400	4.04	4.64	4.34			
106+200	106+600	4.52	4.29	4.41	4.15	2.24	Regular
107+600	106+600	3.66	4.00	3.83			
108+800	109+200	4.27	4.60	4.44	4.83	2.23	Regular
109+600	110+000	4.73	5.05	4.89			

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

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

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO DEL ARCHIVO	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG. INICIAL	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 (Km.)	%
0 - 2.800	0.00	0.00
2.801- 4.000	7.60	0.29
4.001- 5.000	14.40	0.55
>= 5.001	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - MERLÍN

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

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

PROMEDIO ARITMETICO

3.36

Rango IRI	Longitud (Km.)	%
0 - 2.800	0.80	0.07
2.801- 4.000	10.80	0.90
4.001- 5.000	0.40	0.03
>= 5.001	0.00	0.00
Total	12.00	1.00

ANEXO 03:
PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO

ANEXO 03

PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO



FOTO 01: Ensayo con Rugosímetro MERLIN en el Sub Tramo 1:
Km. 108+000 al 107+600. Lado Derecho

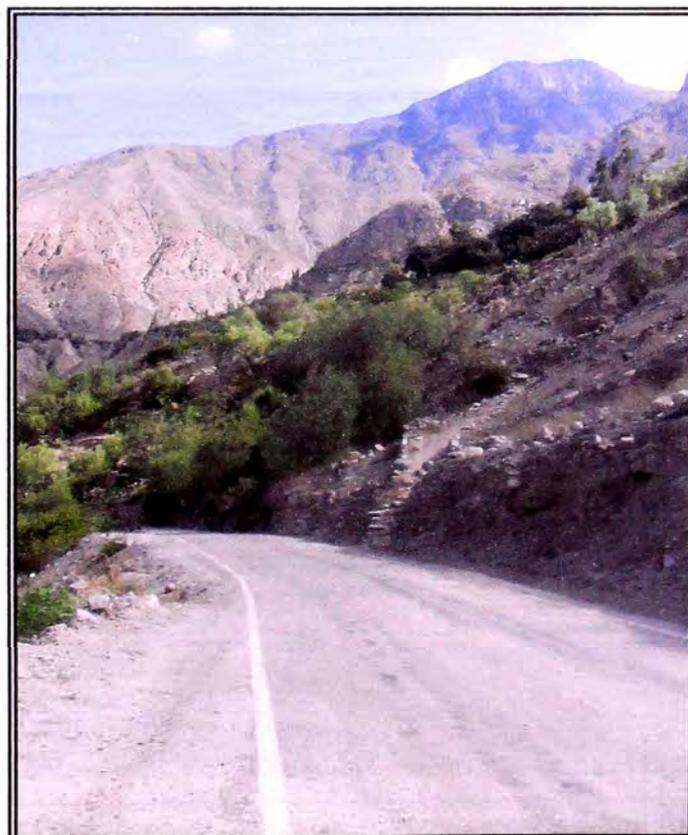


FOTO 02: Carpeta de Monocapa Sub Tramo 1: Km. 108+000 al 107+600



FOTO 03: Falta de drenaje del escurrimiento superficial, Km. 107+790 (LI).



FOTO 04: Obstrucción de alcantarilla PVC, en progresiva Km. 107+690 (LI).



FOTO 05: Obstrucción de alcantarilla de concreto, Km. 107+680 (LI).

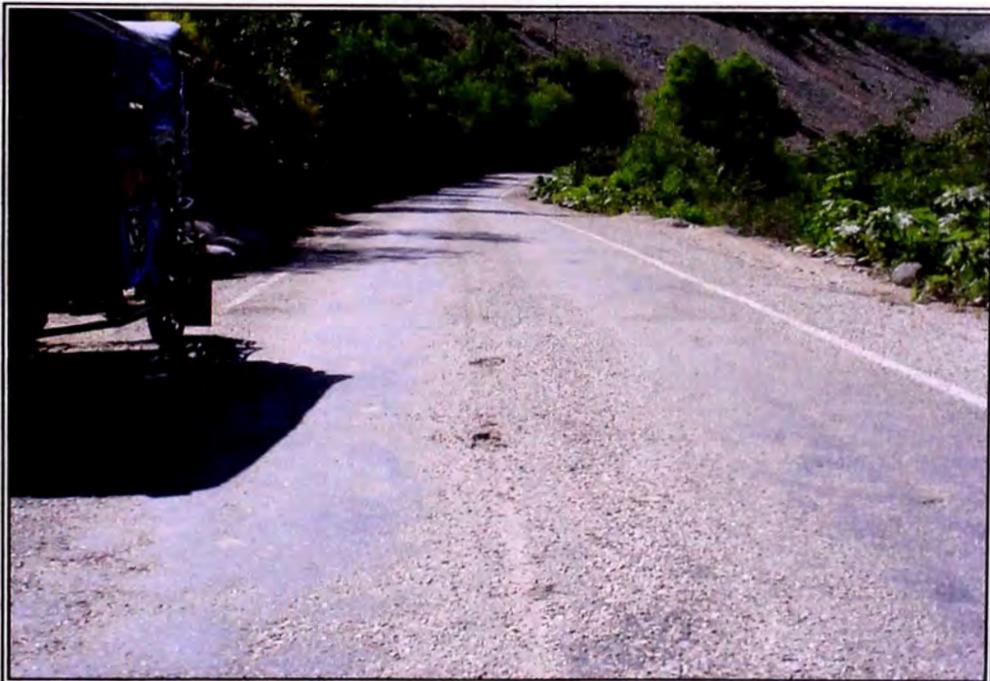


FOTO 06: Presencia de pequeños huecos en el eje de la vía, entre las progresivas Km. 107+660 al Km. 107+690.



FOTO 07: Se observa las condiciones de tráfico actual existente en la vía.

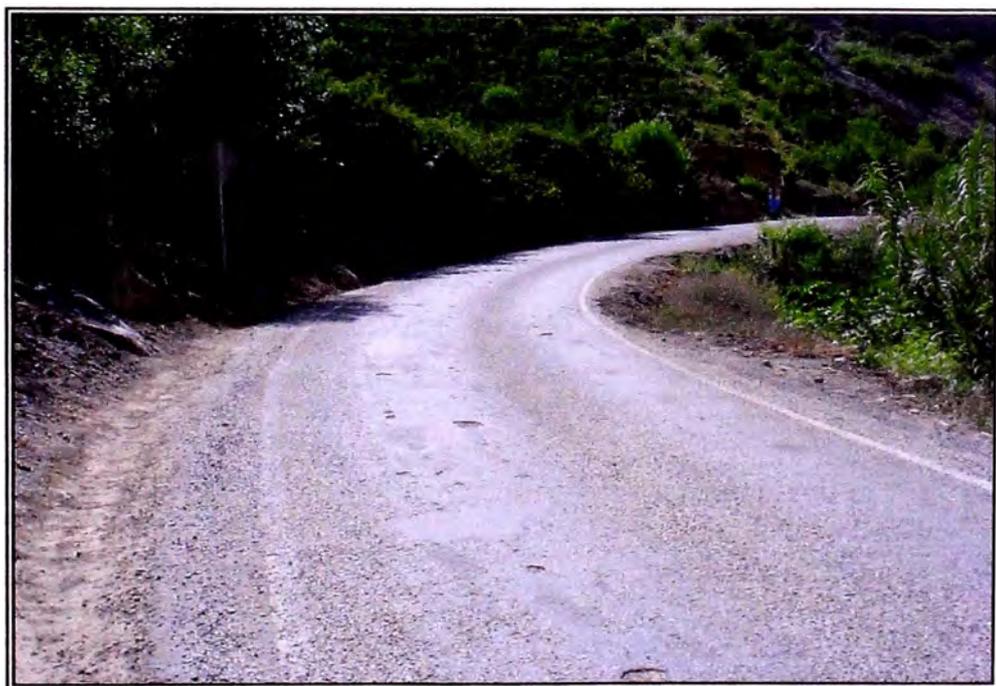


FOTO 08: Presencia de pequeños huecos en la superficie del tratamiento monocapa, entre las progresivas Km. 107+500 al Km. 107+570.



FOTO 09: Se observa estructura de baden, en la progresiva Km. 106+775.



FOTO 10: Se observa dren natural con material filtrante, Km. 106+740.



FOTO 11: Presencia de pequeños huecos en la superficie del tratamiento monocapa, entre las progresivas Km. 106+700 al Km. 106+720.



FOTO 12: Inicio de ensayo Sub Tramo 2: Km. 106+000. Lado Derecho Sub Tramo 2: Km. 106+600 al 106+200

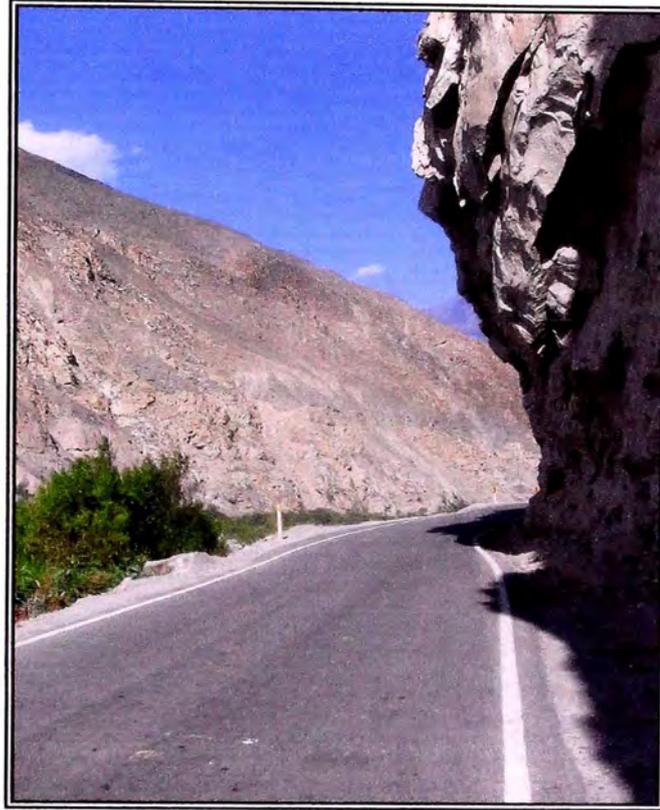


FOTO 13: Slurry Seal sobre Monocapa
Sub Tramo 1: Km. 106+600 al 106+200



FOTO 14: Alcantarilla donde se observa escurrimiento de la carpeta en la Huella Derecha de la superficie monocapa entre las progresivas Km. 106+450 al Km. 106+460. Caia toma lado Izquierdo



FOTO 15: Presencia de pequeños huecos en la superficie del tratamiento superficial Slurry Seal sobre Monocapa, entre las progresivas Km. 106+030 al Km. 106+050.



FOTO 16: Presencia de pequeños huecos DE 1.5 mm. Aproximadamente en la monocapa, entre las progresivas Km. 106+030 al Km. 106+050.



FOTO 17: Se observa zona de inestabilidad de talud, Km. 106+020 (LI).



FOTO 18: Se observa a los Integrantes del Grupo de Campo N° 4.