

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE – HUANCAYO Km. 116+000 AL Km. 118+000

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

LUIS FERNANDO PONSECA CCAHUIN

Lima – Perú

2010

ÍNDICE	
RESUMEN.....	3
LISTA DE CUADROS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE SÍMBOLOS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I.- PERFIL DEL PROYECTO	
1.1. Antecedentes.....	9
1.2. Ubicación.....	11
1.3. Clima y Topografía.....	12
1.4. Relieve.....	12
1.5. Estado Situación Inicial.....	13
1.6. Tramo Evaluado Km. 116+000-Km. 118+000.....	16
1.7. Solución Aplicada.....	17
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD	
2.1. Estado del Arte del Equipo Merlín.....	18
2.2. Equipo Merlín.....	18
2.3. Rugosidad en Pavimentos.....	21
2.3.1 El Experimento Internacional de Rugosidad en Caminos (IRRE).....	21
2.3.2 Definición de Rugosidad.....	21
2.3.3 Definición de Índice de Rugosidad Internacional IRI.....	22
2.4. Fundamento Teórico.....	23
2.5. Correlación D versus IRI.....	25
2.6. Ejecución de Ensayos.....	25
2.7. Cálculo del Rango D.....	26
2.8. Factor de Corrección para el ajuste de "D".....	27
2.9. Cálculo de la rugosidad en la escala IRI.....	27
2.10. Determinación del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI - Present Serviciability Index).....	27
2.11. Escala de la Serviciabilidad AASHTO.....	28
CAPÍTULO III.- APLICACIÓN AL TRAMO KM. 116+000-KM. 118+000 CON MONOCAPA	
3.1. Toma de Datos en la Progresiva 116+000-118+000.....	29
3.1.1 Personal para realizar el Ensayo	29

3.2. Histograma de Frecuencias.....	32
3.3. Cálculo del Rango D.....	34
3.4. Factor de Corrección.....	34
3.5. Aplicación del Factor de Corrección al Rango D.....	35
3.6. Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	36
3.7. Determinación del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI - Present Serviciability Index).....	36
3.8. Comparación con Otros Tramos.....	37
 CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Interpretación del IRI.....	39
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	43

RESUMEN

La carretera Cañete-Yauyos-Chupaca, que une los departamentos de Lima y Junín, tiene una longitud de 271.73km; se inicia en el segundo ovalo de Cañete y culmina en la ciudad de Chupaca, la que se desarrolla a lo largo del cauce del río Cañete y en su recorrido atraviesa centros poblados importantes como: Imperial, Lunahuana, Pacaran, Zúñiga, Catahuasi, Yauyos, Tinco Alis, Tomas, San Jose de Quero, Ronchas y Chupaca, la altitud más baja se ubica en el centro poblado Imperial con 71msnm, perteneciente a la región costa y el más alto en el paso Abra Chaucha con 4751msnm, perteneciente a la región puna.

La carretera pertenece a la Ruta Nacional 24, Corredor Vial N°13, fue adjudicada a la empresa Consorcio Gestión de Carreteras, mediante concurso público, para ejecutar los trabajos de Conservación Vial por Niveles de Servicio por un periodo de 05 años, el monto del contrato asciende a 131'589,139.71, el contrato se dió inicio el primero de febrero del 2008, realizándose como punto de partida, un inventario vial a fin de conocer la situación actual de la carretera.

Los términos de referencia del contrato señalan que se debe dar una solución básica a la superficie actual de la vía, previamente conformada, sin realizar cambios en la geometría y trazo de la vía existente, con la finalidad de mantener el confort y seguridad del usuario al recorrer la vía.

Siendo uno de los primeros trabajos experimentales con tratamiento superficial que se esta aplicando en nuestro país, a través del programa Proyecto Perú propuesto por el MTC-PROVIAS NACIONAL, se realizaron estudios de evaluación de la rugosidad del pavimento, mediante mediciones en campo en el tramo asignado Km. 116+000-Km. 118+000, con el objetivo de determinar su condición actual, evaluar su comportamiento y aportar con información estándar en la investigación que se viene realizando.

La evaluación de la rugosidad para obtener el IRI (Índice de Rugosidad Internacional), se realizó con el equipo MERLIN, debido básicamente a sus características de fácil manejo, análisis simple y gran precisión de los resultados.

El IRI es un parámetro que resume matemáticamente la calidad de la superficie de rodadura de un pavimento y se expresa en unidades de m/km o mm/m y su valor es necesario para determinar el PSI.

El IRI promedio obtenido del carril izquierdo del tramo es de 3.50m/Km y el IRI característico es de 3.90/Km, está dentro del rango de 2.50m/km a 6.00m/km para pavimentos antiguos.

El PSI de la carretera calculado a partir de la ecuación de Sayers es 2.45 y califica como regular, es un resultado aceptable por las mismas características mencionadas anteriormente.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.1: Distancias por tramos y tipos de superficie de rodadura.....	15
Cuadro N° 1.2: Estado de la vía y tiempos de recorrido.....	16
Cuadro N° 2.1: Escala de calificación de la serviciabilidad ASSHTO (1962).....	28
Cuadro N° 3.1: Resultados del IRI por tramos y su relación con el PSI.....	37
Cuadro N° 3.2: Resultados del IRI y su relación con el PSI de la Carretera.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Ubicación de la Carretera.....	11
Figura N° 1.2: Perfil Longitudinal de la Carretera.....	12
Figura N° 1.3: Sección en Monocapa.....	17
Figura N° 2.1: El Equipo MERLIN.....	19
Figura N° 2.2: Formato de Escala.....	20
Figura N° 2.3: Escala de Rugosidad para Pavimentos (IRI).....	22
Figura N° 2.4: Requerimiento del IRI según tipo de Pavimento.....	23
Figura N° 2.5: Medición de las Desviaciones de la Superficie Del Pavimento Respecto de la cuerda Promedio.....	24
Figura N° 2.6: Histograma de la Desviaciones de una muestra de 200 Desviaciones.....	24
Figura N° 2.7: Formato para Recolección de Datos de Campo.....	26
Figura N° 3.1: Conos de Seguridad en Campo.....	29
Figura N° 3.2: Ubicación Hoja de Escala en Tablero.....	31
Figura N° 3.3: Hoja de Recolección de Datos del Ensayo tramo 117+800 al 117+400	31
Figura N° 3.4: Hoja de Recolección de Datos del Ensayo tramo 116+700 al 116+300.....	32
Figura N° 3.5: Frecuencia de desviaciones tramo 117+800 al 117+400.....	32
Figura N° 3.6: Frecuencia de desviaciones tramo 116+700 al 116+300.....	33
Figura N° 3.7: Variación de desviaciones tramo 117+800 al 117+400.....	33
Figura N° 3.8: Variación de desviaciones tramo 116+700 al 116+300.....	34
Figura N° 3.9: Variación de desviaciones Carretera Cañete-Huancayo.....	38

LISTA DE SÍMBOLOS

ASSTHO	American Association Of. State Highway and Transportation Officials
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
D	Rugosidad en Unidades MERLIN, mm
DV	Desvío
GC	Grava arcillosa
GM	Grava limosa
GP	Grava mal graduada
IRRE	International Road Roughness Experiment
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness Using Low-Cost Instrumentation
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
SM	Arena limosa
SP	Arena mal graduada
SUCS	Sistema Único de Clasificación de Suelos
TRRL	Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la rugosidad, a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), constituye en la actualidad uno de los controles receptivos más importantes relacionados con la calidad de la superficie de rodadura de los pavimentos, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación de los vehículos para los usuarios.

El objetivo de la evaluación de la rugosidad de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca, es contribuir con información para así poder elaborar un manual de rugosidades, para carreteras de bajo Volumen de Tránsito con este tipo de tratamiento superficial denominado solución básica o solución económica.

Para ello, es necesario medir la rugosidad en el tramo Km. 116+000-Km. 118+000, la elección del equipo MERLIN se debe a sus características propias de fácil manejo, análisis simple y gran precisión en los resultados.

El presente trabajo comprende cuatro capítulos conforme se detalla:

Capítulo 1: Comprende el Informe Grupal del Perfil de la Carretera Cañete-Yauyo-Huancayo.

Capítulo 2: Comprende la información teórica sobre la rugosidad de los pavimentos y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), metodología para poder realizar la ejecución del ensayo y el procesamiento de datos, estado del arte y características del equipo MERLIN, definiciones teóricas de rugosidad, IRI y serviciabilidad, que nos servirán de soporte para interpretar los resultados, establecer conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 3: Comprende la ejecución del ensayo en el tramo y progresiva asignado, procesamiento de datos; siguiendo la metodología detallada en el capítulo 2, obteniendo como resultado el Índice de Rugosidad Internacional y el Índice de Serviciabilidad Presente, que son el objetivo general y los objetivos específicos de la evaluación.

Capítulo 4: Comprende el análisis del valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) obtenido en el capítulo 3 y su interpretación, tomando como punto de partida las condiciones de construcción realizadas, las características propias de la carretera y la solución básica aplicada a la superficie de rodadura del pavimento.

CAPÍTULO I. PERFIL DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes

La carretera Cañete –Yauyos – Chupaca, ubicada en los departamentos de Lima y Junín, con una altitud que varía de 71 a 4751 m.s.n.m, fue proyectada y ejecutada por etapas durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre los años 1920 a 1930, mediante la ley de la Conscripción Vial Territorial del N°4113, aprobado por el gobierno del Perú el 11 de Mayo de 1920. Mediante esta ley se impulsó la creación y reparación de carreteras, ley que fue promulgada por el entonces Ministerio de Fomento.

Entre los años 1930 hasta los años 1954, todos los trabajos se paralizan por problemas de accidentes de trabajo fatales por el desprendimiento de rocas.

En los años 1940- 1944 durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche y el alcalde de Yauyos Dr. Carlos Ayulo Laos, se avanzan con los trabajos en la zona de la costa desde Cañete hasta Yauyos, siendo inaugurada por el presidente en Junio de 1944, quedando postergados los trabajos de Yauyos a Huancayo.

En 1954 se retoman los trabajos, por la necesidad de los pueblos del norte de Yauyos, sobre todo en el pase del cañón de Uchco, ubicado entre el límite del centro poblado de Tomas y Alis. Por tal motivo deciden gestionar ayuda ante al Ministerio de Fomento, solicitando una delegación de ingenieros para realizar la rectificación del trazo.

En 1957, se concluyó con el trazo de la carretera, integrando la región costa con la sierra.

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

En relación a los siguientes años hasta el año 1998 no se encontró información alguna sobre la carretera.

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) adjudicó la buena pro al Consorcio “Asociación Aguas y Estructuras (AYESA) – ALPHA CONSULT SA” para realizar el servicio de Consultoría a Nivel de Estudio Definitivo de la carretera Lunahuana - Huancayo.

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León, (Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del

28.11.2003) la elaboración del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la carretera Ruta 24, tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 245.15 Km. de longitud.

En año 2005, PROVIAS NACIONAL – MTC realizó el Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Ruta 24, enfatizando el tema de Diseño Vial.

Posteriormente, en 2007, por Resolución Ministerial N° 408 -2007-MTC/02 se creó el programa “Proyecto Perú” bajo responsabilidad de PROVIAS NACIONAL. Proyecto Perú es un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformado por ejes de desarrollo sostenido con el fin de mejorar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la red vial nacional, departamental y vecinal. Dicho programa se caracteriza por contratos que se controlan por niveles de servicio y plazos mayores o iguales a los 3 años.

Con fecha 16 de octubre de 2007 se realiza la convocatoria para el concurso público “Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete- Lunahuana – Pacaràn -Chupaca y Rehabilitación del tramo Zúñiga. Dv. Yauyos – Ronchas por un periodo de 5 años.

Con fecha 17 de diciembre 2007 se firma el contrato con el CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, por un monto que asciende a S/. 131'589,139.71, por la conservación vial de 271.73 Km. En los términos de referencia señalan que se debe dar una solución básica a aplicar sobre la superficie actual de la vía, previamente conformada; no se deben realizar cambios en la geometría ni trazo de la vía existente.

Con fecha 01 de febrero del 2008 se inicia el servicio. Como punto de partida se realiza un inventario vial, el cual tuvo como objetivo de tener un registro de todas las estructuras y obras (Infraestructura Vial), condiciones estructurales y condiciones funcionales actuales, identificación de sectores críticos y las necesidades de la vía como fase pre-operativa. Esta fue ejecutada durante los meses de abril, mayo y junio de 2008.

La carretera actualmente se encue tra en trabajos de rehabilitación y mantenimiento.

1.2. Ubicación

La carretera de enlace se encuentra ubicada entre los departamentos de Lima y Junín, coordenadas geográficas: Cañete 13°04'34" S – 76°23'04" O
 Chupaca 12°03'35" S – 75°17'16" O

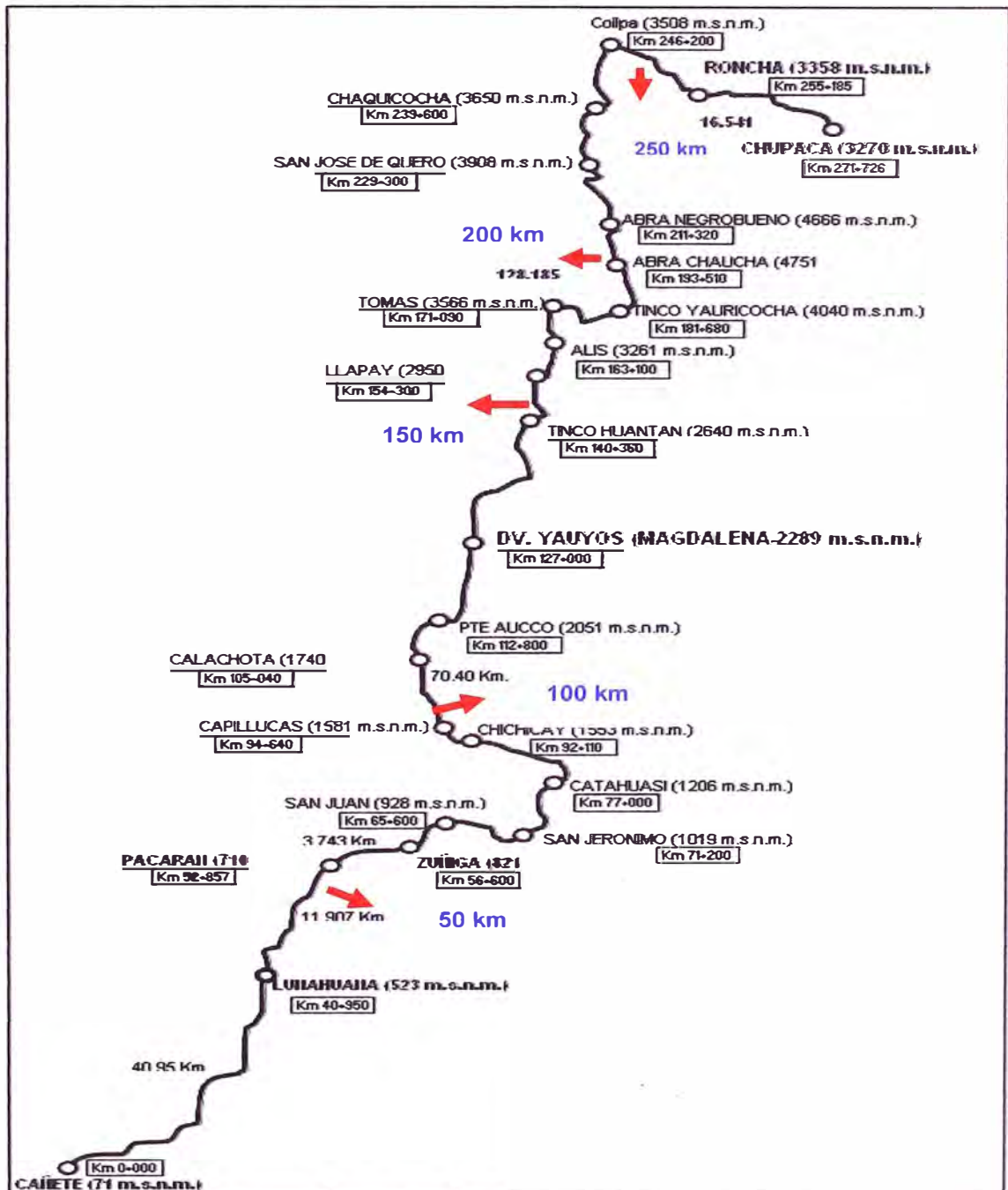


Figura N° 1.1: Ubicación de la carretera

Fuente: Informe Inventario Vial-MTC-PROVIAS NACIONAL

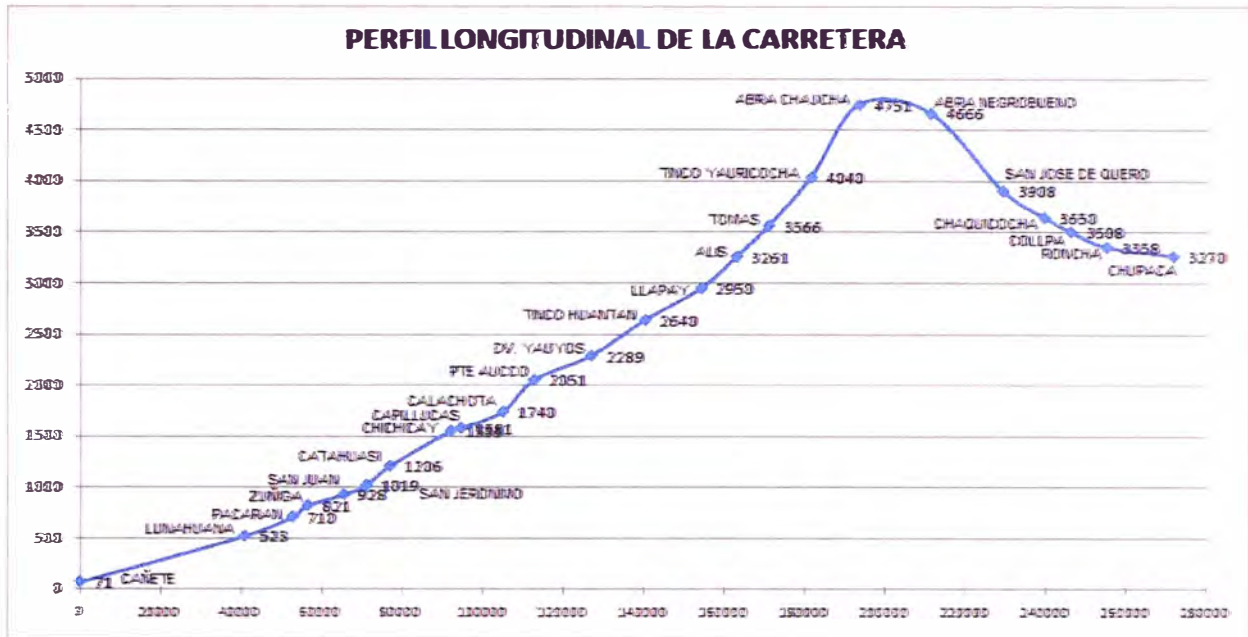


Figura N° 1.2: Perfil longitudinal de la carretera

Fuente: Elaboración Propia

1.3. Clima y Topografía

El clima es muy variado, tenemos, en el inicio de la carretera, clima subtropical propio de la región chala o costa peruana en la ciudad de Cañete con temperatura promedio entre 18.0°C y 22.5°C. En su recorrido la carretera atraviesa las regiones yunga, quechua y suni, hasta llegar a la región puna con clima muy frío, con temperatura mínima entre -9.0°C hasta -25.0°C.

La carretera se desarrolla por distintos tipos de topografía, desde la llana, ondulada, sinuosa y accidentada, con tramos donde se presenta erosión y inestabilidad de taludes.

1.4. Relieve

La carretera se inicia con una altitud de 71m.s.n.m., en el segundo ovalo de la ciudad de Cañete, el punto más alto se encuentra en el paso Abra Chaucha, ubicado a una altitud de 4751m.s.n.m. en la región Puna.

El relieve es muy variado, se inicia en un zona plana, ondulada, con partes montañosas, pasando por valles estrechos y quebradas profundas, zonas de andenerías y valles interandinos, donde se practica una excelente actividad agricultura y ganadería, continua con relieve rocoso hasta llegar a las mesetas andinas, lugar de lagunas y lagos.

Las precipitaciones pluviométricas entre Lunahuana y Yauyos se encuentran entre 100 y 150mm anuales, y de Magdalena a Chupaca entre 800 y 1200mm.

La carretera se desarrolla en paralelo a la cuenca del río Cañete, que nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de la cordillera Tiilla y Pichahuarco, tiene un longitud de 220km, pendiente promedio 2%, siendo su pendiente mas alta de 8% en el tramo entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

1.5. Estado Situacional Inicial

1.5.1. Descripción General

De acuerdo al inventario vial, realizado por MTC-PROVIAS NACIONAL en los meses de Abril, Mayo y Junio del 2008 se puede indicar que la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, presenta el siguiente estado situacional:

En el tramo de Cañete – Lunahuana, En cuanto a los anchos de la calzada, en los tramos pavimentados, se tiene anchos de 7.20 m. (carpeta asfáltica) y de 6.60 m. (tratamiento superficial). En cuanto al ancho de los carriles, se tiene en promedio 3.60 m. para el tramo de carpeta asfáltica y de 3.30 m. para el tramo de tratamiento superficial.

En los tramos no pavimentados, se tiene un solo carril por lo cual se han tomado medidas del ancho total y ancho útil de vía , esta medida se ha realizado debido a que la geometría de la carretera es muy variable y accidentada.

El ancho mínimo encontrado en los tramos no pavimentados, es de 2.60 m. zona que se encuentra en el Km. 173+200, que corresponde a una zona urbana, pero en la vía propiamente dicha se tiene como ancho mínimo 3.00 m.

Como puntos críticos en los tramos pavimentados, se tienen problemas de inestabilidad de taludes y erosión de los mismos, que son un peligro constante y pueden alterar la transitabilidad de la vía. En los tramos no asfaltados se han identificado problemas de inestabilidad de taludes, drenaje insuficiente, erosión de taludes y huaycos.

En cuanto a los daños superficiales del pavimento, se ha observado en los tramos pavimentados la presencia de fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras tipo piel de cocodrilo, perdida de ligante asfáltico, superficies envejecidas, huecos, etc. En los tramos no pavimentados, se ha observado daños en la superficie de rodadura tales como ahuellamientos, huecos, encalaminados, erosiones, etc.

Con referencia a los puentes y pontones se han visualizado estructuras de diferentes tipos y materiales, se tienen puentes de losa, losa-viga, metálicos, madera con vigas metálicas, madera, pontones de concreto y madera.

Los pontones de madera presentan deterioro o falta de tabloncillos en el tablero, por lo que se hace necesario su reemplazo. Lo mismo se ha podido apreciar en los puentes metálicos, que tienen tableros de madera como superficie de rodadura.

El estado estructural de los puentes, en su mayoría, es excelente, y el estado funcional es bueno. A continuación se puede apreciar algunas vistas de puentes y pontones encontrados durante el trabajo de Inventario Vial.

El sistema de drenaje en los tramos pavimentados, se encuentra en general en buenas condiciones estructurales, presentando regulares condiciones funcionales, en su mayoría debido a que se encuentran parcialmente obstruidas. En los tramos no pavimentados, la situación del sistema de drenaje es variable, en algunos casos se tiene alcantarillas definitivas y en otros no se tiene obras de drenaje definitivas.

En cuanto a las cunetas, en los tramos asfaltados, se ha podido apreciar que en su mayoría se encuentran en buenas condiciones estructurales y funcionales. En los tramos no asfaltados, se tienen cunetas de tierra por sectores, hay sectores donde no se tiene cunetas, debido a las difíciles condiciones de geometría y topografía, y principalmente debido a lo ya indicado líneas arriba, en lo que se refiere a los anchos extremadamente reducidos, que imposibilitan el poder colocar cunetas de tierra. Con referencia a canales, se ha observado la presencia de canales en las zonas donde existen terrenos de cultivo, los mismos que se desarrollan paralelamente a la vía.

Asimismo, se tienen badenes de concreto y de mampostería de piedra, también se tienen tres (3) túneles en roca, muros de concreto y mampostería de piedra y una gran cantidad de muros secos en los tramos no pavimentados, esto se explica por la topografía accidentada, gran parte de los muros secos presentan un estado preocupante y es necesario que se sustituyan.

Sobre la señalización, se debe indicar que los tramos pavimentados cuentan con una señalización horizontal y elementos de seguridad, como marcas central y

lateral y guardavías y postes delineadores, en cambio no se tiene ningún elemento de seguridad en los tramos no pavimentados.

En cuanto a la señalización vertical, en los tramos pavimentados, se tiene elementos de señalización vertical en regular y buen estado, en la mayoría de los casos, en cambio en los tramos no pavimentados, se tiene poca presencia de elementos de señalización y en muchos casos necesitan ser cambiados.

1.5.2. Distancias de los Tramos

La longitud de la carretera según el inventario vial realizado por MTC-PROVIAS NACIONAL elaborado en Junio del 2008 es 271.726 Km. y esta dividido en 06 tramos conforme se detalla en el Cuadro N° 1.1, así mismo en este mismo cuadro podemos apreciar el tipo de superficie de rodadura y las longitudes parciales de los tramos.

Carretera	Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura	Longitud Km.
024	Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.950
024	Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	11.907
024	Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	3.743
024	Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	70.400
024	Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	128.185
024	Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.541
	Total			271.726

Cuadro N° 1.1 Distancias por tramos y tipos de superficie de rodadura

Fuente: Informe Inventario Vial-MTC-PROVIAS NACIONAL

En el Cuadro N° 1.2, se presenta información con respecto al estado de la vía, además de incluir los tiempos de vía desarrollados inicialmente.

Carretera	Tramo	Vía	Longitud Km.	Transitabilidad	Tiempo recorrido (hr)
024	Cañete-Lunahuana	Asfaltada	40.950	Buena-regular	0.75
024	Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	11.907	Buena	0.25
024	Pacarán-Zuñiga	Afirmada	3.743	Regular-mala	0.25
024	Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	70.400	Regular-mala	4.00
024	Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	128.185	Mala	6.00
024	Roncha-Chupaca	Afirmada	16.541	Mala	0.75
	Total		271.726		12.00

Cuadro N° 1. 2 Estado de la vía y tiempos de recorrido

Fuente: Informe Inventario Vial-MTC-PROVIAS NACIONAL

1.6. Tramo Evaluado Km. 116+000-Km. 118+000

1.6.1 Descripción General del Tramo

El tramo a ser evaluado se inicia a 3.2 Km. Del Puente Aucco aproximadamente, en el km. 116+000 y culmina en el km. 118+000.

Dentro de las características principales del tramo tenemos.

- Altitud esta dentro de 2051- 2110 m.s.n.m.
- Pertenece a la región Yunga.
- Temperatura mínima 15°C y temperatura máxima 27°C.
- Época de lluvias de diciembre a marzo.
- Camino sinuosos desarrollado a media ladera.
- Zonas con desprendimientos de taludes.
- Sistema de drenaje insuficiente.
- pontones.
- Bombeo 1%.
- Carriles = 01.
- Ancho de plataforma = 3.00 a 4.90 mt.

1.7. Solución Aplicada

La solución básica aplicada al tramo en estudio consiste en Monocapa, este tratamiento, como todos los superficiales, no aumenta la resistencia estructural de la carpeta.

La Emulsión se prepara en un camión que actúa como esparcidora, luego con un volquete se coloca la piedra y se compacta.

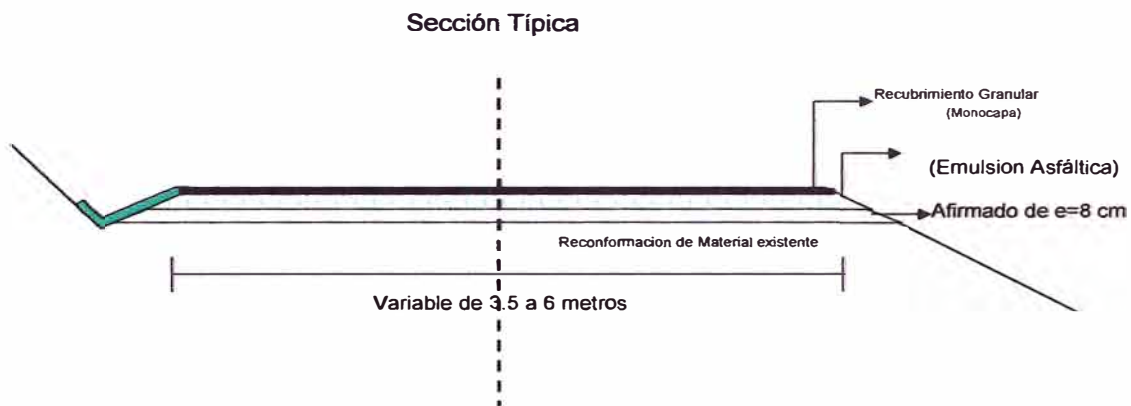


Figura N° 1.3: Sección en Monocapa

Fuente: Informe Inventario Vial-MTC-PROVIAS NACIONAL

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD

2.1 Estado del Arte del equipo MERLIN

EL Rugosímetro Merlín, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, fue desarrollado en la década de los 80 por la unidad de Ultramar del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) a solicitud del Banco Mundial, para ser utilizado en los países en vías de desarrollo, debido a sus ventajas de bajo costo de fabricación y gran precisión en los resultados, dándose a conocer su utilización en 1990. Es un equipo utilizado para determinar la Rugosidad de pavimentos con alto grado de deterioro o en superficies similares como: afirmadas, enripiados, trochas, tierra.

En el Perú fue introducido en septiembre de 1993 por el Ing. Pablo del Águila Rodríguez, en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID),

El primer estudio de rugosidad con un equipo MERLIN se realizó en el proyecto de rehabilitación de la carretera Huayre-Huanuco, parte de la carretera central, vía de integración regional de gran importancia en el Perú, el pavimento asfáltico evaluado se encontraba con un alto grado de deterioro, y también se evaluó tramos con tratamiento superficial bicapa.

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

En febrero de 1995 se aplicó por primera vez en la evaluación de Rugosidad de un pavimento nuevo, en el tramo de la carretera panamericana norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, evaluándose un total de 23.6km.

En la actualidad el rugosímetro Merlín es utilizado en todo proyecto de carretera como patrón calibrar la curva de rugosidad.

2.2 El Rugosímetro MERLIN

El rugosímetro MERLIN es un instrumento versátil, sencillo y económico, fue creado para ser utilizado especialmente en países en vías de desarrollo, debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método clase 2. Por su

gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros. El MERLIN es un equipo de diseño simple.

La Figura N° 2.1 presenta un esquema ilustrativo del instrumento.

La Figura N° 2.2 presenta el formato de escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento.

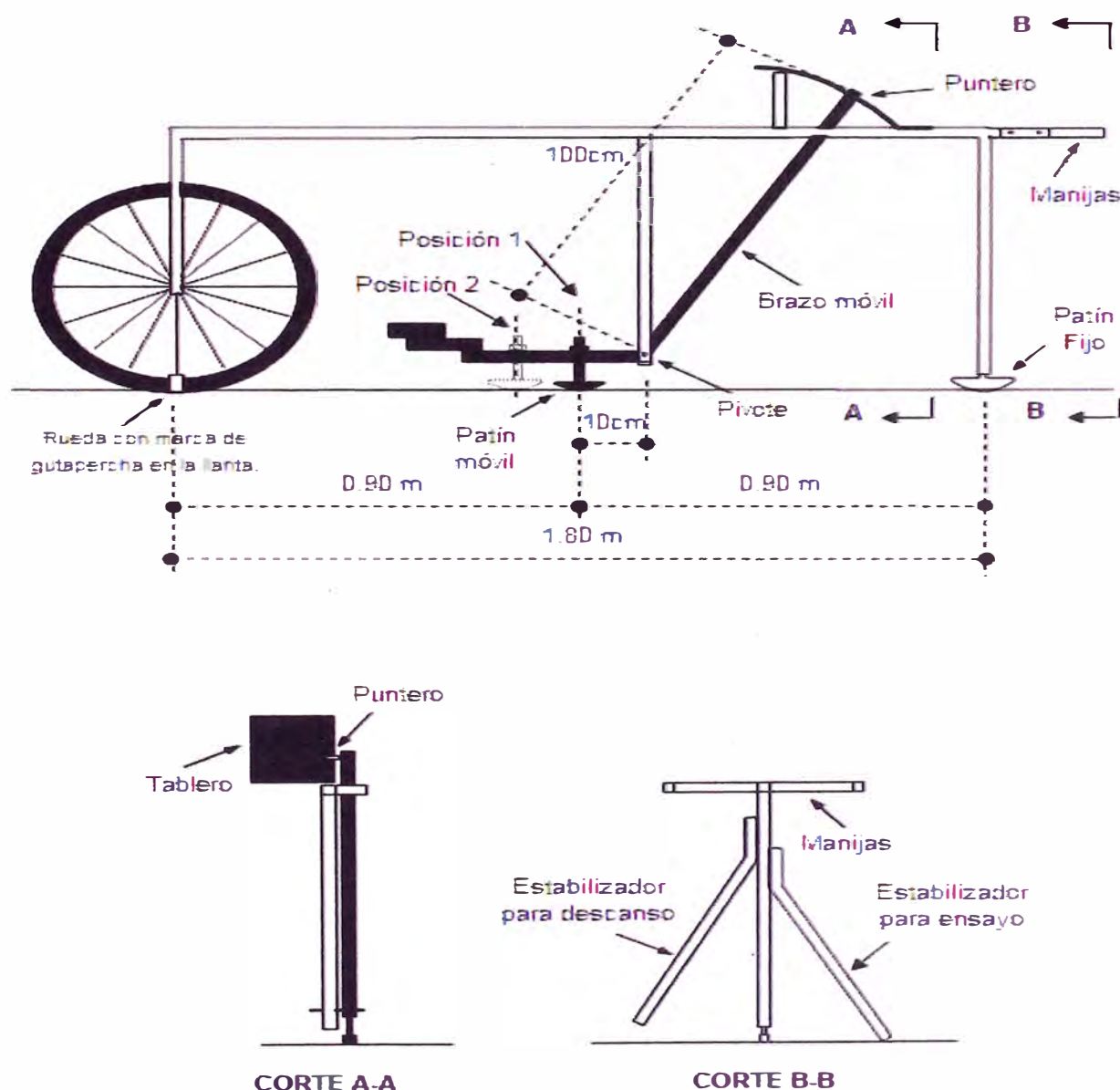


Figura N° 2.1: El Equipo MERLIN

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

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

Figura N° 2.2: Formato de escala

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
 Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

2.3 Rugosidad en Pavimentos

2.3.1 El Experimento Internacional de Rugosidad de Caminos (IRRE)

El experimento de Rugosidad Internacional del Camino (IRRE) se propuso encontrar las mejores prácticas apropiadas para los distintos tipos de equipo que miden la rugosidad. Al mismo tiempo, el IRRE fue planeado para proporcionar un medio para comparar datos de rugosidad obtenidos según procedimientos diferentes de instrumentos. Esta investigación fue necesaria porque los distintos métodos usados para caracterizar la rugosidad del camino no son generalmente equivalentes. En algunos casos, las medidas no son, ni constantes, ni estables con el tiempo. Así, la utilización de datos de rugosidad puede ser difícil, en particular considerando datos de rugosidad obtenidos por más que un método. Inmejorablemente, un índice de rugosidad estándar podría ser usado para eliminar la mayor parte de estos problemas.

El IRRE fue realizado en Brasilia, Brasil en 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 equipo de prueba y condiciones de medida, Trece de estos eran secciones de hormigón de asfalto; doce eran secciones con el tratamiento superficial; doce eran caminos de grava; y los doce restantes eran caminos de la tierra.

2.3.2 Definición de Rugosidad

Son las variaciones de altura que presenta la superficie de rodadura de un pavimento a partir de una referencia absolutamente lisa tal que provoque vibraciones de un vehículo cualquiera a través de su recorrido.

Estas variaciones deben ser tales que sus dimensiones generen un desplazamiento vertical relativo entre el chasis y el sistema de suspensión de un vehículo.

La rugosidad en carreteras está ligada con los siguientes factores:

- Calidad de viaje del usuario
- Seguridad de los usuarios
- Vida útil de los pavimentos
- Costo de operación de los vehículos
- Solicitaciones sobre el pavimento

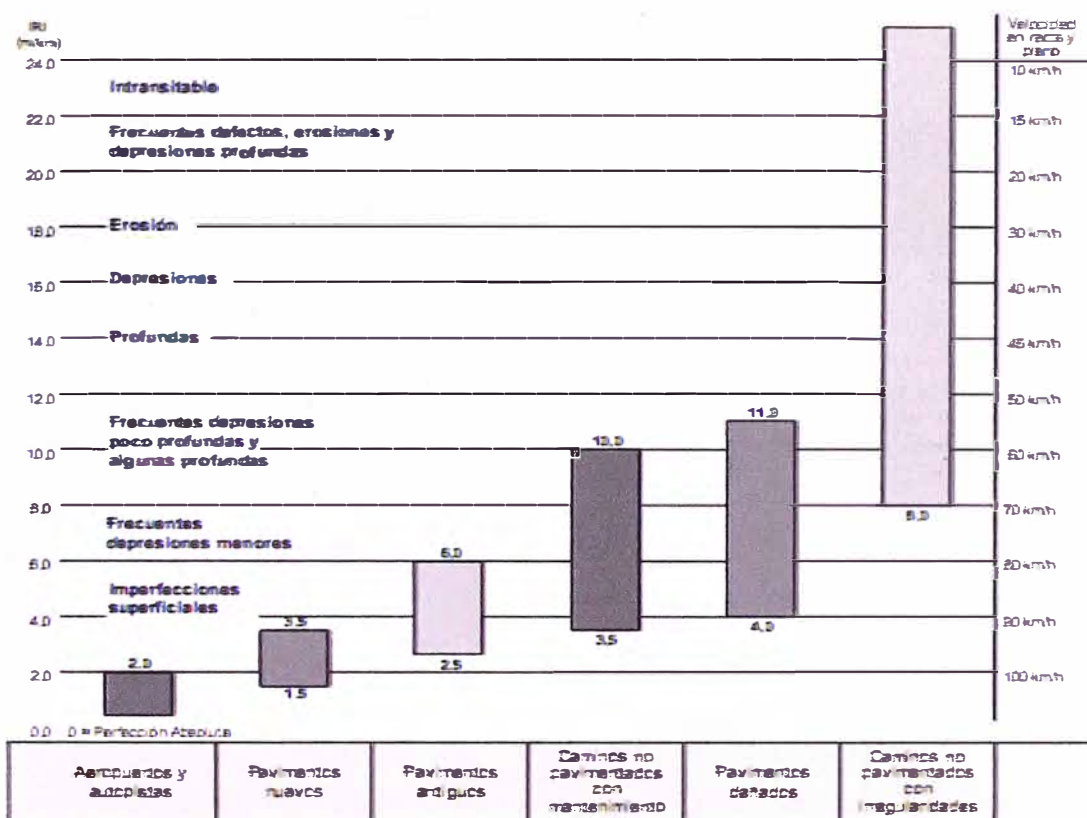


Figura N° 2.3

Escala de rugosidad para pavimentos (IRI), Fuente: MTC Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

2.3.3 Definición de Índice de Rugosidad Internacional IRI

En el interés de emplear una medida estándar de rugosidad para los proyectos de carretera a lo largo del mundo, fue ideado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

El IRI se nombra así porque es un producto del experimento Internacional de Rugosidad de Caminos (Internacional Road Roughness Experiment – IRRE) dirigidos por los equipos de investigación de diferentes países como: Brasil, Inglaterra, Francia, USA, Bélgica con el propósito de identificar un Índice que identificara la rugosidad del pavimento medido a través de diferentes equipos y bajo una variedad de condiciones.

El IRI está definido como una característica del perfil longitudinal de una huella de rodadura, se expresa en términos de m/Km., mm/m.

Su definición se estableció a partir de conceptos asociados a la mecánica vibratoria de los sistemas dinámicos, todo ello, en base a un modelo que simuló

el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo al circular por una determinada longitud de perfil de la carretera, a una velocidad estándar.

INSTITUCION PÚBLICA	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE																	
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales														
Ministerio de Obras Públicas de Chile ¹	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m de secciones homogéneas	Promedio de 5 tramos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 2.8 m/km		Promedio de 5 tramos ≤ 3.0 m/km Promedio Individual ≤ 4.0 m/km														
Ministerio de Fomento de España ²	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 1.5 m/km en el 50% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2 m/km en el 80% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.5 m/km en el 100 % de los tramos del proyecto																
Estados Unidos (Wisconsin Department of Transportation, WisDOT) ²	IRI obtenido en tramos de 1 609 km (1 milla).	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IRI m/km</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 1.1</td> <td>Prm. Nuevo</td> </tr> <tr> <td>≤ 1.17</td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td>≤ 1.29</td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td>≤ 1.33</td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td>≤ 1.37</td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td>≤ 1.45</td> <td>5 Años</td> </tr> </tbody> </table>	IRI m/km	Tiempo	≤ 1.1	Prm. Nuevo	≤ 1.17	1 Año	≤ 1.29	2 Años	≤ 1.33	3 Años	≤ 1.37	4 Años	≤ 1.45	5 Años	-----	-----
IRI m/km	Tiempo																	
≤ 1.1	Prm. Nuevo																	
≤ 1.17	1 Año																	
≤ 1.29	2 Años																	
≤ 1.33	3 Años																	
≤ 1.37	4 Años																	
≤ 1.45	5 Años																	
Canada (Quebec) ²	IRI obtenido en tramos de 100 m	- IRI ≤ 1.2 m/km en 70% de datos - IRI ≤ 1.4 m/km en 100 % de datos	-----	-----														
Suecia ²	IRI en tramos de 20 m	IRI ≤ 1.4 m/km		-----														
	IRI en tramos de 200 m	IRI ≤ 2.4 m/km		-----														
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Caminos Rurales:																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor a 3.0 m/km	-----	-----														
	Vías Interurbanas:																	
IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor que 2.0 m/km	IRI no mayor que 2.5 m/km	-----															

Figura N° 2.4

Agencias Públicas, Fuente: Manual de Carreteras de Ministerio de Obras Públicas de Chile, Dirección de Viabilidad, Volumen 5, Especificaciones Generales.

2.4 Fundamento Teórico

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 2.4 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".

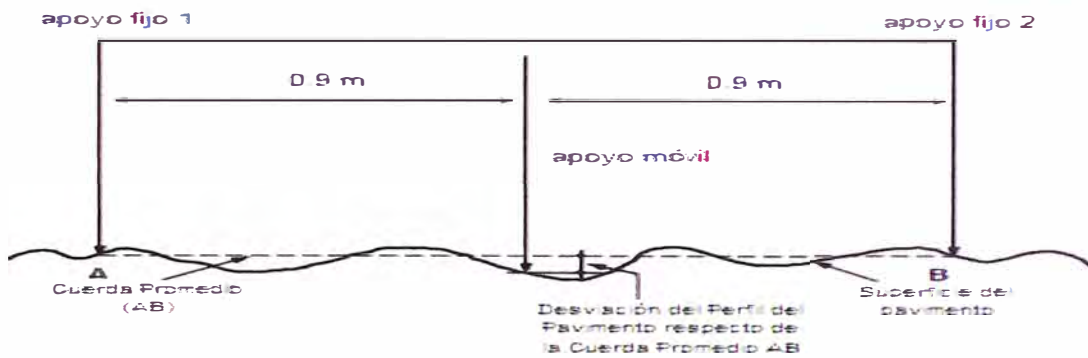


Figura Nº 2.5

**Medición de las desviaciones de la superficie
 Del pavimento respecto de la cuerda promedio.**

Fuente: “Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
 Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión”. Ing. Pablo del Águila R.

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. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura Nº 2.5). 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”.

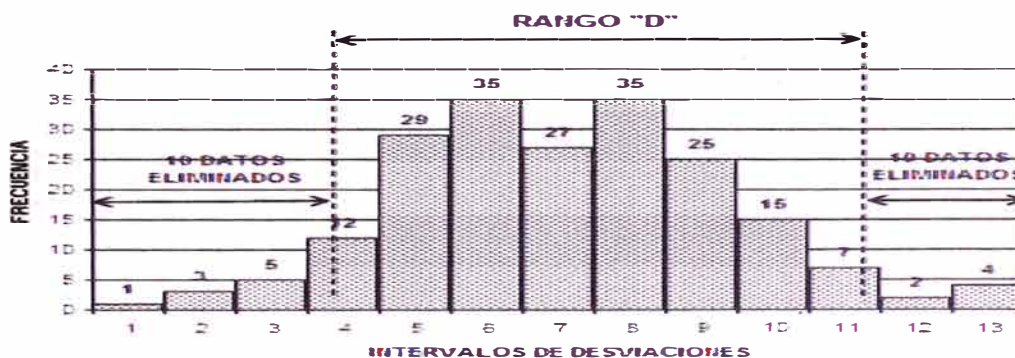


Figura Nº 2.6

Histograma de las desviaciones de una muestra de 200 desviaciones

Fuente: “Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos con equipo de
 Bajo Costo y gran Precisión”. Ing. Pablo del Águila R.

2.5 Correlaciones D vs IRI

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

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

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

La expresión 1 es la ecuación original, es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado. La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 Km. de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados.

2.6 Ejecución de Ensayos

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

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las "irregularidades que presenta el pavimento" (desviaciones relativas a la cuerda promedio). Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

En la Figura N° 2.6 se muestra el formato de recolección de lecturas.

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

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
 SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
 TRAMO : _____ FECHA : _____
 CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA

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

OBSERVACIONES : _____

Figura N° 2.7

Formato para recolección de datos de campo

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
 Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

2.7 Cálculo del Rango D

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 2.5). Posteriormente se establece el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

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

2.8 Factor de Corrección D

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

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

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \dots\dots\dots (3)$$

Donde,

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

2.9 Cálculo de la Rugosidad en la Escala IRI

La formula para determinar la rugosidad es:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D \quad \text{Cuando } 2.4 < IRI < 15.9$$

El valor obtenido se expresa en unidades de m/km.

2.10 Determinación del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI - Present Serviciability Index)

Con el fin de establecer una variable de diseño, que relacione el comportamiento confortable de un pavimento en opinión de los usuarios durante su recorrido, ingenieros del camino de pruebas AASHO (AASHO ROAD TEST), desarrollaron un sistema para calificar la condición de la superficie del pavimento empleando lo que denominaron el concepto de "Serviciabilidad Presente".

Este concepto se describe como la capacidad de una sección específica del pavimento para proveer, en opinión del usuario un paseo suave y confortable en un tiempo particular. Esta capacidad puede ser cuantificada por un valor llamado calificación de la Serviciabilidad Presente (PSR- Present Serviciability Rating). La metodología consiste en seleccionar un grupo de personas para formar un panel evaluador, este panel evalúa entonces un conjunto seleccionado de tramos de acuerdo a las instrucciones que se da. Cada miembro de este panel expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad del rodado de cada tramo y se expresa en una cartilla especialmente diseñada.

La medición de la Serviciabilidad por medios mecánicos se conoce como el Índice de Seviciabilidad Presente (PSI Present Serviciability Index).

La Serviciabilidad es entonces la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento en términos de comodidad y seguridad en el manejo.

Para efectos de la presente evaluación, la determinación analítica del PSI se ha ejecutado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad; la correlación adoptada se desarrollo usando los datos obtenidos en el ensayo internacional sobre la rugosidad en caminos, realizado en Brasil en 1982, que tiene la siguiente expresión:

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

2.11 Escala de la Serviciabilidad ASSHTO

En el cuadro se aprecia la escala de Serviciabilidad, por ASSHTO en 1962

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

Cuadro N° 2.1 Escala de Calificación de la Serviciabilidad

Fuente: ASHHTO (1962)

CAPÍTULO III: APLICACIÓN AL TRAMO KM 116+000-118+000 CON MONOCAPA

3.1 Toma de Datos en la Progresiva km. 116+000- km. 118+000

3.1.1 Personal Para Realizar el Ensayo

El equipo de trabajo estuvo conformado por nueve personas, y se distribuyeron de la siguiente manera:

- Tres personas encargadas de la seguridad, portando banderolas color rojo y dos conos color naranja.
- Dos personas encargadas de registrar mediante tomas fotográficas las ocurrencias encontradas en el tramo como: cunetas, alcantarillas, fallas en la superficie de rodadura del pavimento, etc.
- Un operador del Equipo MERLIN.
- Un lector de lecturas de la hoja de escala ubicado en el tablero.
- Un registrador de lecturas en el formato de llenado.
- Un verificador de la marca en la llanta coincida en el piso.



Figura N° 3.1: Conos de seguridad

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Ejecución del Ensayo

- Fecha del ensayo: 22 de Mayo del 2010
- Inicio en la progresiva km.116+000
- Final en la progresiva km. 118+000
- Longitud medida 400mt
- Sentido de retorno
- Distancia de la huella al borde del pavimento= 1.00mt
- Ancho de carril= 4.50mt
- Ancho de plataforma= 4.90mt
- Hora de inicio del ensayo 02 horas 20 minutos
- Hora final del ensayo 02 horas 49 minutos
- Tiempo del ensayo 29 minutos
- Velocidad del ensayo 13.793mt/minuto

Inicialmente se verifico que las partes del equipo MERLIN se encuentran correctamente instaladas.

- Se ubica la hoja de escala en el tablero buscando que coincida el casillero número 25 con el puntero, de esta manera el punto de equilibrio será el número 25.
- Se ubica la llanta en el inicio de la progresiva Km. 116+000 y en la línea de ahuellamiento dejada por los vehículos en el pavimento.
- Se coloca en la llanta una marca que sirva como referencia para poder detenerse con exactitud cada vuelta de la llanta con la marca apoyada sobre el piso.
- Se inicia la ejecución del ensayo, se realiza siguiendo la línea de ahuellamiento y tomando la lectura que indica el puntero en la hoja de escala para cada vuelta, cada lectura es ingresada en el formato de recolección de datos, se tomo 200 lecturas en una longitud de 400 mt.
- La seguridad durante la ejecución de los ensayos, esta conformada por dos personas, una en cada extremo, quienes portan una banderola roja y dos conos de seguridad con la finalidad de proteger del tráfico a los operadores.

Así mismo todos los operadores, llevan puesto los chalecos de seguridad fosforescentes



Figura N° 3.2: Ubicación de la hoja de escala en el tablero

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO													
DATOS DEL ENSAYO N°		0553	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13		1	11	29	30	25	25	16	25	21	21	30
Sector:	Catahuasi - Chupaca		2	17	28	27	37	17	27	21	30	13	28
Tramo (km):	117+800	117+400	3	27	26	20	16	19	10	25	32	17	26
Fecha:	26 de Marzo del 2010		4	20	50	13	31	23	19	14	11	20	17
Sentido:	Descendente		5	28	20	29	28	24	25	22	23	19	25
Carril:	Izquierdo		6	13	25	30	33	21	26	20	22	26	24
Tipo de Sup.:	Monocapa		7	19	20	21	25	17	27	22	26	35	23
DATOS DEL OPERADOR			8	15	26	26	24	15	27	22	28	21	16
Nombre:	Luis	G.S.	9	30	18	16	12	25	05	19	23	30	26
DATOS DEL EQUIPO:			10	12	26	26	29	22	29	25	19	29	16
Serie:	541		11	22	23	10	17	23	29	27	17	25	14
SUPERVISADO POR :			12	16	17	13	23	29	33	21	20	30	14
			13	30	23	17	12	23	24	21	27	23	16
OBSERVACIONES:			14	20	18	27	39	26	25	27	23	27	18
Tercera Rodada			15	21	24	04	19	19	17	23	22	25	12
Del par ordenado(2,4) se evaluo			16	17	23	15	24	23	24	21	19	27	22
sobre una giba			17	19	17	26	24	20	17	20	30	23	15
			18	21	26	42	14	24	19	23	18	22	24
			19	20	23	10	19	23	19	24	17	23	26
			20	24	20	24	19	30	24	26	21	25	19

Figura N° 3.3: Hoja de recolección de datos del ensayo tramo 117+800 al 117+400

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO												
DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	20	14	16	18	26	30	25	22	23	25
Sector:	Catahuasi - Chupaca	2	12	20	12	27	22	20	30	26	26	26
Tramo (km):	116+700 116+300	3	33	27	24	28	18	19	20	20	21	24
Fecha:	22 de Marzo del 2010	4	16	24	23	26	23	21	25	19	22	14
Sentido:	Descendente	5	14	25	19	27	21	30	26	27	24	26
Carril:	Izquierdo	6	26	28	25	21	26	22	21	23	22	16
Tipo de Sup.:	Monocapa	7	20	26	41	24	17	25	30	14	22	18
DATOS DEL OPERADOR		8	24	20	26	17	21	19	24	25	23	24
Nombre:	Luis G.S.	9	18	23	30	24	37	22	19	24	28	15
DATOS DEL EQUIPO:		10	21	30	20	27	30	27	26	20	22	23
Serie:	541	11	10	29	31	22	20	16	13	17	21	26
SUPERVISADO POR :		12	25	20	29	20	19	17	25	17	24	20
		13	25	24	16	20	16	27	20	27	29	17
OBSERVACIONES:		14	17	33	27	27	23	20	21	26	20	23
		15	26	22	13	29	23	30	23	22	27	28
		16	13	26	28	19	24	26	21	22	22	26
		17	23	28	15	22	19	22	15	23	26	16
		18	14	29	19	18	21	32	18	23	21	20
		19	32	22	19	30	26	22	21	25	21	23
		20	30	30	24	21	22	17	23	23	25	19

Figura N° 3.4: Hoja de recolección de datos del ensayo tramo 116+700 al 116+300

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Histograma de Frecuencias

Los datos obtenidos son llevados a un histograma de frecuencias tal como se muestra en el grafico adjunto:

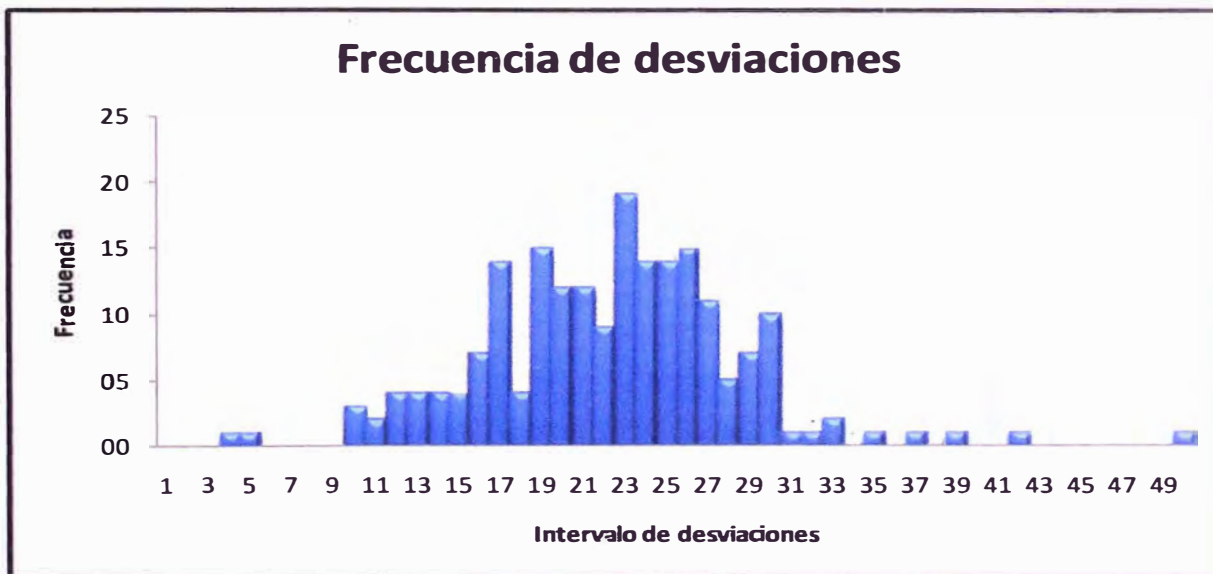


Figura N° 3.5: Frecuencia de desviaciones tramo 117+800 al 117+400

Fuente: Elaboración Propia

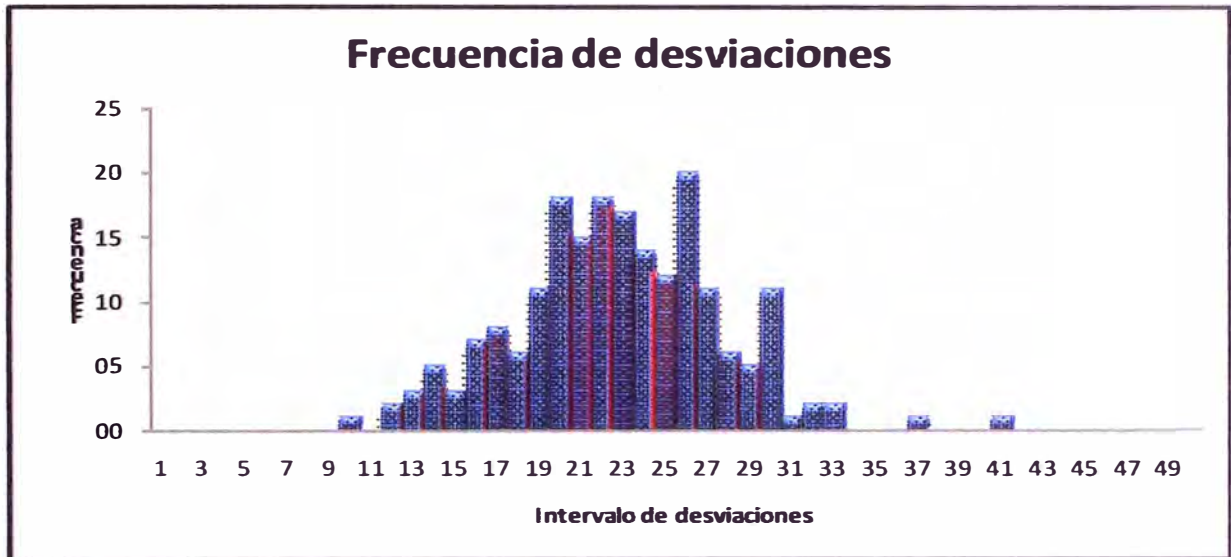


Figura N° 3.6: Frecuencia de desviaciones tramo 116+700 al 116+300
Fuente: Elaboración Propia

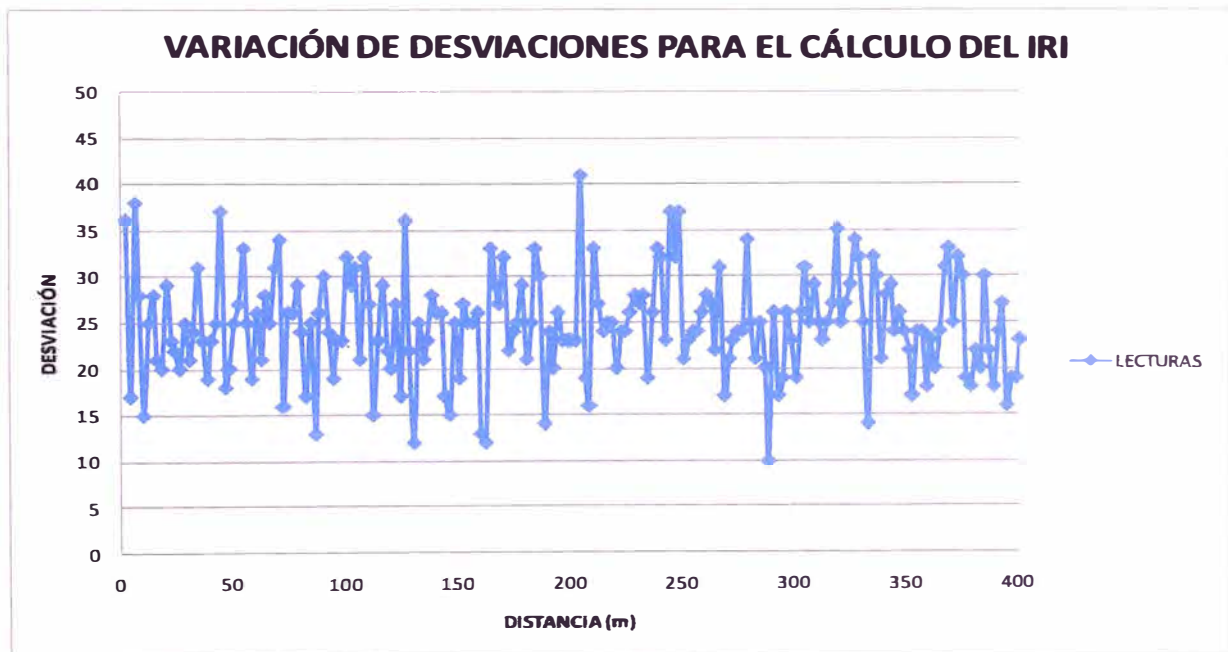


Figura N° 3.7: Variación de desviaciones tramo 117+800 al 117+400
Fuente: Elaboración Propia

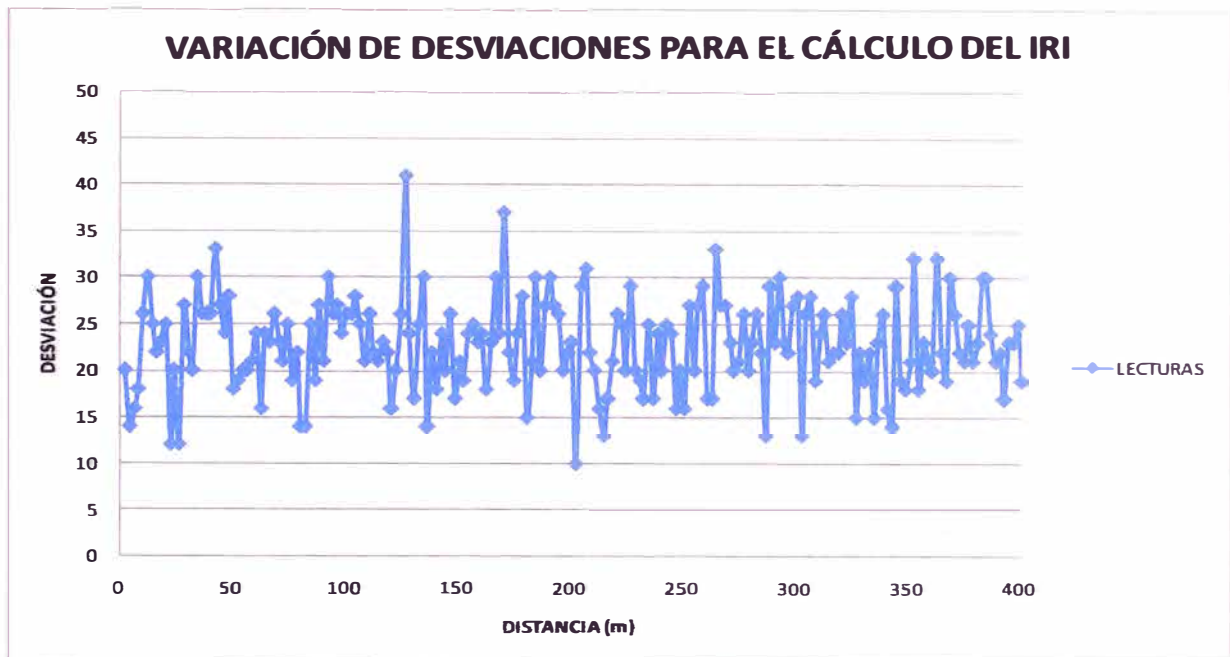


Figura N° 3.8: Variación de desviaciones tramo 116+700 al 116+300

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Cálculo del Rango D

Para calcular el rango **D** se elimina 10 datos de la parte superior e inferior del histograma, luego el valor de **D** según la formula del método:

$$D = (17 + 1/4 + 9/10) * 5$$

$$D = 90.75 \text{ mm}$$

3.4 Factor de Corrección

Para obtener el factor de corrección se utilizó una pastilla de bronce de 6cm de espesor y se procedió de la siguiente manera:

- Hora de la calibración 2:20 p.m.
- Lugar, base operativa del Convenio FIC-MTC
- Piso superficie lisa
- Primera lectura 25 sobre la superficie lisa, se colocó la pastilla debajo del patín del equipo y se obtuvo como lectura 43.
- Segunda lectura 25 sobre la superficie lisa, se colocó la pastilla debajo del patín y nuevamente se obtuvo lectura 43.

- Tercera lectura sobre la superficie lisa 25, se colocó la pastilla debajo del patín y la lectura es 43.
- Seguidamente se calcula el promedio de las lecturas:
Lectura inicial promedio = $(25+25+25)/3$
Lectura inicial promedio = 25
Lectura final promedio = $(43+43+43)/3$
Lectura final promedio = 43

Los valores para determinar el Factor de Corrección son:

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

Donde,

EP: 6.43mm

LI : 25

LF: 43

$$F.C. = (6 \times 10) / [(43 - 25) \times 5]$$

$$F.C. = 0.719$$

Este valor del Factor de Corrección indica que el equipo ha sido correctamente calibrado.

3.5 Aplicación del Factor de Corrección al Rango D

Los valores obtenidos son:

Para el tramo 117+800 al 117+400

$$D = 90.75 \text{ mm}$$

$$FC = 0.719$$

El ancho D corregido será:

$$D = 90.75 \times 0.719$$

$$D = 65.25 \text{ mm}$$

Para el tramo 116+700 al 116+300

$$D = 79.65 \text{ mm}$$

$$FC = 0.719$$

El ancho D corregido será:

$$D = 79.65 \times 0.719$$

$$D = 57.27 \text{ mm}$$

3.6 Cálculo del IRI

Para calcular el valor de la rugosidad en la escala IRI, se reemplaza los valores en la fórmula:

Para el tramo 117+800 al 117+400

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 * 65.25$$

$$IRI = 3.67 \text{ m/km.}$$

Para el tramo 116+700 al 116+300

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 * 57.27$$

$$IRI = 3.29 \text{ m/km.}$$

3.7. Determinación del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI - Present Serviceability Index)

Para efectos de la presente evaluación, la determinación analítica del PSI se ha ejecutado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad; la correlación adoptada se desarrollo usando los datos obtenidos en el ensayo internacional sobre la rugosidad en caminos, realizado en Brasil en 1982, que tiene la siguiente expresión:

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

Con los valores de rugosidad en IRI y empleando la formula antes indicada se calcula el PSI, que establece la condición funcional actual del pavimento de acuerdo a la tabla:

IRI (m/km)		PROM.	DESV.	IRI carac.	PSI	TRANSITABILIDAD
IZQUIERDO	DERECHO					
117+800-117+400	116+700-116+300					
3.7	3.3	3.5	0.3	3.9	2.45	REGULAR

$$PSI=2.45$$

Transitabilidad= Regular

3.8 Comparación con Otros Tramos

La transitabilidad obtenido de acuerdo a los valores de PSI, se indican a continuación:

TRAMO			IRI (m/km)		PROM.	DESV.	IRI (m/km)	PSI	TRANSITABILIDAD
			LADO IZQUIERDO	DERECHO					
GRUPO	P. INICIAL	P. FINAL	IZQUIERDO	DERECHO	PROM.	DESV.	IRI carac.	PSI	TRANSITABILIDAD
GRUPO 01	110+200	110+600	5.3	5.3	5.3	0.0	5.3	1.9	MALA
	110+900	111+300	3.7	4.6	4.1	0.7	5.2	1.9	MALA
GRUPO 02	112+000	112+400	4.7	4.4	4.5	0.2	4.9	2.0	REGULAR
	113+600	114+000	4.7	4.5	4.6	0.2	4.9	2.1	REGULAR
GRUPO 03	114+800	115+200	5.3	5.2	5.3	0.1	5.4	1.9	MALA
	115+600	116+000	4.4	4.1	4.3	0.2	4.5	2.2	REGULAR
GRUPO 04	116+300	116+700	3.3	4.4	3.9	0.8	5.2	1.9	MALA
	117+400	117+800	3.7	4.7	4.2	0.7	5.4	1.9	MALA
GRUPO 05	118+000	118+400	5.3	5.6	5.4	0.2	5.7	1.8	MALA
	118+400	118+800	5.3	5.3	5.3	0.0	5.3	1.9	MALA

Cuadro N° 3.1 Resultados del IRI por tramos y su relación con el PSI.

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

TRAMO			IRI (m/km)		IRI PROM AC	IRI PROM GRAL	DESV. EST	IRI CARAC
			LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO				
GRUPO	P. INICIAL	P. FINAL	IZQUIERDO	DERECHO	IRI PROM AC	IRI PROM GRAL	DESV. EST	IRI CARAC
GRUPO 01	110+200	110+600	5.3	5.3	5.3	4.8	0.7	5.9
	110+900	111+300	3.7	4.6	4.1	4.8	0.7	5.9
GRUPO 02	112+000	112+400	4.7	4.4	4.5	4.8	0.7	5.9
	113+600	114+000	4.7	4.5	4.6	4.8	0.7	5.9
GRUPO 03	114+800	115+200	5.3	5.2	5.3	4.8	0.7	5.9
	115+600	116+000	4.4	4.1	4.3	4.8	0.7	5.9
GRUPO 04	116+300	116+700	3.3	4.4	3.9	4.8	0.7	5.9
	117+400	117+800	3.7	4.7	4.2	4.8	0.7	5.9
GRUPO 05	118+000	118+400	5.3	5.6	5.4	4.8	0.7	5.9
	118+400	118+800	5.3	6.8	6.0	4.8	0.7	5.9
IRI Mínimo			3.3	4.1				
IRI Máximo			5.3	6.8				
IRI Promedio			4.6	5.0				
Desv. Estandar			0.8	0.8				
IRI Característico			5.8	6.3				

Cuadro N° 3.2 Resultados del IRI y su relación con el PSI. De la Cartera

Fuente: Elaboración Propia

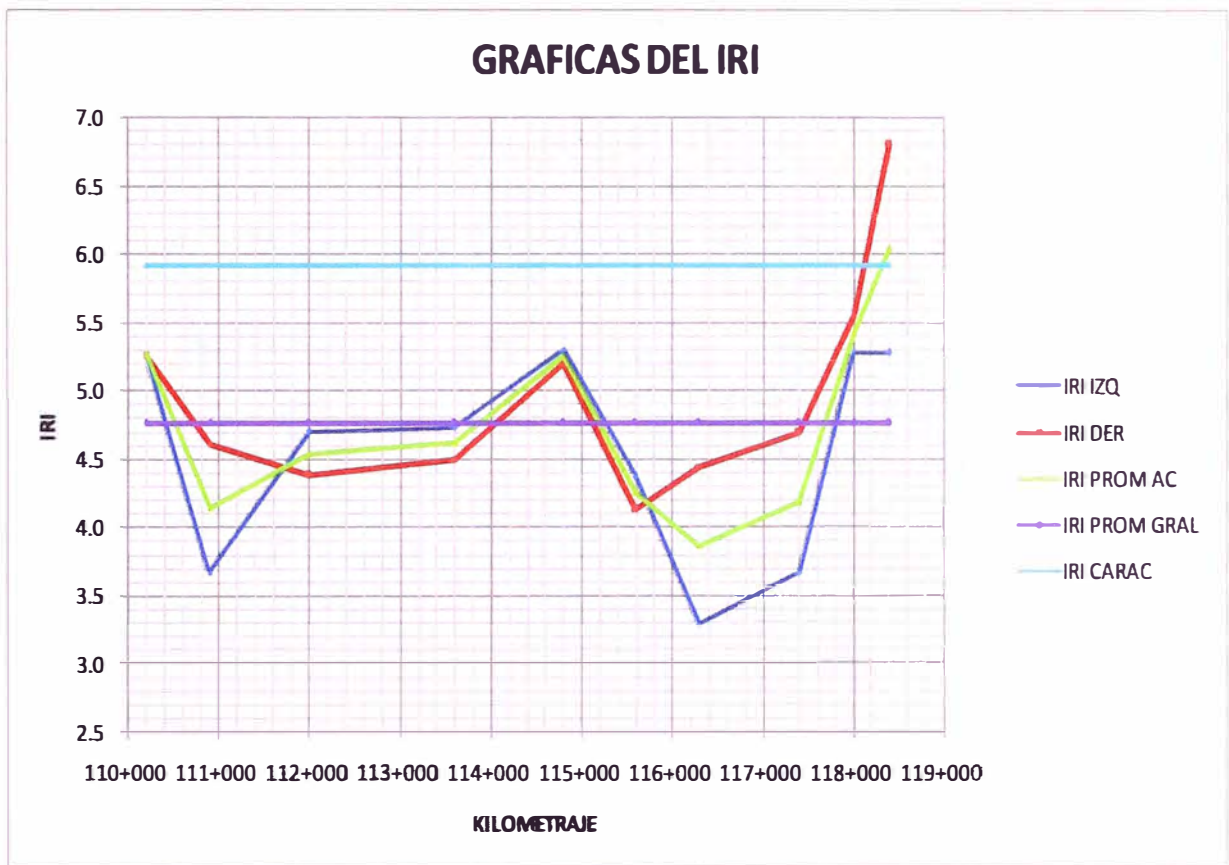


Figura N° 3.9: Variación de desviaciones Carretera Cañete-Huancayo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interpretación del Índice de Rugosidad Internacional IRI

- El valor del IRI en la progresiva km.117+800-km.117+400 del tramo evaluado es 3.67m/km, IRI en la progresiva km.116+700-km.116+300 del tramo evaluado es 3.29m/km, obtenemos un IRI promedio tramo km.116+000-km.118+000 de 3.48m/km y IRI característico de 3.90m/km, que corresponde a un Pavimento Antiguo según figura 2.3 Escala de rugosidad para pavimentos (IRI), Fuente: MTC Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, y PSI de 2.45 que corresponde a Transitabilidad Regular según Cuadro N° 2.1 Escala de Calificación de la Serviciabilidad, Fuente: ASHHTO (1962); cabe indicar que el IRI pertenece al carril izquierdo de la carretera; además debido a las características propias de la carretera como sinuosidad, curvas verticales y horizontales, hacen difícil obtener un valor de rugosidad que sea compatible con la de una carretera de topografía llana como son los de la costa.
- Así mismo, para el tramo en estudio km.110+000-km.120+000, se tiene un IRI promedio de 4.80m/km, IRI característico de 5.90m/km, que corresponde a un Pavimento Antiguo según figura 2.3 Escala de rugosidad para pavimentos (IRI), Fuente: MTC Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito y PSI de 1.71 que corresponde a Transitabilidad Mala según Cuadro N° 2.1 Escala de Calificación de la Serviciabilidad, Fuente: ASHHTO (1962); es importante mencionar que las rugosidades son el promedio de dos carriles en el mismo tramo pero de sentido contrario (izquierdo y derecho).
- Una evaluación subjetiva de la rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento, indicará que se encuentra en condiciones regulares de Serviciabilidad, lo cual guarda coherencia con el obtenido por el método analítico, además, es necesario considerar que el alcance de la evaluación de la rugosidad de la carretera en esta etapa, está dirigido a monitorear y aportar con información del comportamiento del pavimento.

CONCLUSIONES

- Se ha apreciado que la gravilla de 3/8" que se colocó en el Monocapa, se encuentra cubierta con finos, lo que podría ser uno de los factores para que el pavimento este deteriorado.
- El tratamiento superficial no modifica la estructura del pavimento, pero si mejora el IRI y la Serviciabilidad.
- Para evaluar la rugosidad del pavimento del tramo km.116+000-km.118+000, con la aplicación de la metodología correspondiente al equipo MERLIN, tomaron 02 sub tramos, los cuales son km.117+800-km.117+400 y sub tramo km.116+700-km.116+300, en la cual para cada sub tramo se tomó 200 lecturas en una longitud de 400 m; logrando determinar la rugosidad (IRI) y la Serviciabilidad, alcanzando los objetivos trazados, presentando estos resultados, el aporte a la investigación que se viene realizando.
- Se ha apreciado que la carretera tiene un deficiente drenaje superficial.
- En el Perú no hay índice de rugosidad y PSI establecido tal como en Chile
- La rugosidad del carril izquierdo en el tramo en estudio km.116+000-km.118+000 resultó 3.90m/km. que corresponde a un Pavimento Antiguo (figura 2.3) y no está dentro del límite permisible si se compara con el cuadro del manual de obras públicas de Chile para tratamientos superficiales (figura 2.4).
- La Serviciabilidad (PSI) del tramo en estudio km.116+000-km.118+000 carril izquierdo es 2.45 considerado regular (cuadro 2.1).
- El tramo en estudio pertenece a una carretera de bajo volumen de tránsito donde la velocidad media es 30 km/h, debido a que el trazo de la carretera es sinuosa, con radios de curvatura mínimos, con pendiente alta y ancho variable de 3.00m a 4.90m; con estas condiciones no se requiere un buen IRI sino uno que tome en consideración las imperfecciones superficiales IRI=4m/km. (figura 2.3).
- Para estas condiciones de clima, topografía, relieve, complementado con las condiciones de construcción realizadas, será difícil conseguir un pavimento con buena Serviciabilidad.

- La rugosidad en el tramo con monocapa km.110+000-km.120+000 carril derecho, tomados por el MTC en julio de 2009 fue de 5.1m/km., y los datos tomados por los 5 grupos del curso de titulación en mayo de 2010 fue 6.3m/km. De donde se interpreta que la rugosidad característica de dicho tramo ha aumentado en 1.2m/km. en 10 meses, dando un incremento mensual de 0.12m/km. Se sugiere que cada 6 meses se mida la rugosidad, antes y después de la época de lluvias.

RECOMENDACIONES

- Se requiere de un control en la limpieza, tamaño de la gravilla y análisis de la adherencia, para conseguir una mezcla asfáltica homogénea, así mismo tener mayor control en el proceso constructivo.
- Si bien es cierto que no se esta modificando la estructura del pavimento, lo expuesto anteriormente, ayudara a mantener el pavimento en condiciones de Serviciabilidad por mas tiempo, lo cual implica en prolongar los tiempos de intervención rutinaria y mejor uso del presupuesto disponible.
- Es necesario realizar con frecuencia labores de monitoreo o evaluaciones subjetivas, con el objetivo de obtener información actual del estado de la Vía, identificando los factores que influyen en el comportamiento y que son los responsables del deterioro del mismo.
- Mejorar el Sistema de drenaje superficial, llámese cunetas, alcantarillas y ubicarlas en lugar necesario.
- Se debe de realizar evaluaciones de rugosidad después de la época de lluvias, para determinar la influencia de las precipitaciones en el valor IRI.
- Debido al bajo rendimiento del equipo MERLIN, es recomendable su utilización para calibrar la curva de rugosidad de métodos con mayor rendimiento como el Bump Integrator.
- Es importante que la medición de la rugosidad se realice con equipos debidamente calibrados y con metodologías normalizadas que permitan obtener valores que se aproximen a la realidad.
- Es necesario hacer registros históricos de las vías asfaltadas con datos de construcción, rehabilitación y/o mantenimiento, realizando seguimiento del estado del pavimento, mediante evaluaciones periódicas de la condición superficial, medición de deflexiones, rugosidad, ahuellamiento entre otros parámetros de evaluación.
- Se recomienda a los proyectistas incorporar los controles de rugosidad, como parte del proceso constructivo de los pavimentos, condicionando la recepción al cumplimiento de las especificaciones dadas para tal fin.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación AYESA–ALPHA CONSULT; Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuana- Yauyos- Chupaca, Lima, 2005.
- CHANG ALBITRES, CARLOS. “Metodología Para la Determinación de la Rugosidad de Pavimentos y su Aplicabilidad en la Calibración de Equipos de Medición”. Trabajo Presentado en el V Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 2002.
- CHANG ALBITRES, CARLOS. “Sistemas de Gestión de Pavimentos y el Mantenimiento de Carreteras. Un Enfoque Integral”. Trabajo Presentado en el I Congreso Nacional del Asfalto, Lima, 1997.
- DEL AGUILA, P.R. “Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la Determinación de la Rugosidad de Pavimentos Asfálticos Nuevos Utilizando el equipo MERLIN”. Trabajo Presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998.
- DEL AGUILA, P.R. “Experiencias y Resultados Obtenidos en la Evaluación de la Rugosidad de Mas de 3000 km de Pavimentos en el Perú y Otros Países”. Trabajo Presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998.
- DEL AGUILA, P.R. “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.
- ELIFIO QUIÑONEZ ROSALES. “Rehabilitación de Pistas de las Calles Aledañas a la Zona de las Malvinas”. Lima, Septiembre del 2003.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Informe Técnico Inventario Vial de la Carretera Cañete-Lunahuana-Yauyos-Chupaca-Dv. Ronchas”. Lima Junio del 2008.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Manual Para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Transito”. Lima Abril del 2008.

ANEXOS

	Pág.
ANEXO N°01: Resumen de IRI del Km. 55+050 - Km.78+450	45
ANEXO N°02: Resumen de IRI del Km. 79+500 - Km.113+700	46
ANEXO N°03: Resumen de IRI del Km. 114+900 - Km.138+935	47
ANEXO N°04: Resumen de IRI del Km. 59+000 - Km.79+000	48
ANEXO N°05: Resumen de IRI del Km. 79+000 - Km.104+000	49
ANEXO N°06: Resumen de IRI del Km. 59+000 - Km. 79+000	40
ANEXO N°07: Resumen de IRI del Km. 79+000 - Km. 104+000	52

ANEXO N° 01



UNI

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



RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO DEL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG.	PROG. FINAL			
I - 01	55+050	55+450	A 1m del borde	3.08	23/06/2009
I - 02	55+450	55+850	A 1m del borde	2.80	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

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

ANEXO Nº 02



UNI

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



RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO	TRAMO	CONDICION	VALOR IRI	FECHA
I - 31	79+500 - 79+900	A 1.00m del borde	4.84	29/06/2009
I - 32	79+900 - 80+300	A 1.00m del borde	3.51	29/06/2009
I - 33	80+300 - 80+700	A 1.00m del borde	3.49	29/06/2009
I - 34	80+700 - 81+100	A 1.00m del borde	3.74	29/06/2009
I - 35	81+900 - 82+300	A 1.00m del borde	6.32	29/06/2009
I - 36	82+300 - 82+700	A 1.00m del borde	3.50	29/06/2009
I - 37	83+000 - 83+400	A 1.00m del borde	5.89	29/06/2009
I - 38	84+000 - 84+400	A 1.00m del borde	5.05	29/06/2009
I - 39	84+400 - 84+800	A 1.00m del borde	4.01	29/06/2009
I - 40	84+800 - 85+200	A 1.00m del borde	4.02	29/06/2009
I - 41	85+200 - 85+600	A 1.00m del borde	4.55	29/06/2009
I - 42	86+130 - 86+530	A 1.00m del borde	3.85	03/07/2009
I - 43	87+400 - 87+800	A 1.00m del borde	4.02	03/07/2009
I - 44	88+500 - 88+900	A 1.00m del borde	3.61	04/07/2009
I - 45	89+000 - 89+400	A 1.00m del borde	4.56	04/07/2009
I - 46	90+500 - 90+900	A 1.00m del borde	4.51	04/07/2009
I - 47	91+200 - 91+600	A 1.00m del borde	4.32	04/07/2009
I - 48	92+400 - 92+800	A 1.00m del borde	2.91	10/07/2009
I - 49	93+200 - 93+600	A 1.00m del borde	3.34	10/07/2009
I - 50	94+300 - 94+700	A 1.00m del borde	2.99	10/07/2009
I - 51	95+600 - 96+000	A 1.00m del borde	4.55	10/07/2009
I - 52	96+400 - 96+800	A 1.00m del borde	5.01	10/07/2009
I - 53	97+200 - 97+600	A 1.00m del borde	4.30	10/07/2009
I - 54	98+000 - 98+400	A 1.00m del borde	5.05	10/07/2009
I - 55	99+100 - 99+500	A 1.00m del borde	4.51	10/07/2009
I - 56	100+000 - 100+400	A 1.00m del borde	5.09	30/06/2009
I - 57	100+400 - 100+800	A 1.00m del borde	4.52	30/06/2009
I - 58	100+800 - 101+200	A 1.00m del borde	5.42	30/06/2009
I - 59	101+200 - 101+600	A 1.00m del borde	4.64	30/06/2009
I - 60	102+400 - 102+800	A 1.00m del borde	5.40	30/06/2009
I - 61	103+000 - 103+400	A 1.00m del borde	4.02	06/07/2009
I - 62	104+000 - 104+400	A 1.00m del borde	4.28	06/07/2009
I - 63	105+000 - 105+400	A 1.00m del borde	4.30	06/07/2009
I - 64	106+000 - 106+400	A 1.00m del borde	4.15	06/07/2009
I - 65	107+200 - 107+600	A 1.00m del borde	4.30	06/07/2009
I - 66	107+700 - 108+100	A 1.00m del borde	3.81	06/07/2009
I - 67	108+200 - 108+600	A 1.00m del borde	3.97	07/07/2009
I - 68	109+600 - 110+000	A 1.00m del borde	4.37	07/07/2009
I - 69	110+400 - 110+800	A 1.00m del borde	3.68	07/07/2009
I - 70	111+400 - 111+800	A 1.00m del borde	3.99	07/07/2009
I - 71	112+100 - 112+500	A 1.00m del borde	4.71	07/07/2009
I - 72	113+300 - 113+700	A 1.00m del borde	4.52	07/07/2009

ANEXO N° 03



UNI

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



RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO	TRAMO	FECHA DE
		ENCUESTA
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 - 2.999	0.00	0.00
3.00 - 4.999	7.60	0.29
5.00 - 6.999	14.40	0.55
>= 7.000	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

ANEXO N° 04

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

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL-IRI

Tramo Parcial :Del 59+000 al 79+000

Carril de ensayo : Izquierdo

Carpeta de Rodadura :SLURRY SEAL

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

Fuente: (datos obtenido de campo en octubre, del curso de titulacion 2009-II)

ANEXO Nº 05

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

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL-IRI

Tramo Parcial :Del 79+000 al 104+000

Carril de ensayo : Izquierdo

Carpeta de Rodadura Tratamiento Superficial Monocapa

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

Fuente: (datos obtenido de campo en octubre, del curso de titulación 2009-II)

ANEXO N° 06

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

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL-IRI

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

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

4	74+400	-	74+800	A 1 m del borde	3,51	2,6	3,32 ; 0,31	3,83		
	75+000	-	75+400	A 1 m del borde	3,57	2,6				
	76+300	-	76+700	A 1 m del borde	3,51	2,6				
	77+200	-	77+600	A 1 m del borde	3,18	2,8				
	78+200	-	78+450	A 1 m del borde	2,84	3,0				

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

ANEXO N° 07

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

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL-IRI

Tramo Total :Del 79+000 al 104+000

Carril de ensayo : Derecho

Carpeta de Rodadura :TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

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

8	94+300 - 94+700	A 1 m del borde	2,99	2,9	4,38 ; 0,84	5,76
	95+600 - 96+000	A 1 m del borde	4,55	2,2		
	96+400 - 96+800	A 1 m del borde	5,01	2,0		
	97+200 - 97+600	A 1 m del borde	4,30	2,3		
	98+000 - 98+400	A 1 m del borde	5,05	2,0		
9	99+100 - 99+500	A 1 m del borde	4,51	2,2	4,80 ; 0,52	5,66
	100+000 - 100+400	A 1 m del borde	5,09	2,0		
	100+400 - 100+800	A 1 m del borde	4,52	2,2		
	100+800 - 101+200	A 1 m del borde	5,42	1,9		
	101+200 - 101+600	A 1 m del borde	4,64	2,2		
	102+400 - 102+800	A 1 m del borde	5,40	1,9		
	103+000 - 103+400	A 1 m del borde	4,02	2,4		

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