

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



**EVALUACION DE LA RUGOSIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS-
CHUPACA CON EQUIPO MERLIN TRAMO KM. 84+000 – KM. 89+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ANDRES EFRAIN CHUMBE MONTORO

Lima- Perú

2009

RESUMEN

El presente estudio se encarga de realizar una evaluación de la rugosidad de la superficie del tramo km 84 + 000 al km 89 + 000 de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca; habiéndose realizado el estudio en el sector entre el km 84+600 al km 85+000.

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.

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.

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) el cual es un índice estándar para expresar la medida de rugosidad 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.

Finalmente se procesó la información registrada y se obtuvo un valor IRI de 4.93 lo cual refleja en pavimento con imperfecciones superficiales.

Se pudo concluir que el equipo MERLIN es adecuado para evaluar la rugosidad de esta carretera ya que no tiene un alto costo, es sencillo de utilizar y muy preciso.

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

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.01 Aceptación y penalidades en función del IRI_{CAR} del tramo	28
Cuadro 3.01 Toma de datos en formato estándar	49
Cuadro 3.02 Histograma de la distribución de frecuencias usando datos de campo	50
Cuadro 3.03 Toma de datos para calibración de Equipo MERLIN	51
Cuadro 4.01 Datos IRI obtenidos en el tramo en evaluación	53
Cuadro 4.02 Comparación de IRI en tramos iguales	53

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.01 Plano acotado de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con tramo en Evaluación	12
Fig. 1.02 Perfil longitudinal de la Carretera	14
Fig. 1.03 Mapa de la vía – tramo en estudio	15
Fig. 2.01 Esquema del diseño del equipo MERLIN	14
Fig. 2.02 Vistas Vertical y Horizontal del Sensor de Desplazamiento	18
Fig. 2.03 Sensor Magnético	18
Fig. 2.04 Pantalla del instrumento en operación	19
Fig. 2.05 Adquisidor de datos del equipo	19
Fig. 2.06 Histograma de los datos adquiridos	20
Fig. 2.07 Escala de Rugosidad para pavimentos IRI	27
Fig. 2.08 Medición de desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio	29
Fig. 2.09 Modelo Mark 1 desarrollado por el TRRL	31
Fig. 2.10 Modelo Mark 2 desarrollado por el TRRL	32
Fig. 2.11 Esquema del rugosímetro MERLIN	32
Fig. 2.12 Formato para la recolección de datos de campo	33
Fig. 2.13 Uso del equipo MERLIN	34
Fig. 2.14 Alineamiento del Equipo	38
Fig. 2.15 Medición de las medidas características del disco	40
Fig. 2.16 Cuadrilla de trabajo	43
Fig. 2.17 Error en la medición por peralte	45
Fig. 2.18 Diferencial Dx en la medida de la rugosidad	45
Fig. 3.01 Tratamiento superficial Monocapa	47
Fig. 3.02 Tramo representativo del área a evaluar	48
Fig. 4.01 Comparación de IRI en tramos iguales	54

LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

AASTHO	: American Association of State Highway and Transportation Official
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BM	: Banco Mundial
IRI	: International Roughness Index
IRRE	: International Road Roughness Experiment
MERLIN	: Machine for Evaluating Roughness using Low -cost Instrumentation
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

INDICE

RESUMEN	1
LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	5
INTRODUCCION	8
CAPITULO 1 GENERALIDADES	10
1.1 ANTECEDENTES DE LA CARRETERA	10
1.2 UBICACIÓN DE LA CARRETERA	12
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA	13
1.4 SUBTRAMO EN ESTUDIO KM84+000 A KM89+000	15
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	16
2.1 ESTADO DEL ARTE EQUIPO MERLIN	16
2.2 RUGOSIDAD	20
2.2.1 La Rugosidad y su Relación con la Serviciabilidad	21
2.2.2 Equipos de Medición de Rugosidad	22
2.2.3 Calibración de los Equipos de Medición de la Rugosidad	24
2.3. ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL	24
2.3.1 Aplicabilidad en el Control de Obras Viales	28
2.4 EQUIPO MERLIN	29
2.4.1 Principio de Operación	29
2.4.2 Diseño	30
2.4.3 Método de Uso	33
2.4.4 Ecuaciones de Rugosidad	35
2.4.5 Descripción Adicional de la Maquina	36
2.4.6 Alineamiento	38
2.4.7 Amplificación del Brazo móvil	39
2.4.8 Calibración	40
2.4.9 Elección de la Sección de Prueba	41

2.4.10 Número de operadores	43
2.4.11 Seguridad	43
2.4.12 Comprobación Cero	44
2.4.13 Corrección en Curvas con Peralte	44
CAPITULO 3 APLICACIÓN DEL METODO	47
3.1 APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL TRAMO KM 84+000 – KM 89+000 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA	47
3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS	49
3.3 CALCULO DEL IRI	51
CAPITULO 4 ANALISIS DE RESULTADOS	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país en vías de desarrollo, el cual ha ido creciendo en cuando a su infraestructura vial en forma considerable en la última década, visto es posible darse cuenta que es sumamente importante llevar una continua y severa evaluación de los trabajos realizados post construcción, uno de estas formas de evaluar la condición de un pavimento en la evaluación superficial la cual puede ser realizada en forma cuantitativa y cualitativa.

Para la realización de este trabajo se escogió un equipo que permitirá obtener resultados seguros y confiables en la evaluación superficial de una manera sencilla, practica y económica; este es el equipo MERLIN.

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

El objetivo general del presente estudio es evaluar la rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca del km. 84 + 000 al km. 89 + 000 y así poder colaborar con la elaboración de un manual de medida de rugosidad para carreteras de este tipo.

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 equipo MERLIN en el sub tramo elegido.

Calcular el índice de serviciabilidad de acuerdo al valor IRI obtenido,

El presente estudio consta de un resumen, una relación de cuadros, figuras, siglas y símbolos, luego se presenta una introducción seguida de cuatro capítulos, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones así como la bibliografía.

En el Capítulo 1 se describen la carretera en estudio para poder ubicarnos en el espacio y definir nuestras limitaciones, se observara brevemente los antecedentes de la carretera, su ubicación y sus características.

En el Capítulo 2 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

En el Capítulo 3 se realiza el procesamiento de la información recabada en la carretera siguiendo los pasos descritos en el capítulo 2.

En el Capitulo 4 se analizan los resultados obtenidos mediante el procesamiento del capítulo 3.

CAPITULO 1.- GENERALIDADES

1.1 Antecedentes de la carretera

La carretera Cañete-Yauyos-Chupaca, fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, quedando paralizados todos los trabajos de la carretera hasta los años 1954 y 1957.

Por el lado de la costa, durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 se avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944; quedando postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos-Huancayo.

Debido a la dificultad del pase del cañón de Uchco (km 176 + 375)para los pueblos de Nor-Yauyos, el pueblo de Alis gestionó ayuda ante el Ministerio de Fomento, es así que en 1954 consiguen la aceptación del Gobierno Central. Hasta que en mayo de 1955, llega la Comisión y la Delegación del Estado en el puente peatonal del cañón de Uchco, para la prosecución de la carretera, comenzando con la rectificación total del trazo desde Uchco hasta Alis. En Julio de 1956 se construyó el puente Uchco, muros y cortes en ese sector hasta que en octubre a noviembre de ese año se terminó de construir el puente hacia Luque y sé terminó los trabajos.

El 6 de febrero de 1957 se prosiguieron los trabajos de la carretera desde Parachaca hasta Alis terminándose los trabajos de la carretera en mayo de 1957.

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 Pre inversión a Nivel de Perfil de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuana – 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 Ruta 22, enfatizando el tema de Diseño Vial.

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.

El Programa “Proyecto Perú” aspira a establecer políticas de mantenimiento para la conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres (3) años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2,007 celebrado con el PROVIAS NACIONAL, el Consorcio Gestión de Carreteras asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca (271 km) y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas a nivel de solución básica.

En el tramo en evaluación Km. 84+000 – Km. 89+000 se han realizado los trabajos de mantenimiento y conservación Vial (capa base estabilizada y monocapa Asfáltica). Estos trabajos fueron ejecutados entre febrero y marzo del 2009.

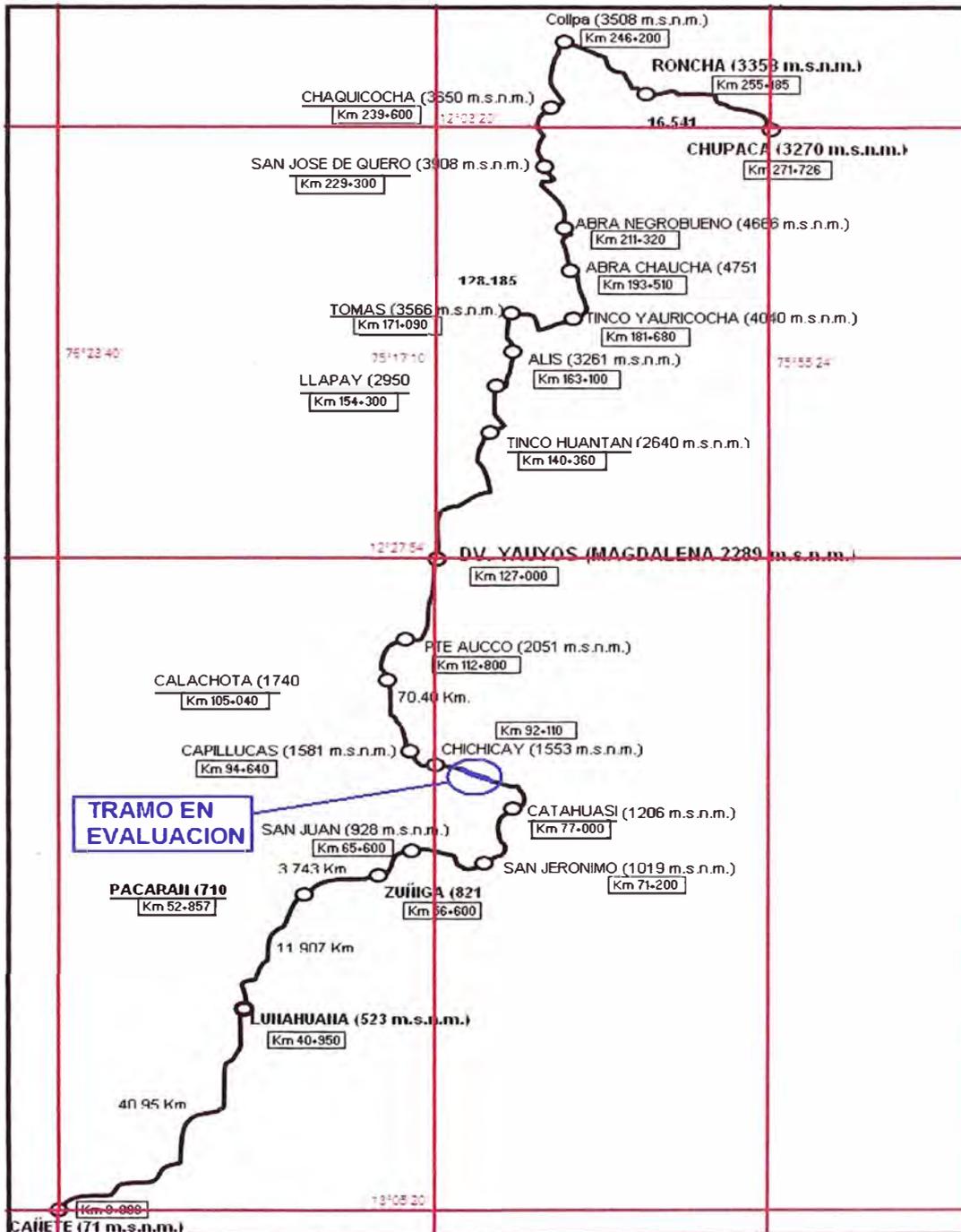


Fig. 1.01 Plano acotado de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con tramo en Evaluación
 (Fuente: Informe Técnico: Convenio UNI-PROVIAS)

1.2 Ubicación de la Carretera

La carretera “Cañete- Yauyos-Chupaca (RN 22)”, se ubica geográficamente en la Región de Lima, provincias de Cañete y Yauyos y Región Junín-, Provincia de Chupaca.

El área estudiada limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochiri y La Oroya, por el Este con los cuadrángulos de Andamarca y Pampas, por el Sur con los cuadrángulos de Tantará y Chíncha y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala. La altitud de este tramo varía entre los 450 m.s.n.m. y 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 243.76 Km.

La carretera tiene una topografía bastante sinuosa transformándose en agreste en la medida que se interna en la cordillera de los andes; mientras que se vuelve a ampliar, ya en la cima de la cordillera. El ancho de la actual plataforma vial es variable entre 3m y 6m.

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular con presencia de cultivos, este sector presenta un clima cálido, a manera que se aproxima a los contrafuertes andinos se estrecha. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, resacas y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua. Esta área corresponde a la región Yunga (500 msnm - 2300 msnm). La vía continúa por la región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm), donde se observa una estrecha garganta, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas, presentando un clima templado. Se continúa ascendiendo llegando a la región Suni o Jalca (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados, pañoleras y cerros. La carretera atraviesa también la región Puna, que comprende alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí y presentando un clima frío.

1.3 Características de la carretera

CARRETERA:

Corredor Vial N°13 Cañete- Lunahuana - Pacarán - Chupaca

Inicio: San Vicente de Cañete Km 001 + 805

Final: Chupaca Km 273 + 531

Longitud Total: 271.726 km.

Máxima Altitud: 4,751 m.s.n.m. Abra Chaucha

Tramo a Evaluar en el Curso

Inicio: Zúñiga Km 059 + 000 Altitud: 821 m.s.n.m.

Final: Calachota Km 104 + 000 Altitud: 1740 m.s.n.m.

Longitud del Tramo: 45.00 km

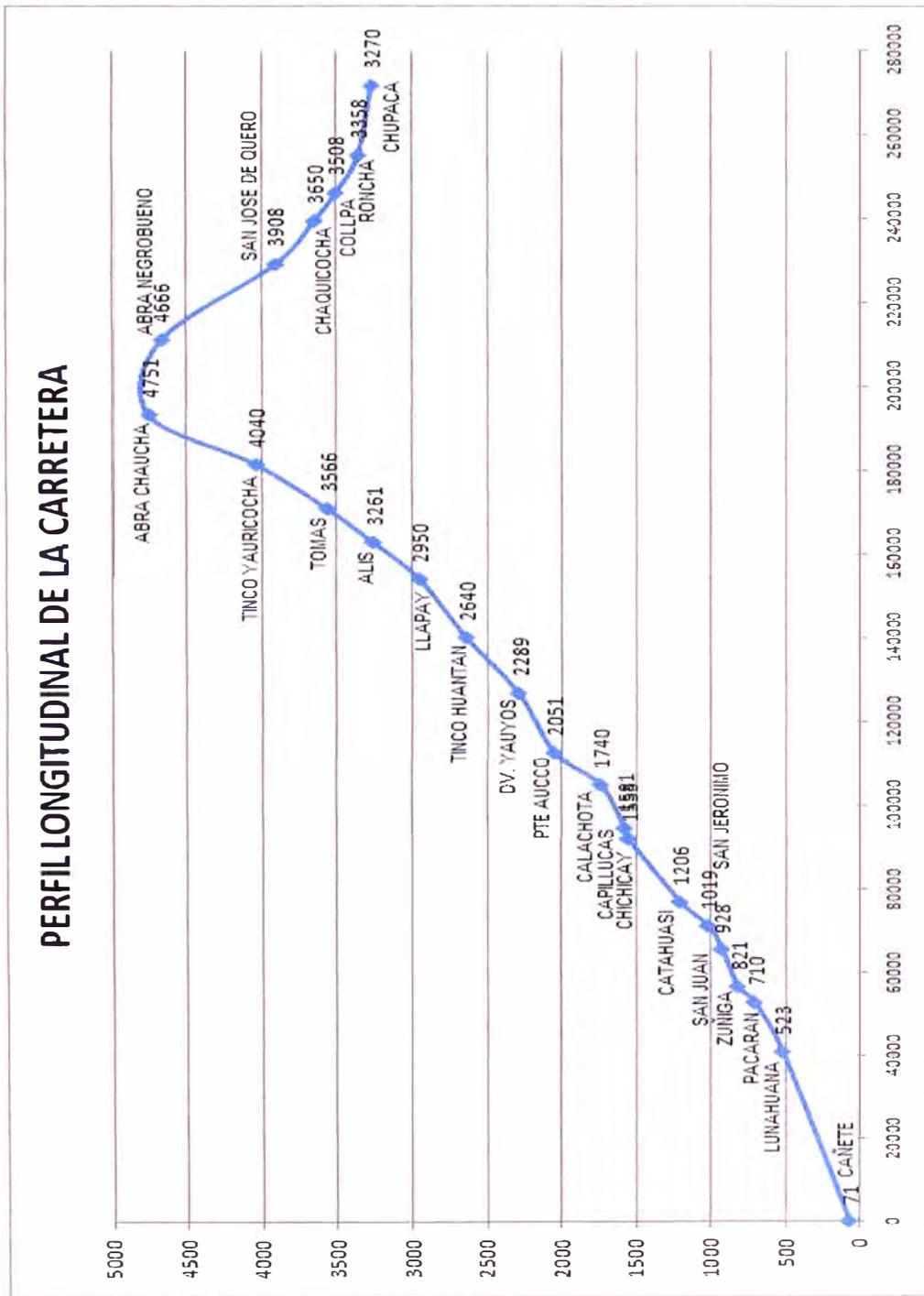


Fig. 1.02 Perfil Longitudinal de la Carretera
 (Fuente: Elaboración Propia)

1.4 Sub Tramo en estudio Km 84+000 – Km 89+000.

Sub – Tramo a Evaluar

Inicio: Canchan Km 083 + 345

Final: Chichicay Km 092 + 110

Altitud: Entre 1228 y 1392 m.s.n.m. Temperatura: 20° - 27°

Época de Lluvias: Diciembre a Febrero Años de Servicio: 5 años

CBR de Diseño: 20 (Al 95% del MDS) Ejes Proyectos: W18 = 1.69 E+06

Contratista: CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS (CGC)

Supervisor: Provias Nacional (MTC)

Solución Aplicada: Estabilización: Emulsión Asfáltica

Recubrimiento Bituminoso: Monocapa con RC - 250

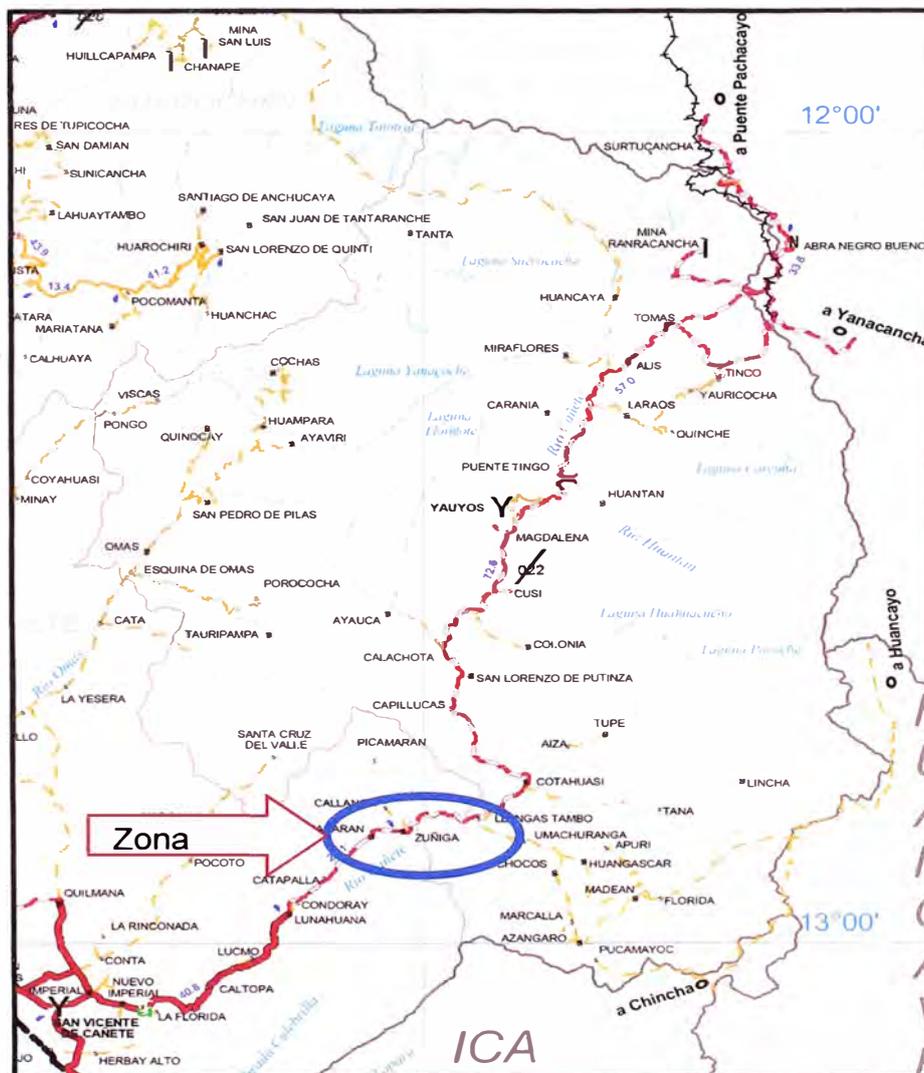


Fig. 1.03 Mapa de la vía – tramo en estudio
(Fuente: MTC)

CAPITULO 2.- MARCO TEORICO

2.1 Estado del Arte Equipo Merlin

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

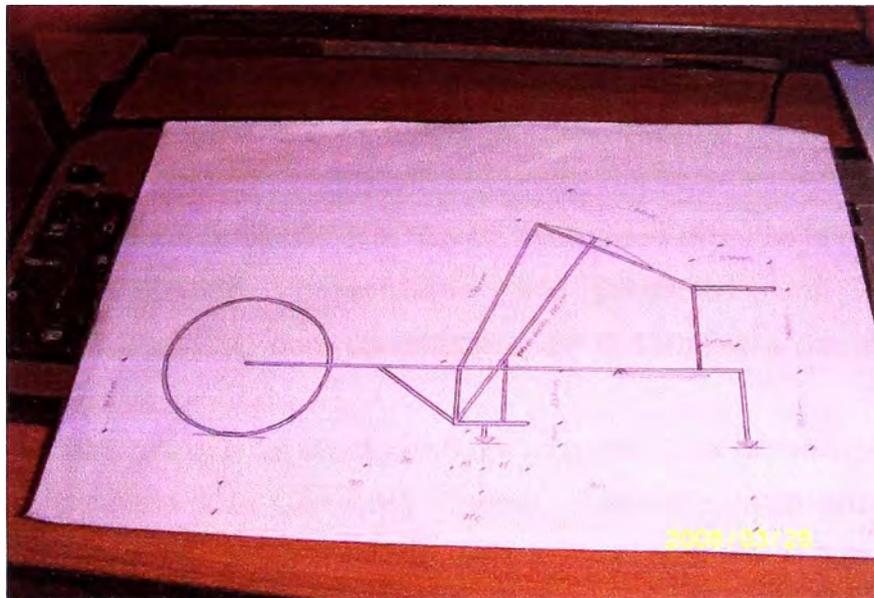


Fig. 2.01 Esquema del diseño del equipo MERLIN
(Fuente: Oliveria Olerques 2008)

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

El primer estudio de rugosidad con un MERLIN se efectuó durante el mes de Septiembre de 1993, como parte de los estudios para la rehabilitación de la

carretera Huayre-Huánuco, parte de una vía de integración regional de gran importancia en el Perú. En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro, y sobre tramos con tratamiento superficial bi-capa.

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

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

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.

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.

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.

En la actualidad en el Perú, el Instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (IIFIC – UNI) ha desarrollado un sistema de medición automatizada para el equipo MERLIN a través de la implementación de un sensor de desplazamiento en la rueda. Dicho sensor mide el desplazamiento vertical del brazo móvil y en consecuencia la rugosidad. La señal eléctrica es leída por el instrumento colector (Fig. 2.04).

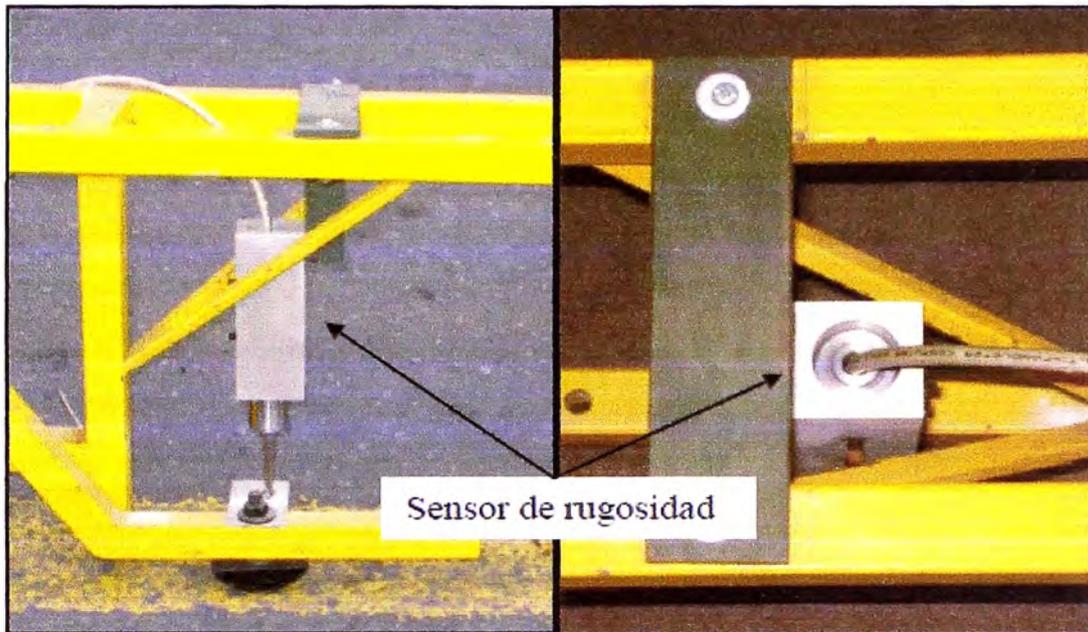


Fig. 2.02 Vistas Vertical y Horizontal del Sensor de Desplazamiento
(Fuente: IIFIC - UNI)

En la llanta se colocó un sensor magnético para detectar de forma automática que ésta dio una vuelta. Este sensor da un pulso por cada vuelta de la llanta (ver Fig. 2.03). Cada pulso eléctrico es leído por el instrumento colector (Fig. 2.05) y sólo cuando la llanta está en posición, el instrumento acepta la lectura del sensor de desplazamiento.



Fig. 2.03 Sensor Magnético
(Fuente: IIFIC - UNI)

El instrumento colector va indicando el número de medida (1 .. 200), el IRI acumulado hasta ese momento, el valor de rugosidad MERLIN (1 .. 50) y si la llanta está en posición (■) o fuera de posición (Π). Si esta fuera de posición no se podrá grabar el número mostrado en "Valor" (figura 2.04). El instrumento posee una memoria de 8Mbits de capacidad, permitiendo almacenar muchos tramos antes de llenarse. El instrumento se apaga automáticamente si luego de 3 minutos no ha ocurrido ningún evento, prolongando el servicio de la batería. La Fig. 2.06 muestra el histograma.

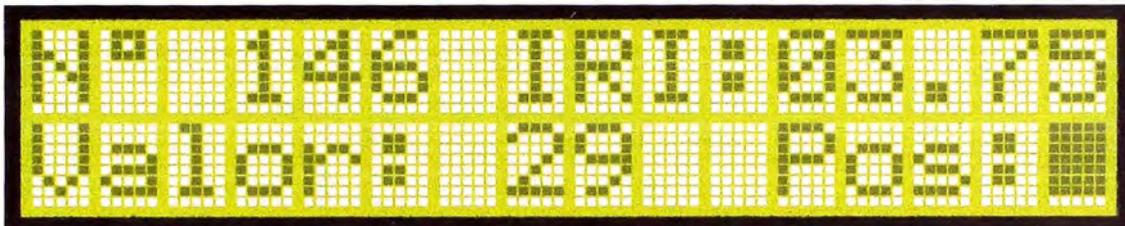


Fig. 2.04 Pantalla del instrumento en operación
(Fuente: IIFIC - UNI)

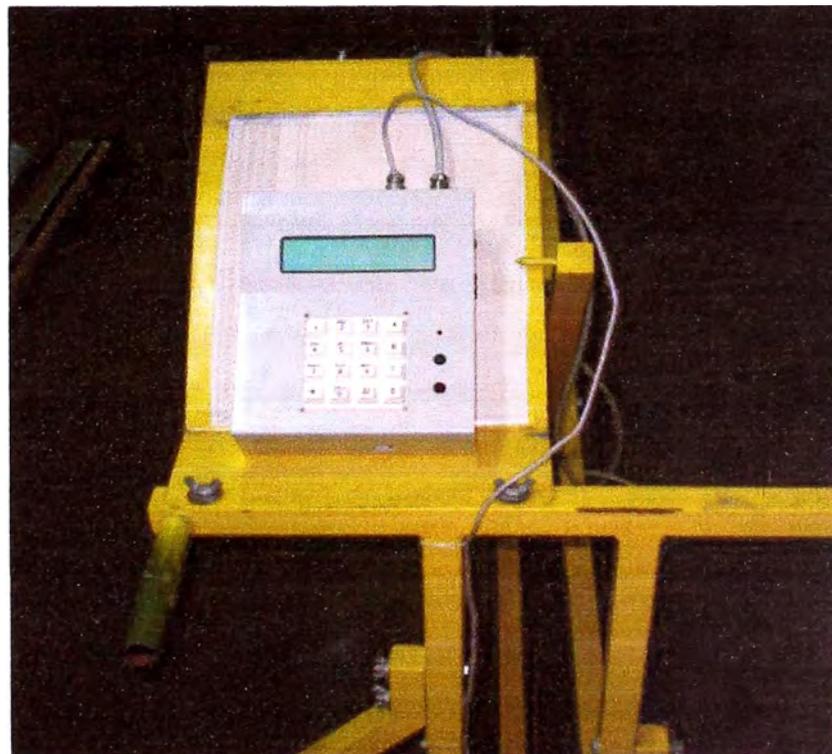


Fig. 2.05 Adquisidor de datos del equipo
(Fuente: IIFIC - UNI)

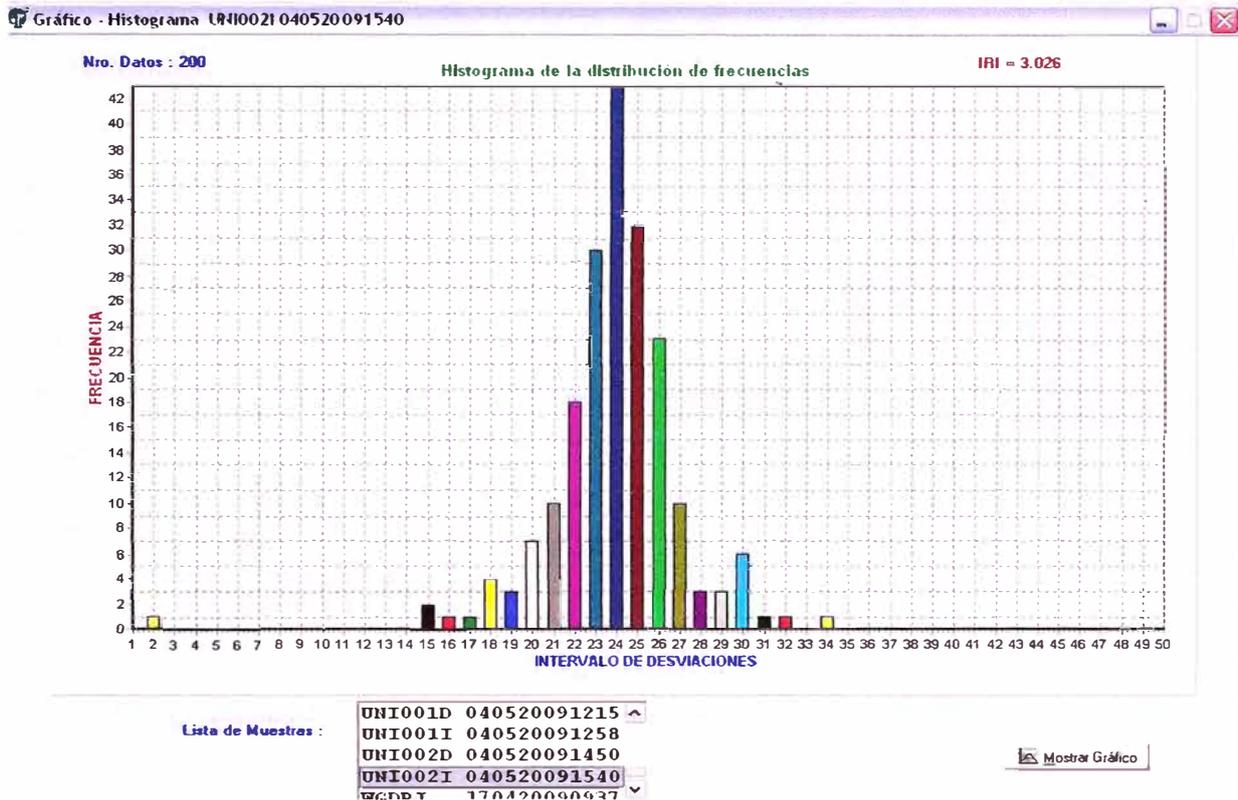


Fig. 2.06 Histograma de los datos adquiridos
 (Fuente: IIFIC - UNI)

2.2 Rugosidad

El grado de irregularidad longitudinal del pavimento influye en el nivel de comodidad y tiempo de transporte de los usuarios que transitan en la vía, así como en los costos de operación vehicular. La rugosidad es el parámetro que cuantifica el grado de irregularidad longitudinal de una carretera. Carreteras nuevas en la cuales se tiene un bajo nivel de rugosidad permiten un ahorro sustancial en costos de operación vehicular y tiempo de transporte de los usuarios.

Debido a la estrecha relación entre los valores de rugosidad y los costos de transporte, la correcta cuantificación de este parámetro tiene vital importancia. La rugosidad es empleada en la fase de diseño para determinar la condición actual del tramo y para plantear alternativas de rehabilitación y/o reconstrucción dependiendo del nivel de deterioro de la vía. La rugosidad también es empleada como parámetro de control al término de un proyecto de carretera nueva de rehabilitación de una carretera existente para verificar si se han alcanzado los

estándares de calidad establecidos en el expediente técnico. Inclusive, Especificaciones Técnicas basadas en el cumplimiento de objetivos, penalizan al contratista cuando los estándares de calidad no son alcanzados al término de la obra.

Existen diversos procedimientos para la medición de la rugosidad. El grado de precisión de los procedimientos utilizados depende de la metodología empleada que está relacionada con los equipos que se utilicen durante la medición. La diferencia entre valores de rugosidad obtenidos con metodologías distintas puede ser mínima o sustancialmente significativa dependiendo de los cuidados tenidos en la calibración del equipo, procedimiento de medición en campo e inclusive en las formulas empleadas en el procesamiento de data proveniente de campo.

2.2.1 La Rugosidad y su Relación con la Serviciabilidad

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

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

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

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

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 AASHTO, 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.

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:

$$R = 5.5 \ln (5.0/PSI) \pm 25 \%, \text{ para } R < 12 \dots (1)$$

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

2.2.2 Equipos de Medición de Rugosidad

Siendo la medición de la rugosidad el parámetro principal para determinar el índice de serviciabilidad y existiendo diversos métodos para su cálculo- según el tipo de equipo que se emplee- es necesario tener especial cuidado en su

medición. Para medir la rugosidad existen diferentes métodos, que pueden clasificarse en cuatro grupos:

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 y con una precisión de 0.5 mm. Entre estos equipos están el TRL Road Profile Beam, siendo otra alternativa realizar una nivelación de precisión. Estas metodologías se emplean generalmente para fines de verificación o calibración de otros equipos de medición.

Métodos Clase 2

Comprende el uso de perfilómetros de alta velocidad: Se basa también en la medición del perfil longitudinal, pero son menos precisos que los indicados anteriormente, siendo además costosos y complejos en su manejo. Entre los perfilómetro de alta velocidad están: el APL Trailer y el GMR – Type Inertial Perfilometer.

Métodos Clase 3

En estos métodos se utilizan ecuaciones de correlación para convertir data de campo a las unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente se emplean rugosímetros dinámicos: Recolectan los datos instalados en un vehículo que recorre la vía a una velocidad uniforme. La precisión de los resultados obtenidos depende de la calibración dinámica del vehículo para proporcionar los valores de rugosidad, empleando ecuaciones de correlación para convertir las lecturas a la escala IRI (International Roughness Index). En este grupo se encuentran el Mays Meter, Bump Integrator, NAASRA Meter, Cos Meter, PCA Meter, entre otros.

Métodos Clase 4

Se basan en una evaluación subjetiva en la cual el IRI se estima con una inspección visual realizada por un ingeniero experimentado. Se utiliza solo

cuando se requiere de una información básica o referencial sin una mayor exactitud.

2.2.3 Calibración de los Equipos de Medición de Rugosidad

La calibración de los equipos de medición de rugosidad depende del tipo de equipo que se emplee. Los perfilómetro de precisión utilizados en métodos de clase 1, no requieren de mayor calibración por tratarse de una medición directa del perfil longitudinal y más bien son utilizados para calibrar equipos utilizados en el clase 2 y clase 3. Los equipos empleados en la clase 2 como son los perfilómetro de alta velocidad son menos precisos que los de clase 1. Por ser equipos de alta tecnología su calibración es usualmente realizada por cada fabricante y verificada en campo con equipos de clase 1.

En lo respecta a los métodos de clase 3 que utilizan rugosímetros dinámicos y ecuaciones de correlación para convertir la data recolectada en campo a valores de rugosidad en IRI su grado de precisión depende del proceso de calibración utilizado y del grado de precisión de la ecuaciones de correlación utilizadas. Para la calibración de estos equipos se utilizan equipos de clase 1 de preferencia y de contar con estos, se calibrara con equipos de clase 2. Los métodos clase 4 por ser subjetivos simplemente dependen de la experiencia del evaluador con resultados obtenidos con los otros métodos. En el Perú, los rugosímetro dinámicos con métodos de medición de clase 3 son los más empleados.

2.3 Índice de Rugosidad International

Uno de los principales objetivos en la construcción y el mantenimiento de las pavimentaciones de las carreteras es el de garantizar buenas características superficiales para aumentar la comodidad y seguridad del movimiento

El usuario se da cuenta de la regularidad de la carretera cuando la recorre y en particular cuando esta es deficiente. Las pavimentaciones son sometidas a deterioros, es decir a la degradación de las condiciones de regularidad en correlación con las degradaciones estructurales que se manifiestan en el tiempo

como derrumbes, ondulaciones o fisuraciones que hace que las carreteras sean transitables con peligros cada vez más graves.

Las irregularidades de las pavimentaciones no son siempre causadas por las carencias estructurales. Pueden depender de una mala ejecución del trabajo con capas no perfectamente niveladas, sea en sentido longitudinal o trasversal. El usuario no percibe rápidamente estas irregularidades a nivel de rugosidad, pero el organismo percibe sus efectos especialmente en largos recorridos.

Condiciones escasas o bajas de regularidad hacen precarias una de las principales funciones de la pavimentación, esto es la comodidad del manejo.

En general la falta de regularidad o altos niveles de rugosidad de la superficie de la carretera contribuye a disminuir la atención del usuario, su percepción de la carretera e influye también sobre la regularidad desde el punto de vista de adherencia neumático – carretera. Esto por dos razones:

La formación de charcos implica, en caso de lluvia, un aumento del estrato de agua que puede causar importantes reducciones del coeficiente de adherencia (fenómeno de aquaplaning)

La adherencia neumático – carretera depende la fuerza vertical aplicada a la rueda; oscilaciones del vehículo causadas por las irregularidades, implican aumentos y disminuciones de las cargas de los puntos de vínculo.

Son particulares las irregularidades o niveles de rugosidades relacionadas a la presencia de ahuellamientos que, si son causadas por las capas de carpeta asfáltica, pueden extenderse y provocar fuertes inseguridades especialmente para los vehículos de dos ruedas.

La calidad de la regularidad o rugosidad tiene además efectos en el ámbito económico.

Si la superficie resulta ser regular, los costos del usuario serán mínimos. El aumento de los niveles de rugosidad implica inicialmente mayores costos de viaje y de mantenimiento del vehículo (combustibles, aceites, neumáticos, repuestos, etc.). Si la rugosidad aumenta, aumenta también los tiempos de viaje con problemas económicos para toda la colectividad.

En particular en lo que se refiere a la medida de la rugosidad o regularidad del perfil de los pavimentos; en los años 60 y 70, General Motors Research, varios ODT en EE.UU., TRRL en Inglaterra y otros, han desarrollado una serie de equipos llamados "perfilógrafos", con el fin de permitir la medida de la regularidad o rugosidad superficial de los pavimentos, registrando los efectos dinámicos transmitidos al recorrer una carretera.

En los años siguientes se han introducido equipos más sofisticados que utilizaban sensores acústicos u ópticos, que no necesitaban de un contacto directo con el instrumento y la superficie del pavimento.

La exigencia de llegar a una racionalización de procedimientos de toma de datos y a una posible correlación de resultados obtenidos con distintos aparatos llevó a la realización de una Conferencia Internacional, I.R.R.E. (International Road Roughness Experiment) desarrollado en Brasilia, Brasil, el año 1982. En el curso de esta conferencia se pudo definir un sistema de referencia único para la calibración de los varios sistemas y, lo más importante, definir un índice estándar para expresar la medida de rugosidad de los pavimentos, el International Roghness Index (IRI).

El IRI se define como una característica del perfil longitudinal de la huella de la rueda, en lugar de cómo una característica de una pieza de hardware, para asegurar la estabilidad de tiempo, además, la medición directa del iri requiere que el perfil de la huella de la rueda sea obtenido.

El IRI es también fuertemente relacionado a las opiniones subjetivas acerca de la rugosidad de la carretera que pueda ser obtenida del público. Por lo que el IRI es (1) medible por muchos métodos perfilométricos, (2) favorablemente correlacionado con las medidas del RTRRMS, (3) favorablemente correlacionado con las opiniones subjetivas, es una escala favorablemente transportable.

Debe ser reconocido que el IRI es un resultado numérico que resume las calidades de rugosidad que impacta en la respuesta del vehículo, por la cual no puede ser el más apropiado para otras aplicaciones. Más específicamente el IRI es apropiado cuando se desea una medida de rugosidad que relaciona a:

El costo completo de la operación del vehículo

La calidad total del recorrido

- Cargas dinámicas de las ruedas (daño a las carreteras por los camiones pesados; límites de seguridad de colocación de esquina y frenaje disponible a los carros de pasajeros)
- Condición total de la superficie.

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.

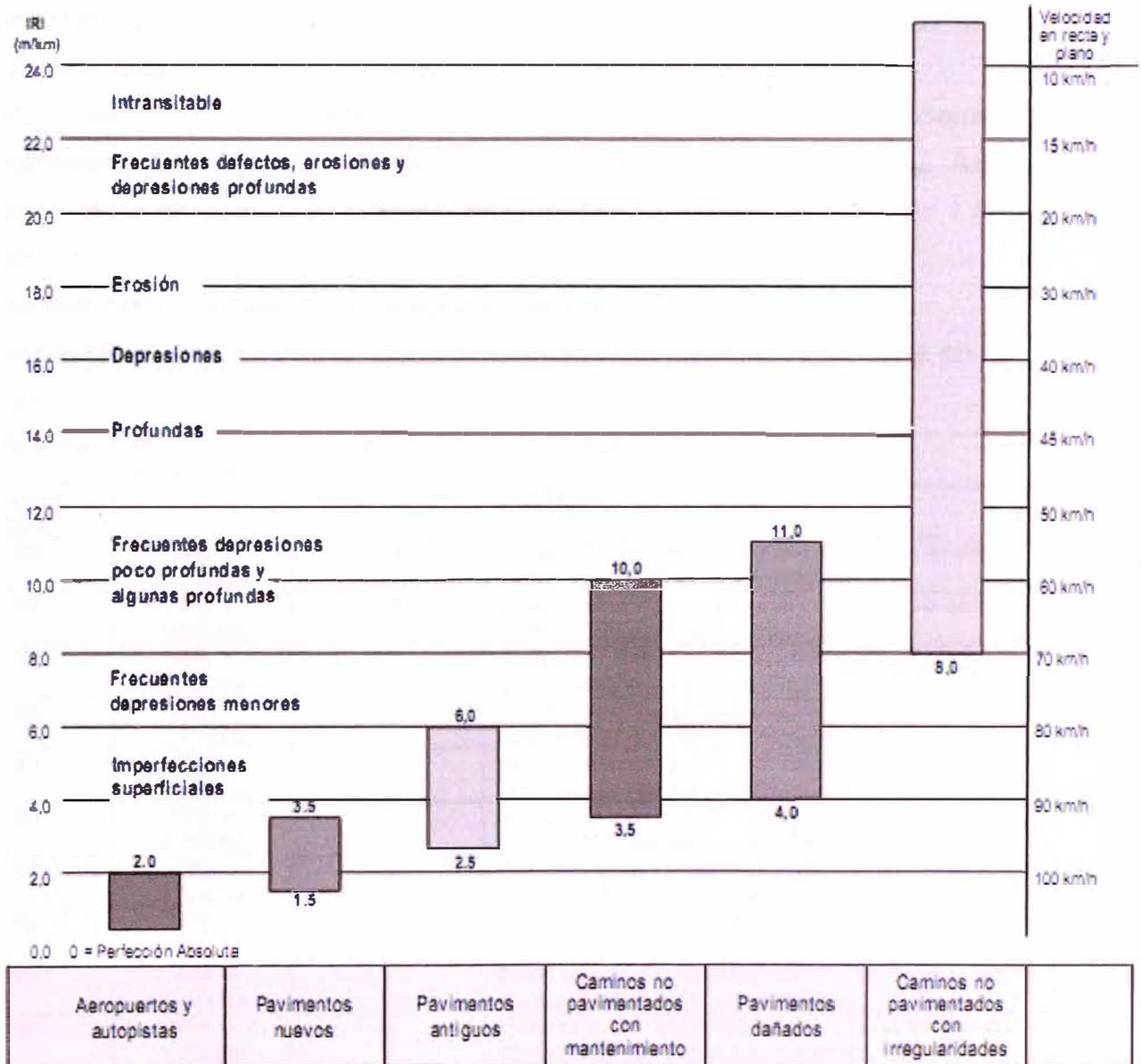


Fig. 2.07 Escala de Rugosidad para pavimentos IRI

(Fuente: MTC Manual para la conservación de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito)

2.3.1 Aplicabilidad en el Control de Calidad de Obras Viales

La determinación de la rugosidad para efectos de control se realiza utilizando equipos debidamente calibrados, que puedan determinar la rugosidad de la capa de rodadura en términos del IRI.

$$IRI_{CAR} = IRI_{PROM} + t \times s$$

Con los datos de IRI obtenidos se calcula el promedio aritmético (IRI_{PROM}) y la desviación estándar (s), determinándose el valor del IRI característico (IRI_{CAR}) con la expresión:

Donde: t es el parámetro estadístico que relaciona el porcentaje de datos con probabilidad de presentar valores de rugosidad superiores a IRI_{PROM} . Así por ejemplo, para un grado de confiabilidad de 95% el valor adoptado de t es de 1.645.

De no cumplirse con los límites exigidos, las Especificaciones Técnicas usualmente establecen una escala de penalidad, un ejemplo se muestra en el cuadro:

Confiabilidad (%)	IRI característico	Con IRI > IRI _c	ACEPTADO O RECHAZADO
Menor a 85%		Mayor a 15%	<i>Rechazado</i>
85	IRI _p + 1.037S _s	15	<i>Aceptado con penalidad del 5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
86	IRI _p + 1.080S _s	14	<i>Aceptado con penalidad del 4.5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
87	IRI _p + 1.126S _s	13	<i>Aceptado con penalidad del 4% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
88	IRI _p + 1.175S _s	12	<i>Aceptado con penalidad del 3.5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
89	IRI _p + 1.226S _s	11	<i>Aceptado con penalidad del 3% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
90	IRI _p + 1.282S _s	10	<i>Aceptado con penalidad del 2.5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
91	IRI _p + 1.340S _s	9	<i>Aceptado con penalidad del 2% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
92	IRI _p + 1.405S _s	8	<i>Aceptado con penalidad del 1.5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
93	IRI _p + 1.476S _s	7	<i>Aceptado con penalidad del 1% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
94	IRI _p + 1.555S _s	6	<i>Aceptado con penalidad del 0.5% sobre el monto contractual del rubro pavimentos</i>
95	IRI _p + 1.645S _s	5	<i>Aceptado</i>
Mayor a 95%		Menor a 5%	

Cuadro 2.01 Aceptación y penalidades en función del IRI_{CAR} del tramo

(Fuente: V Congreso Nacional del Asfalto)

El IRI_{CAR} es comprobado con los límites establecidos en el expediente técnico del proyecto:

- Construcción nueva con carpeta asfáltica en caliente IRI_{CAR} hasta 2.0
- Rehabilitación con recapado de carpeta asfáltica en caliente IRI_{CAR} hasta 2.5
- Construcción nueva con tratamiento superficial bicapa IRI_{CAR} hasta 3.0

2.4 Equipo Merlin

2.4.1 Principio de Operación

La fig. 2.08 ilustra como el Merlin mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante.

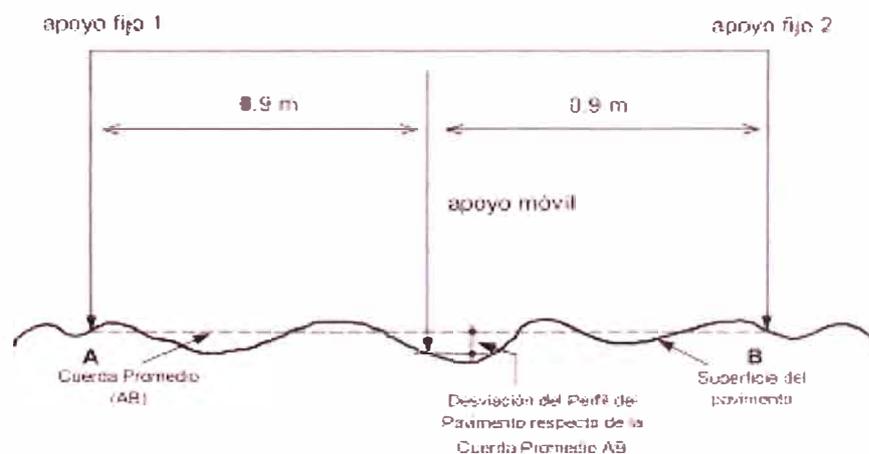


Fig 2.08 Medición de desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

(Fuente: Del Aguila 1999)

El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. El MERLIN tiene dos pies, separados uno de otro una distancia de 1.8 m, el cual se apoya en la superficie del camino cuya rugosidad será medida a lo largo de la wheeltrack. Un patín de prueba móvil se pone a media vía sobre la superficie del camino entre los dos pies y el Merlin mide la distancia vertical “Y” entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies. El resultado se registra en un

formato montado sobre la maquina, tomando medidas repetidas a lo largo de la huella de la rueda cuando se han completado las observaciones, se remueve el formato en el cual se habrá generado un histograma. El “ancho” del histograma (D) expresado en milímetros representa la rugosidad en la escala Merlin.

2.4.2 Diseño

La fig. 2.09 muestra un esquema del MERLIN MK1. Consiste de:

- Una viga horizontal de metal de aprox. 2 m de longitud.
- Una rueda de bicicleta en la parte delantera acoplada a la viga por las horquillas delanteras de la bicicleta. La base de la llanta actúa como el pie delantero.
- Una pata metálica vertical acoplada a la parte trasera de la viga. Una pieza formada de metal en la base de la pata actúa como el pie delantero
- Una pata central aproximadamente en la vía central a lo largo de la viga, que se extiende hacia abajo cerca de la superficie del camino.
- Un brazo móvil acoplado por un pivote al fondo (base) del centro de la pata. El brazo es recorrido para evitar el riesgo de tocar la superficie de carreteras muy rugosas.
- El patín de prueba, una pieza de metal formado como el pie posterior, acoplado a la parte baja del brazo móvil, hace contacto con la vía central de la carretera entre el pie posterior y el delantero.
- Un peso acoplado a un extremo del brazo móvil, el cual fuerza a la punta de prueba hasta que haga contacto con la superficie del camino hasta la parte superior del extremo del brazo alcance su parada final.
- Un indicador acoplado en la parte superior del extremo del brazo móvil, el cual se mueve sobre un porta formato. Las dimensiones son tales que un movimiento de la punta de prueba 1 mm de lugar a un movimiento del indicador de 1 cm.
- Un formato de datos preparado, asegurado al porta formato mediante una cinta. El formato consiste de columnas de 5 mm de ancho cada una dividido en cajas

- Un estabilizador a un lado de la pata posterior que impide al MERLIN caer cuando se está tomando medidas.
- Dos brazos en le extremos de la viga que permiten al operador conducir el MERLIN y la rueda a lo largo de la carretera.
- Un marcador en la rueda o neumático. Cuando el marcador está en la base, como se indica en la figura, se dice que la rueda está en su "posición normal"

Para facilidades de fabricación, la viga horizontal, las patas posterior y delantera, el brazo móvil, el estabilizador y los mangos son todos hechos de tuberías de acero con secciones transversales cuadradas. Las uniones serán soldadas donde sea posible, aunque el estabilizador y los brazos se fijan mediante pernos, de modo que, puedan ser fácilmente retirados para su transporte. Para fortalecer las uniones entre la viga principal y las patas, se emplean puntales adicionales, los cuales no son mostrados en la figura.

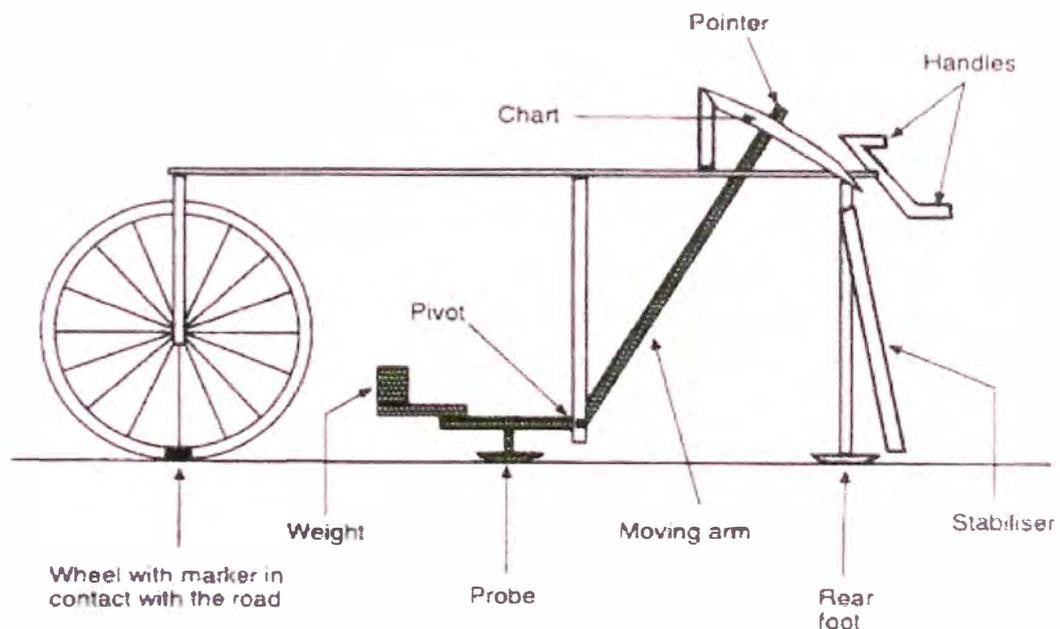


Fig 2.09 Modelo Mark 1 desarrollado por el TRRL
(Fuente: Oliveria Olerques 2008)

El diseño original del Merlin ha sido actualmente mejorado y la versión MK2 se muestra en la figura 2.10, también se construye de tuberías de acero con

secciones transversales cuadradas y se utiliza una rueda de bicicleta. Se opera en la misma manera que el MK1, pero el nuevo diseño es más resistente, y aunque parece el más complicado, debe en la práctica ser más fácil, para hacer y más fácilmente para que sea alineado. Las principales diferencias son:

- La viga horizontal ha sido reemplazada por dos vigas interconectadas y reducidas para estar al mismo nivel con el cubo de la rueda.
- Existen dos patas centrales, de modo que es más fácil acoplar el pivote.
- El estabilizador se encuentra al lado de la pata central.
- La maquina quede ser ensamblada para ser usada por la izquierda o por la derecha.

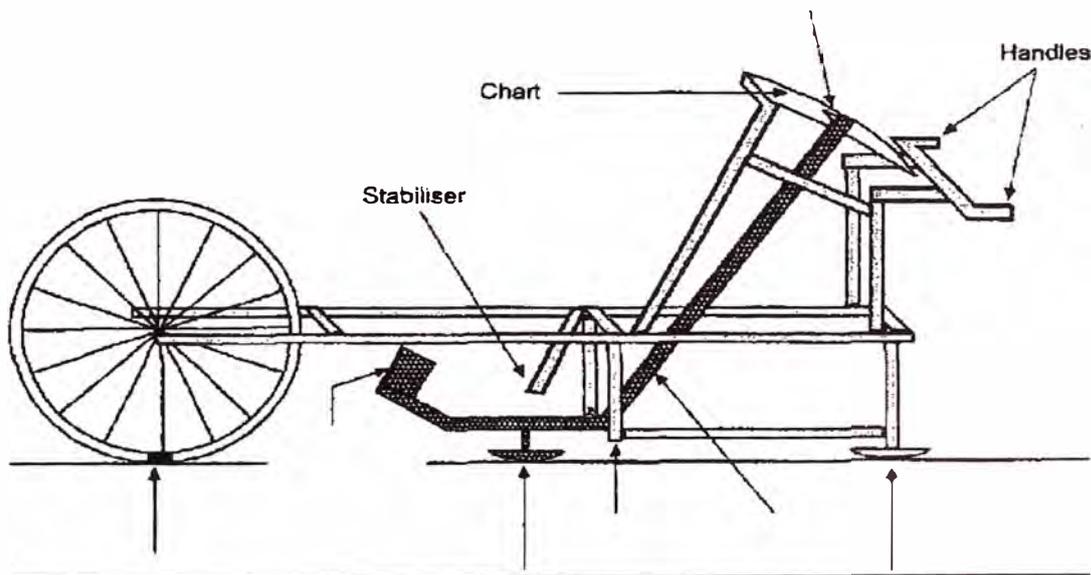


Fig. 2.10 Modelo Mark 2 desarrollado por el TRRL
(Fuente: Oliveria Olerques 2008)

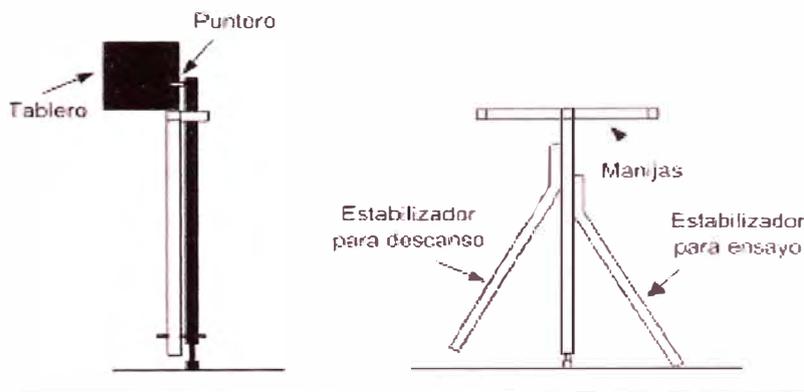


Fig. 2.11 Esquema del Rugosímetro MERLIN
(Fuente: Del Águila 1999)

2.4.3 Método de Uso

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajen conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que los anota. Asimismo debe seleccionarse un tramo de 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, las cuales son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero. Las observaciones deben realizarse estacionado el equipo a intervalos regulares, cada 2 m de distancia, en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión.

Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyas - Huancayo (Km 99+000 - Km 104+000)										
Sección										
Carril / Huella										
Operador										
FECHA										
ENSAYO N° 01										
F =										
D =										
$RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471 * D$										
OBSERVACIONES :										
La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12
										13
										14
										15
										16
										17
										18
										19
										20

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

Fig. 2.12 Formato para la recolección de datos de campo
 (Fuente: Elaboración Propia 1999)

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotara en un formato de campo, tal como el mostrado en la fig. 2.12 El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas empezando por el casillero 1,1 los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.



Fig. 2.13 Uso del equipo MERLIN
(Fuente: Propia)

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colorada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciamento entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se

pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quien, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

2.4.4 Ecuaciones de Rugosidad

Para la tierra, grava, superficie revestida o carreteras de concreto asfáltico, la rugosidad puede determinarse utilizando la ecuación

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

$$(2.4 < IRI < 15.9)$$

Donde IRI es la rugosidad en términos del Índice Internacional de Rugosidad (en m/km) y D se mide del tablero del MERLIN (en m). La ecuación fue derivada sobre el rango de valores IRI mostrados y debe ser extrapolado con precaución. Las medidas de valores de IRI por debajo de 3 usualmente no son importantes porque a este nivel, la rugosidad tiene poco efecto en el costo de operación del vehículo.

El error estándar estimado del IRI será aproximadamente 10%. Si se repite la medición para dar una segunda estimación del IRI (asegurándose que los pies no estén exactamente en las mismas posiciones), entonces el error promedio estará alrededor del 8%.

Las ondulaciones en la superficie de un camino consisten en una superposición de ondas de diferentes longitudes de onda en la superficie. La sensibilidad de la escala del IRI Varía con las longitudes de onda y esta variación es mayor para longitudes de onda de alrededor de dos metros. La sensibilidad del MERLIN también es alta en estas longitudes de onda y eso es porque da una buena estimación del IRI. Sin embargo, en otras longitudes de onda existen diferencias, siendo el MERLIN más sensible que el IRI para ondas cortas y más sensibles para ondas largas.

Algún “hand-laid” en las superficies tiene una proporción mucho más alta que las ondas largas y esta manera tiene una relación diferente entre IRI Y D. Un estudio en Indonesia dio la ecuación siguiente para la Macadán de penetración “hand-laid”:

$$IRI = 1.913 + 0.049 \times D$$

$$(6.7 < IRI < 11.3)$$

En el Perú se han utilizado dos formulas distintas a la fecha:

- (1) $IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$ Desarrollada por el Laboratorio Británico de Transporte
- (2) $IRI = 0.0485 \times D$ Propuesta presentada en el II Congreso Nacional del Asfalto en Lima 1998

La primera formula ha sido utilizada internacionalmente siendo validada en proyectos realizados en varios países. La segunda propuesta nacional basada en una simulación teórica bajo ciertas hipótesis:

El valor de rugosidad puede adoptar un valor de IRI de 0

Necesariamente la ecuación lineal debe pasar por el origen.

Es inaplicable la formula desarrollada por el TRRL para valores IRI inferiores a 2.5

La fórmula propuesta es válida solamente para un rango de IRI comprendido entre 0 y 2.5

2.4.5 Descripción Adicional de la Máquina

Deben notarse otros detalles del diseño:

Es importante que el pie y el patín de prueba estén suficientemente bien alineados, de tal manera que sea posible realizar los ajustes laterales. Si existe un problema con el alineamiento, se debe revisar para observar si puede ser rectificado regulando la posición de las tuercas del cubo de la rueda. De existir

la falla puede ser necesario doblar o girar la estructura para volverlo a su forma.

La llanta delantera debe tener un modelo de banda rodante uniforme. Cualquier variación en el radio de la rueda mas la llanta podría afectar las medidas y para superar esto, todas las mediciones deben ser realizadas con la rueda en la "posición normal". Los radios de la rueda mas la llanta deben ser revisadas girando la rueda y observando cuidadosamente su circunferencia cuando pasa por punto fijo. El marcado debe ser posicionado de tal manera que se evite cualquier sección donde existan fluctuaciones en los radios (el espesor de la rueda con frecuencia varia cerca de la válvula).

Para reducir la sensibilidad a una micro-textura de la superficie de la carretera. El patín de prueba y el pie trasero deben ser ambos de 12 mm de ancho y redondeados en el plano de la huella de la rueda con un radio de 100 mm. La redondez también tiene a mantener el punto de contacto del patín de prueba con la carretera en la misma línea vertical. El borde del pie trasero puede ser bastante agudo y para impedir al usuario coger sus espinillas accidentalmente, una pieza protectora se ajusta a la pata trasera para proteger la parte posterior de la pata trasera.

Una guía de metal se instala cerca del tablero para restringir el brazo del modo que solamente se mueva en un plano vertical sobre la huella de la rueda. Esto protege al pivot impidiendo que el brazo sea accidentalmente golpeado en las vías-laterales. Es importante comprobar que el brazo este libre y no se fricciones con el guía. Un pedazo de goma se ajusta en un extremo de la guía para actuar como la parada del fin para el brazo móvil cuando el MERLIN es alzado por las manijas.

Solamente debe utilizarse un estabilizador. Si se instalan estabilizadores en ambos lados del MERLIN existen un peligro en las superficies rugosas especialmente con carriles profundos de la rueda. El MERLIN puede descansar en uno de sus estabilizadores con uno de sus pies claramente conectados con el terreno.

2.4.6 Alineamiento

Antes de que el MERLIN pueda ser utilizado, el patín de prueba tiene que ser regulado tanto vertical lateralmente de modo que este correctamente alineado con los pies delanteros y traseros. El montaje del patín de prueba se fija a una varilla roscada el cual pasa a través de un orificio en el brazo móvil, y es sostenido en su posición vertical de patín de prueba puede ser regulado cambiando la posición de las tuercas. La posición lateral puede ser regulada al mismo tiempo ya que el orificio también se alarga transversalmente.



Fig. 2.14 Alineamiento del Equipo
(Fuente: Oliveria Olerques 2008)

Para llevar a cabo la alineación:

- Voltrear el MERLIN al revés y sostenerlo hacia arriba para que el brazo móvil este libre.
- Estirar un pedazo de cuerda bien tensado entre la base de la llanta y la base del pie trasero.

- Jalar suavemente hacia abajo el extremo del indicador del brazo móvil. Esto hará elevar lentamente el patín de prueba hacia la cuerda. Luego revisar los dos alineamientos (ver Fig. 2.14)
- Alineación vertical. Cuando se regula adecuadamente. La base del patín de prueba tocará exactamente la cuerda cuando el indicador este en el centro del tablero. Si es correcto, los histogramas estaban centrados en el tablero.
- Alineamiento lateral. Cuando la regulación es adecuada, la cuerda correcta a lo largo del centro de la base del patín de prueba. Si es correcto, apoyando el MERLIN de lado a lado cuando se están realizando las observaciones, por ejemplo al descansar en el estabilizador, tendrá poco efecto en la posición del indicador.

2.4.7 Amplificación del Brazo móvil

Normalmente, el brazo móvil tiene una amplificación mecánica alrededor de 10. A medida que la rugosidad de la superficie aumenta, la dispersión de los puntos en el tablero también aumenta. Los puntos se emperezarán a coleccionar en las columnas a cualquier extremo del tablero que corresponde a los dos límites del movimiento del brazo.

Si el indicador es capaz de desplazarse fuera del extremo del tablero, entonces cualquier punto que cae en esta zona deberá ser graficado en el extremo de la columna. Si el número de puntos en cada limite es de por lo menos 10, el ancho D puede ser medido en una vía normal, pero si el número de puntos en cualquier limite excede de 10, entonces el tablero no podrá ser utilizado.

Para superar el problema, el patín de prueba puede ser movida a una posición alternativa en el brazo móvil que es el doble de lejos de la distancia del pivote. Esto reduce a 5 la ampliación mecánica del brazo y a la mitad el ancho de distribución. Con una ampliación mecánica de 10, la máxima rugosidad que puede ser medida es alrededor de 10 en la escala del IRI; con una amplificación mecánica de 5, el MERLIN debe poder distribuir normalmente

en ancho de los valores altos de rugosidad encontrados. Cuando el patín de prueba está en su posición alternativa, no es precisamente más largo la vía central entre los pies delantero y trasero. Sin embargo, los errores introducidos por este efecto son pequeños y pueden ser ignorados.

2.4.8 Calibración

Las ecuaciones (1) y (2) asume que D fue derivado usando una amplificación mecánica de 10. En la práctica esto no es cierto, puesto que debido a ciertos errores en la fabricación, la amplificación podría reducirse a 5. Por consiguiente, antes de ser utilizado debe verificarse la amplificación y ajustar el valor de D .

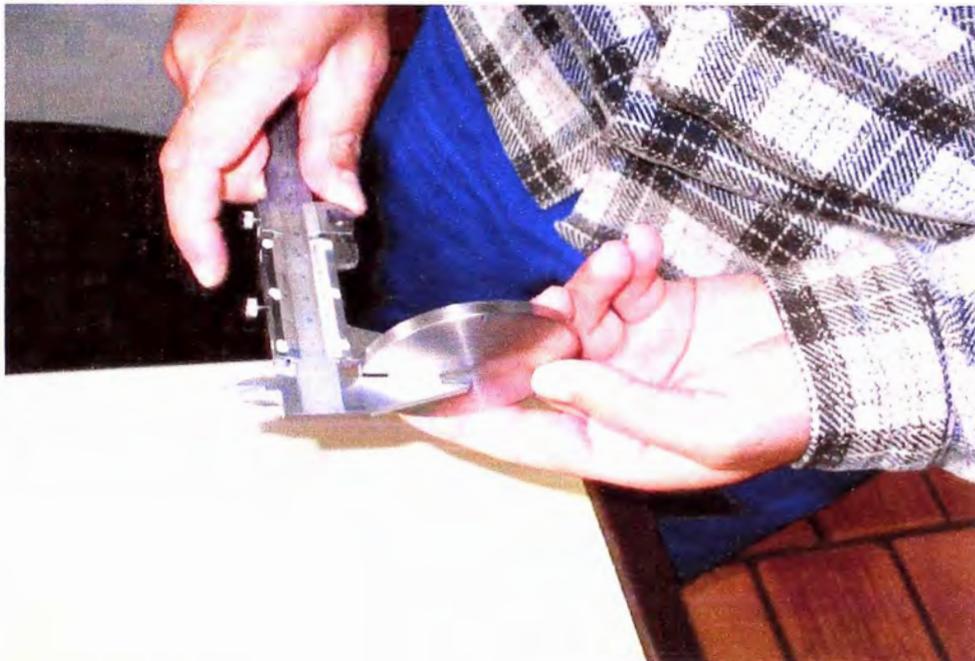


Fig. 2.15 Medición de las medidas características del disco
(Fuente: Oliveria Olerques 2008)

Para hacer esto, el MERLIN deber ser estacionado del indicador en el tablero debe ser cuidadosamente marcado por una línea. El patín de prueba se levanta y se coloca bajo el un bloque de calibración de espesor conocido, hecho de metal maquinado, y midiendo aproximadamente 50 mm largo, 25 mm ancho y 6 mm de espesor.

Se marca la nueva posición del indicador. El procedimiento deber repetirse para verificar que los valores son consistentes. Si el espacio entre dos marcas

es S y el espesor del bloque es T , entonces la medida realizada en el tablero debe ser multiplicada por factor de ajuste:

$$\text{Factor de ajuste} = 10 \cdot T/S$$

2.4.9 Elección de la Sección de Prueba

Si se toman 20 lecturas, usando una rueda de bicicleta de 26 pulgadas, uno en cada revolución de la rueda, entonces la longitud de la sección evaluada es de 415 m. Para secciones de prueba más largas o más cortas, será requerido un procedimiento diferente de medición. Los principales consejos son:

- Hacer las secciones de prueba por lo menos de 200 metros de longitud.
- Tomar alrededor de 200 lecturas por tablero. Con menos lectura, la precisión disminuirá: con más lecturas, el tablero se desordenara. Si el número de lecturas difiere de 20, entonces el número de cruces contado en de cada extremo de la distribución tendrá que cambiar de acuerdo con; 180 lecturas significaran un conteo de 9 cruces, 220 lecturas significaran un conteo de 11 cruces, etc.
- Siempre se debe de tomar las lecturas con la rueda en la "Posición normal". Esto no solamente impide errores debido a las variaciones en el radio sino que también evita complicaciones al operador cuando se solicita tomar medidas en forma aleatoria. Los operadores del MERLIN tienden a menudo evitar tomar las mediciones donde el terreno es desnivelado.
- Tomar las mediciones regularmente espaciadas sobre una longitud completa de la sección de prueba. Esto permite obtener un resultado más representativo.
- Si se toman medidas repetidas a lo largo de una sección, se debe tratar de evitar las lecturas en los mismos puntos, en los diferentes cruces, iniciar la segunda serie de mediciones a un metro del punto donde se empezó la primer serie.

A continuación damos tres ejemplos:

- Para una sección de prueba de 210 metros de longitud tomar las medidas en dos cruces, tomando una lectura en cada revolución de la rueda.
- Para una sección de prueba de 280 metros de longitud, tomar las lecturas en dos cruces, tomando una lectura en cada revolución de la rueda en el primer cruce y una lectura en cada revolución de la rueda en el segundo cruce.
- Para una sección de prueba de 500 metros de longitud, tomar una medida en un cruce, tomando una lectura en cada revolución de la rueda y saltando cada quinta medición.
- En lugar de las lecturas de salto, prolongar la cada de conteo y tomar las 240 lecturas. Medir los límites de la tabla contando en 12 en lugar de 10 puntos.

Las secciones de prueba deben tener una rugosidad bastante uniforme. Se existen variaciones muy largas, el MERLIN tenderá a sobrestimar cuando es desproporcionadamente afectado por las partes más rugosas. Una manera de comprobar esto es usar cartas en el tablero en los lugares de cruce, para identificar de donde vienen las lecturas. Por ejemplo, si la sección de prueba está siendo medida utilizando 200 lecturas en un solo paso, entonces marcar los primeros 10 resultados con una "A" sobre la base del histograma y en la caja de conteo, los próximos 10 resultados con una "B", etc. Posteriormente se debe verificar que los resultados extremos no estén simplemente viniendo de un lugar particular de la sección de prueba.

Las secciones de prueba que contienen las ondulaciones principales pueden también proporcionar errores y deben ser evitados. Existen tres principales con superficies onduladas:

- El MERLIN podría dar una estimación pobre del IRI
- El vehile-mounted bump intefrator podría dar una estimación pobre del IRI
- Las estimaciones de los costos de reparación del vehículo podrían verse afectada.

2.4.10 Número de Operadores

La manera más conveniente de usar el MERLIN es compartir el trabajo entre dos operadores, uno transportando la máquina y el otro tomando las lecturas. El segundo operador, parado a un lado, puede ver mejor si hay cualquier problema con el patín de prueba o el brazo móvil y puede verificar que las maquinas estén siguiendo correctamente el recorrido de la rueda. Alternando los trabajos, los dos operadores pueden mantenerse trabajando por mucho tiempo.



Fig. 2.16 Cuadrilla de trabajo
(Fuente: Propia)

2.4.11 Seguridad

Para proteger del trafico a los operadores del MERLIN, las medidas de seguridad a ser considerados:

Colocar señales para advertir la aproximación de tráfico a la selección de prueba.

Tomar mediciones con el revestimiento del MERLIN de frente al trafico

Asegurarse que los operadores lleven los chalecos de seguridad fosforescentes.

En lugares ocupados segregar la sección de prueba con conos de tráfico (los conos también son útiles para marcar los extremos de las wheeltracks)

2.4.12 Comprobación Cero

Para comprobar que no ha habido movimiento no deseado en el MERLIN, por ejemplo por el patín de prueba o el pivote que viene suelto durante una sesión de medición, se recomienda de ser posible llevar a cabo la “comprobación cero”.

Para hacer esto:

Encintar firmemente con un pedazo de papel el porta formato, permaneciendo bajo el porta formato durante la sesión de medición.

Instalar el MERLIN en una sección de carretera uniforme con la rueda en la posición normal

Marcar la posición del indicador en el papel

De rato en rato durante la sesión, retornar el MERLIN a las marcas de la tiza y, con la rueda en la posición normal, verificar que la posición del indicador no ha cambiado.

2.4.13 Corrección en Curvas con Peralte

La rugosidad en una carretera debe medirse por donde circulan las ruedas de los vehículos, razón por la cual casi siempre se establece que la línea de medición de la rugosidad quede a aproximadamente 60 centímetros del borde externo ó del borde interno del carril que está siendo objeto de medición.

El rugosímetro Merlin mide la diferencia de nivel entre una recta que pasa por sus apoyos (rueda delantera adelante y patín trasero atrás) y el punto del pavimento que queda bajo el centro de la mencionada recta, es decir a 90 centímetros de cualquiera de esos apoyos. Si se utiliza el Merlin en un tramo recto, la recta que se inicia en la rueda delantera y finaliza en su apoyo trasero coincide perfectamente con la recta sobre la cual se está midiendo el Merlin.

Cuando se mide la rugosidad con el Merlin en una curva, lo expresado en el anterior párrafo deja de tener validez, ya que la línea recta definida por sus puntos de apoyo no coincidirá con la línea de medición de la rugosidad.

Si esto sucede en un tramo sin peralte, la desviación del punto de medición de la rugosidad no tendrá ningún efecto, pero si el tramo tiene peralte existirá un error en la medición de la rugosidad, como se puede apreciar a continuación:

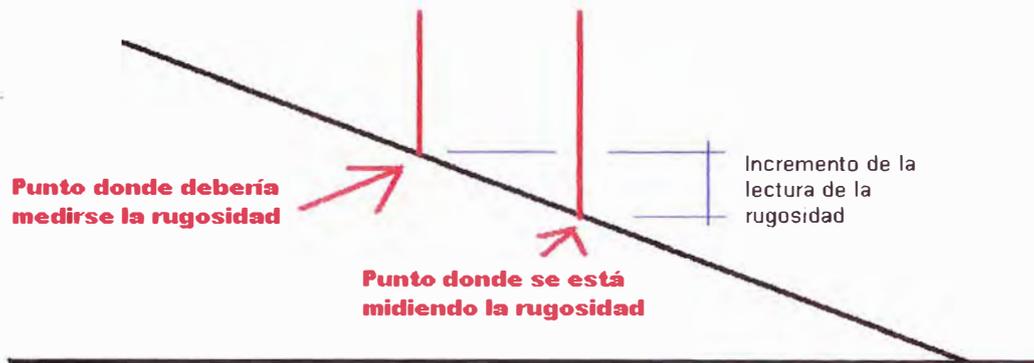


Fig. 2.17 Error en la medición por peralte
(Fuente: Del Águila 2000)

Por lo tanto, se debe corregir la lectura del Merlin en curvas, disminuyendo a la lectura el incremento causado por la curva y el peralte.

Lo primero que se debe hacer es conocer el desplazamiento horizontal del punto de medición, para ello recurrimos a la proyección en planta de un tramo en curva y con peralte.

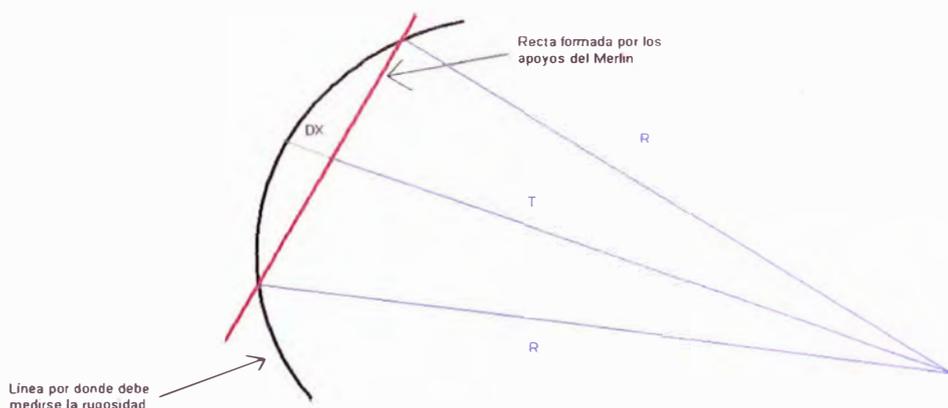


Fig. 2.18 Diferencial Dx en la medida de la rugosidad
(Fuente: Del Aguila 2000)

Donde la línea roja representa a la recta formada por los apoyos del Merlin, R es el radio de la curva y DX es el desplazamiento horizontal del punto de medición.

DX se obtiene restando T de R, por lo que necesitamos conocer R.

$$T = (R^2 - (L/2)^2)^{1/2}$$

Donde L es la distancia entre los apoyos del Merlin (1,80 metros) y R es el radio de la curva, asumiendo curva circular.

Por lo tanto, DX es igual a:

$$DX = R - (R^2 - (L/2)^2)^{1/2}$$

CAPITULO 3.- APLICACIÓN DEL METODO

3.1 Aplicación y Evaluación del tramo KM 84+000 – KM 89+000 con tratamiento superficial Monocapa

A continuación se describirá el procedimiento mediante el cual se toman los datos para realizar la evaluación de la rugosidad del tramo elegido.

Es importante en primer lugar indicar que en el tramo entre el KM 84+000 – KM 89+000 de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca se encontró un tratamiento superficial Monocapa en toda su extensión.



Fig. 3.01 Tratamiento superficial monocapa
(Fuente: Propia)

Para la toma de datos se siguieron los siguientes pasos:

Por motivos administrativos dictados en la matriz de trabajo mostrada en el anexo 07 se estableció un sub tramo representativo dentro del tramo escogido el cual debía tener características similares a las del tramo en su extensión, se decidió tomar el tramo comprendido entre los KM 84+000 – KM 85+000; desplazándonos en sentido regresivo se tomó el primer sector de 400 metros vale decir el sector comprendido entre el KM 85+000 – KM 84+600.

Las medidas fueron tomadas en el carril en sentido regresivo por la huella derecha de la vía a una distancia de 1.17 m. del borde de vía.

Se estableció un equipo de trabajo en el cual una persona manejaría el equipo, uno tomaría los datos y una persona indicaría al operador cada vez que se complete una vuelta, como ayudantes externos habían dos personas con conos y banderillas de seguridad para cuidar al equipo principal puesto que la vía era de un solo carril y se observaron curvas cerradas.

Se verifico la relación de brazos la cual fue de 1 a 10

Se coloco el formato de medición en el porta formatos del equipo colocándose en su punto inicial en la posición correspondiente al número 25 (Se verifico 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.

No se pasó sobre gibas ni grietas pronunciadas.

Luego de realizadas las mediciones se procedió a calibrar el MERLIN en gabinete utilizando una pastilla de bronce de 5 cm. De diámetro y 6 mm. de espesor.



**Fig. 3.02 Tramo representativo del área a evaluar
(Fuente: Propia)**

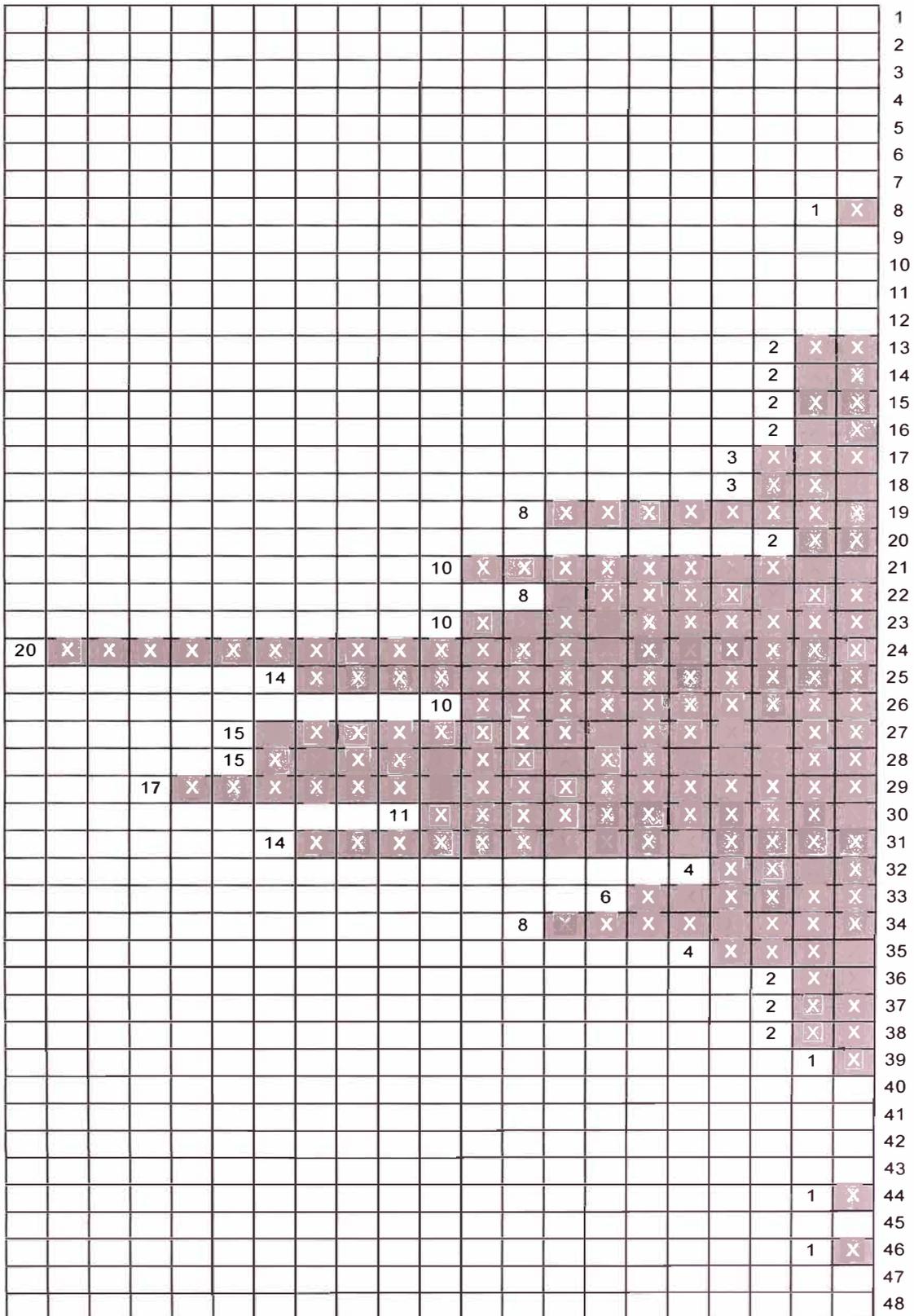
3.2 Procesamiento de Datos

El siguiente cuadro muestra la totalidad de datos obtenidos en el trabajo de campo los cuales serán luego procesados:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	31	19	29	37	34	34	37	34	24	1
39	44	30	34	28	19	24	23	36	32	2
26	26	21	22	30	29	24	17	24	27	3
25	26	31	24	22	28	31	24	14	25	4
16	18	20	19	21	27	22	24	26	36	5
30	38	38	34	33	28	15	32	23	23	6
27	23	34	21	26	24	27	28	25	23	7
17	29	19	18	31	25	26	31	33	24	8
13	25	23	30	31	24	46	25	21	21	9
27	24	24	28	21	15	28	28	31	14	10
26	29	27	22	28	25	21	31	30	35	11
24	31	29	35	29	35	29	29	25	31	12
22	29	24	28	23	25	28	27	24	34	13
33	26	22	27	29	27	21	28	31	19	14
22	25	13	17	8	25	21	30	29	22	15
28	35	25	25	30	29	32	34	16	27	16
32	31	33	26	29	28	30	30	23	28	17
29	24	24	19	29	28	23	29	33	21	18
23	30	31	24	27	31	29	27	19	33	19
19	24	27	25	30	26	27	27	24	18	20

Cuadro 3.01 Toma de datos en formato estándar
 (Fuente: Propia)

Posteriormente se llevaran estos datos a un histograma de frecuencias en donde se podrá calcular el parámetro D:



**Cuadro 3.02 Histograma de la distribución de frecuencias
 usando datos de campo
 (Fuente: Propia)**

El siguiente paso es calibrar el equipo MERLIN para obtener el factor de corrección para el parámetro “D”

Se usó una pastilla de 6mm. de espesor (S) medido en gabinete con un vernier.

Prueba	Posición Inicial	Posición Final	Desplazamiento	Ancho de Celda (mm)	Desplazamiento del Puntero (mm)
1	25	37	12	5	60
2	23	35	12	5	60
3	24	36	12	5	60

**Cuadro 3.03 Toma de datos para calibración de
 Equipo MERLIN
 (Fuente: Propia)**

Desplazamiento Promedio (S): 60 mm.

Factor de ajuste (F) = $10 \cdot T/S$ para S = 60 mm. y T = 6 mm.

Entonces: $F = 10 \times 6\text{mm} / 60 \text{mm}.$

Se tiene: $F = 1$

Para esta prueba no se empleara la corrección del parámetro “D” por peralte en curvas por que no se encontraron peraltes en la carretera.

3.3 Calculo del IRI

Para calcular el valor IRI del tramo evaluado primero se debe calcular nuestro parámetro “D” en unidades MERLIN; para esto se llevará a cabo el procedimiento descrito en el capítulo anterior.

Lo primero será eliminar el 5% (10) de las medidas del extremo inferior y el 5% (10) de las medidas del extremo superior las cuales según el cuadro anterior serán:

Extremo Superior: 8, 13, 13, 14, 14, 15, 15, 16, 16, 17

Extremo Inferior : 46, 44, 39, 38, 38, 37, 37, 36, 36, 35

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

En el cuadro en el extremo superior se elimina un dato de los tres que corresponden al intervalo 17 en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $2/3 = 0.66$; y en el extremo inferior eliminamos un dato de los cuatro que corresponden al intervalo 35 en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $3/4 = 0.75$. se tiene en consecuencia un rango igual a $0.66 + 17 + 0.75 = 18.41$ unidades.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cuál se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ($18.41 \times 5\text{mm} = 92.05\text{mm}$).

$$D = 92.05 \times F$$

$$D = 92.05 \times 1$$

$$D = 92.05$$

Aplicando la fórmula propuesta por el TRRL es posible calcular nuestro valor IRI

Se tiene entonces:

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

Reemplazando valores

$$IRI = 4.93 \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Calculo del PSI

Usando la expresión (1) de la sección 2.2.1

$$IRI = 5.5 \ln (5.0/PSI) \pm 25 \%, \text{ para } IRI < 12$$

Reemplazando valores

$$PSI = 1.64$$

CAPITULO 4.- ANALISIS DE RESULTADOS

Habiendo obtenido un IRI de 4.93 se podría decir que la carretera no está en un estado óptimo, sin embargo hay otros factores que se deben tomar en cuenta, uno de ellos es que la confianza de la prueba es más fuerte cuando se realizan varios ensayos en un mismo carril o por lo menos dos de ida y dos de regreso.

CODIGO	TRAMO			DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG	---	PROG FINAL			
I - 38	84+000	---	84+400	A 1m. del borde	5.05	29/06/2009
I - 39	84+400	---	84+800	A 1m. del borde	4.01	29/06/2009
I - 40	84+800	---	85+200	A 1m. del borde	4.02	29/06/2009
I - 41	85+200	---	85+600	A 1m. del borde	4.55	29/06/2009
I - 42	86+130	---	86+530	A 1m. del borde	3.85	03/07/2009
I - 43	87+400	---	87+800	A 1m. del borde	4.02	03/07/2009
I - 44	88+600	---	89+000	A 1m. del borde	3.61	04/07/2009

Cuadro 4.01 Datos IRI obtenidos en el tramo en evaluación

(Fuente: Informe Técnico #3 Acompañamiento y monitoreo de los trabajos de servicio y conservación vial)

$$IRI_{PROM} = 4.16 \text{ m/km}$$

IRI en el sub tramo en estudio en junio 2009: 4.02 m/km

IRI en el sub tramo en estudio en octubre 2009: 4.93 m/km

En el cuadro 4.01 se muestran resultados de valores IRI obtenidos por la Universidad Nacional de Ingeniería en el mes de junio del presente año, en aquel estudio se obtuvo para el sector elegido un IRI de 4.2, es decir 0.7 menos que el obtenido en este estudio, esto muestra el desgaste producido en los cuatro meses que han pasado entre ambos estudios; a pesar de que estos estudios fueron tomados en huellas distintas se pueden esperar resultados congruentes.

TRAMO			IRI _{PROM} 06/09	IRI _{TOMADO} 11/09	Diferencia de IRI
PROG	---	PROG FINAL			
80+100	---	80+500	3.50	3.94	0.44
84+600	---	85+000	4.02	4.93	0.71
91+100	---	91+500	4.32	4.30	-0.02
97+800	---	98+200	5.05	4.79	-0.26
99+800	---	100+200	5.09	6.48	1.39

Cuadro 4.02 Comparación de IRI en tramos iguales

(Fuente: Elaboración Propia)

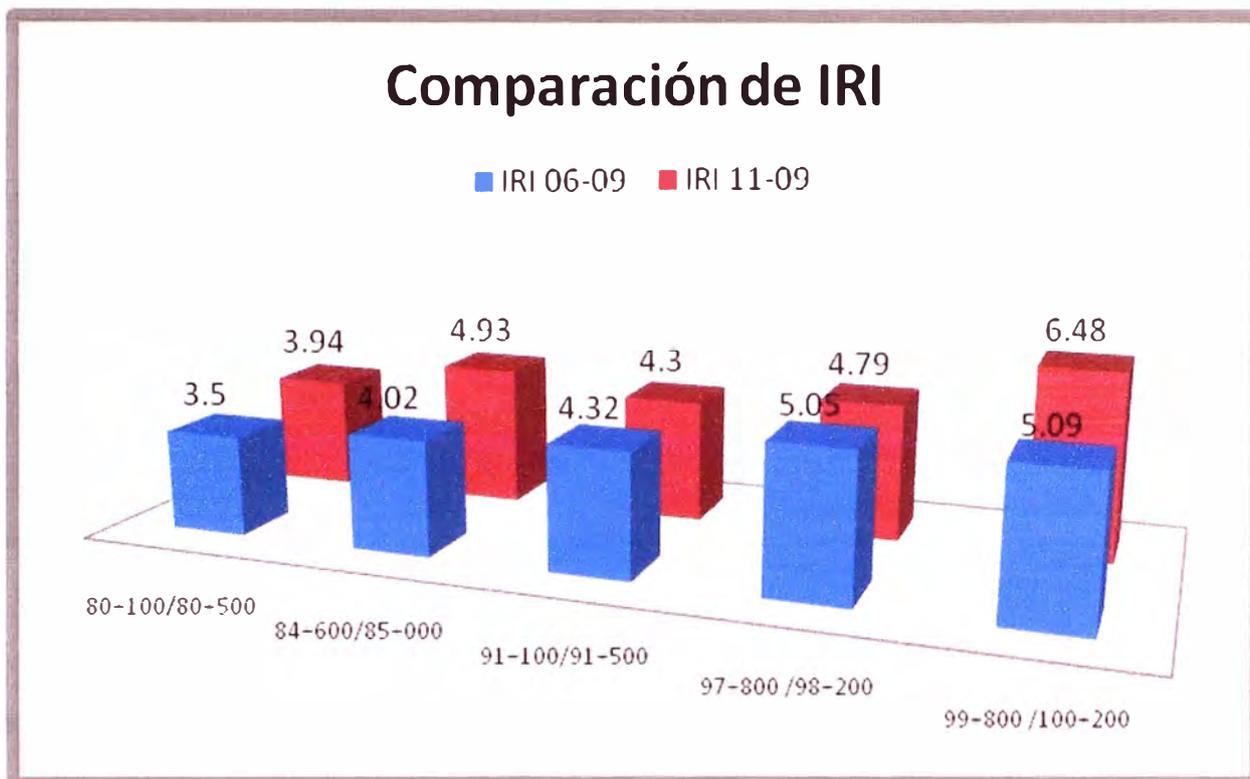


Figura 4.01 Comparación de IRI en tramos iguales
 (Fuente: Elaboración Propia)

Es con estos cuatro datos que es posible obtener un IRI promedio el cual podría ser comparado para poder juzgar de manera adecuada la condición superficial, podríamos tener inclusive un IRI característico.

Se debe considerar que el tratamiento superficial Monocapa es una técnica nueva para la cual aun no existen registros amplios acerca del comportamiento de la rugosidad en el tiempo

A pesar de presentar valores de rugosidad elevados una inspección visual puede determinar un valor de PCI muy bueno ante la no presencia de grietas apreciables u otros tipos de fallas, esto nos muestra que muchas veces se pueden pasar por alto alteraciones como las “peladuras” las cuales pueden ocasionar altos valores de IRI a pesar de no reflejar una baja en la serviciabilidad.

Hemos obtenido un PSI de 1.68 esto nos indica una calificación de MALA en cuanto a la transitabilidad de la vía, eso concuerda con el IRI obtenido.

CONCLUSIONES

El estado del arte en el campo de la medición de la rugosidad como parte de la evaluación superficial de pavimentos, permite concluir que en la actualidad se cuenta con una herramienta de trabajo sumamente valiosa y confiable como es el equipo MERLIN, lo que redundará en la optimización de la capacidad de servicio de los pavimentos, disminución de los costos de operación vehicular, una mayor seguridad en las carreteras y la prolongación de la vida útil de la red vial.

Se concluye que el equipo MERLIN es adecuado para la evaluación de la rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, no se encontraron limitaciones en cuanto a su uso.

Se concluye que se pueden tomar nueve medidas de IRI con el equipo MERLIN en el transcurso de un día cuando los sectores de evaluación se encuentran distanciados, el rendimiento es mejorable si se tomaran medidas IRI en tramos continuos.

Puesto que existe una estrecha relación entre los valores de rugosidad, serviciabilidad y el grado de comodidad de los usuarios de la vía, los costos de operación vehicular, tiempo de transporte y mantenimiento de la vía, se concluye que es sumamente importante que la medición de la rugosidad se realice con equipos debidamente calibrados y con metodologías que permitan obtener valores que se aproximen lo más posible a la realidad.

La aplicabilidad del rugosímetro MERLIN requiere de un mayor cuidado en la ecuación de correlación utilizada para convertir los valores de D a IRI. La expresión a utilizarse debe ser concordante con valores reales. De utilizarse metodologías de clase 3 para medir la rugosidad mediante equipos debidamente calibrados, el uso de rugosímetros tipo MERLIN no sería imprescindible por ser un método mucho más lento y que difícilmente puede abarcar la totalidad del tramo.

Se puede apreciar que existe una estrecha relación entre los valores de rugosidad IRI y los costos de transporte, eso muestra que es de vital importancia una correcta cuantificación de este parámetro.

La práctica de la evaluación de la rugosidad de los pavimentos nuevos y pavimentos en servicio, es una tarea extensiva a todos los proyectos viales del Perú.

Es necesario formar registros históricos de las vías asfaltadas 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 entre otros parámetros de evaluación.

El equipo MERLIN nos permite evaluar la rugosidad de una carretera de una manera muy sencilla y practica, pero para que los resultados tengan un carácter más confiable es necesario contar con una certificación de calibración del equipo la cual se tendría que actualizar periódicamente.

De los cinco kilómetros a evaluar solo se analizaron cuatrocientos metros, además solo se realizó una pasada con el equipo MERLIN en un sentido, eso no refleja una representatividad óptima por lo que es preferible sopesar la metodología descrita en el capítulo 3 por encima de los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

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

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 dadas para tal fin.

Es importante tomar en cuenta la variación del trafico existente con el trafico proyectado puesto que una vía con un mayor índice medio diario se desgastará más rápido que una vía con bajo transito; las obras del Proyecto El Platanal influyen de manera directa en el incremento de vehículos de carga media y pesada. En el Anexo 8 se muestran datos acerca del trafico que viene soportando la carretera en estudio a cargo del Consorcio Gestión de Carreteras.

BIBLIOGRAFIA

1. Asociación Peruana de Caminos, I Congreso Nacional del Asfalto. Lima 1997.
2. Asociación Peruana de Caminos, IV Congreso Nacional del Asfalto. Lima 2000.
3. Asociación Peruana de Caminos, V Congreso Nacional del Asfalto. Lima 2002.
4. Consorcio de Rehabilitación Vial, Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País, Perú.
5. Consorcio Gestión de Carreteras, Plan de Conservación Vial de la Carretera Cañete – Lunahuana – Pacarán – Zúñiga - Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Junio 2008.
6. 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.
7. Contreras, S.J., Evaluación Superficial de Pavimentos – Aplicación del Índice Internacional de Rugosidad IRI. Lima 2001.
8. Del Águila, R.P. Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en Pavimentos Asfálticos Utilizando el Rugosímetro MERLIN. Lima 2002.
9. Del Águila, R.P. Manual de Usuario. Lima 2002
10. Emape S.A., Rehabilitación de Pistas de las Calles Aledañas a la Zona de Las Malvinas – Evaluación del Pavimento. Lima 2003
11. Melchor Areche Jose Ygnacio, Evaluación Integral del Pavimento, Experiencia Profesional, Perú, 1999.
12. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, Perú, 2007.
13. Oliveira J.A., Análise Do Parâmetro Da Irregularida Delongitudinal Do Pavimento Da Rs/734 Com O Usodo Equipamento Merlin No Município De Riogrande–Rs. Santa Maria 2008.
14. www.camineros.com
15. www.proviasnac.gob.pe

16. <http://d.yimg.com/.../Corrección+de+la+lectura+del+Merlin+en+curvas+con+peralte.pdf>
17. <http://codigo99.blogspot.com/.../merliner-2000-merlin-equipos-para.html>
18. www.iific.edu.pe/files/.../VI_RUGOSIMETRO%20MERLIN.pdf
19. www.venchica.com/equipo12.htm
20. <http://cdocs.minvu.cl/ficha.asp?xId=186>

ANEXOS

ANEXO 01:

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

ANEXO 02:

FORMATOS TOMADOS EN CAMPO PARA CINCO PROGRESIVAS DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS - CHUPACA

ANEXO 03:

PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 04:

FORMATO ORIGINAL DE TOMA DE DATOS

ANEXO 05:

RESULTADOS DE RUGOSIMETROS ENCONTRADOS

ANEXO 06:

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SECTOR EN ESTUDIO

ANEXO 07:

MATRIZ DE TRABAJO DE CAMPO

ANEXO 08:

ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CARRETERA “CAÑETE-DV. YAUYOS-CHUPACA (RN 22)”

ANEXO 01:
RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL - IRI

**UNI**

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



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO DEL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG.	PROG. FINAL			
I - 01	55+050	55+450	A 1m del borde	3.08	23/06/2009
I - 02	55+450	55+850	A 1m del borde	2.30	23/06/2009
I - 03	55+850	56+250	A 1m del borde	3.23	23/06/2009
I - 04	56+250	56+650	A 1m del borde	2.87	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



UNI

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



RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO DEL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG.	PROG FINAL			
I - 31	79+500	79+900	A 1.00m del borde	4.64	29/06/2009
I - 32	79+900	90+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

**UNI**

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



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

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

PROMEDIO ARITMETICO**4.35**

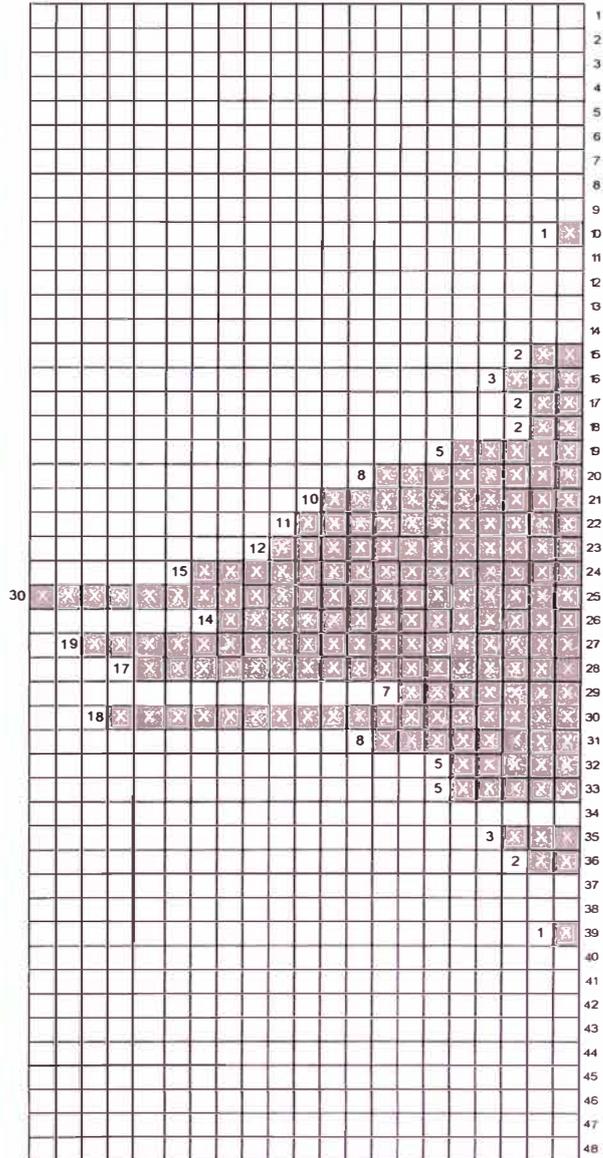
Rango IRI	Longitud (km)	%
0 - 2.000	0.00	0.00
2.001 - 4.000	7.60	0.29
4.001 - 6.000	14.40	0.55
>= 6.000	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

ANEXO 02:
FORMATOS TOMADOS EN CAMPO PARA CINCO PROGRESIVAS DE LA
CARRETERA CAÑETE – YAUYOS - CHUPACA

GRUPO 5

Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 79+000 - Km 84+000)	
Sección	Km 80+500 - Km 80+100
Carril / Huella	:Derecho
Operador	Peter Castillo
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO N°	01
F = 1000	
D = 71.00 mm	
RUGOSID = 0.593 + 0.0471 = 3.94 IRI	
OBSERVACIONES :	
La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRL), válida para el rango $2.4 < IRI < 15.9$ ($40 < D < 312$).	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
21 24 28 25 20 27 23 31 20 25	1
30 30 33 19 22 27 23 29 31 20	2
32 24 28 27 22 23 18 23 29 25	3
20 28 27 24 28 22 27 30 30 23	4
27 21 25 25 25 20 33 26 25 25	5
22 23 22 29 25 28 24 24 30 21	6
25 25 24 27 28 26 26 31 25 10	7
30 26 25 22 31 32 25 28 35 28	8
29 30 26 30 28 27 28 26 31 27	9
25 23 27 28 30 16 24 23 25 25	10
26 17 33 21 24 25 26 25 19 29	11
30 25 25 23 21 22 35 30 27 28	12
27 27 30 24 28 24 23 20 24 35	13
30 30 26 24 24 27 23 22 27 16	14
21 20 25 27 25 21 24 25 25 33	15
29 27 22 25 32 15 30 19 23 18	16
30 27 21 32 20 28 26 36 31 29	17
26 30 28 39 36 33 28 25 31 19	18
31 26 25 16 26 30 26 22 32 15	19
24 21 17 21 19 27 28 22 25 25	20

INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD



GRUPO 6

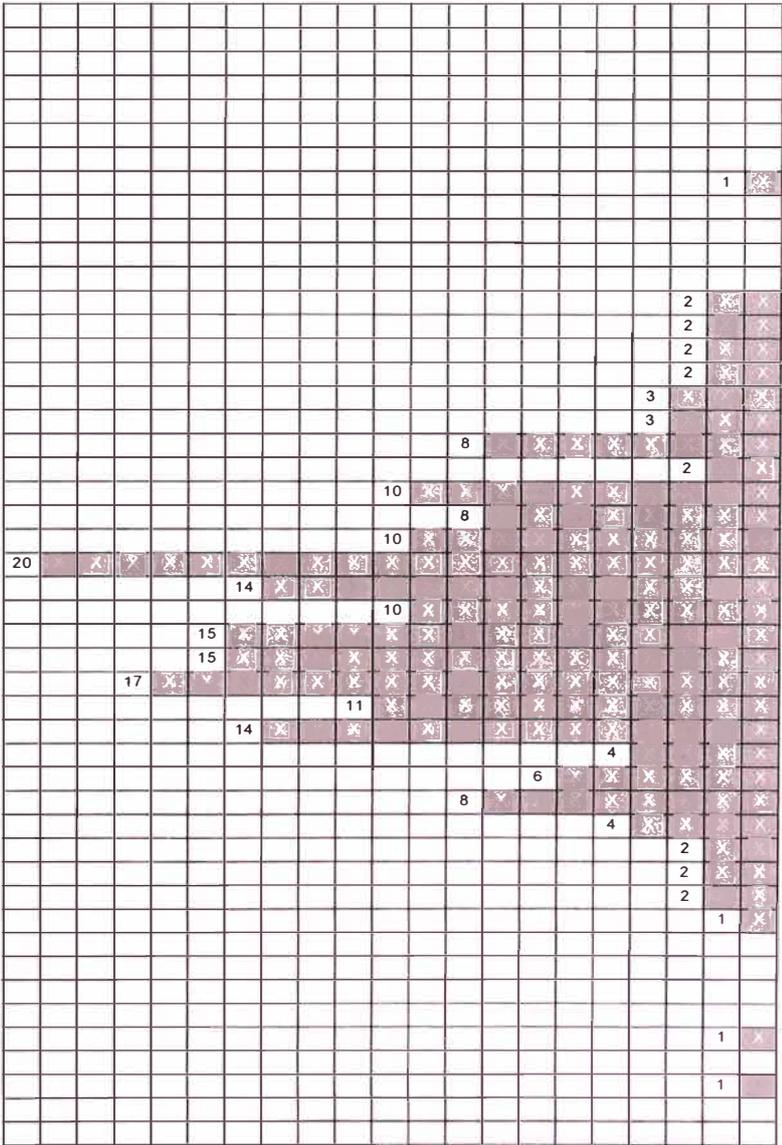
Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 84+000 - Km 89+000)	
Sección	Km 85+000 - Km 84+600
Carril / Huella	:Derecho
Operador	Andres Chumbe Montora
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO N°	01

F =	1.000
D =	92.08 mm
RUGOSID	= 0.593 + 0.0471
	= 4.93 IRI

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	31	19	29	37	34	34	37	34	24
39	44	30	34	28	19	24	23	36	32
26	26	21	22	30	29	24	17	24	27
25	26	31	24	22	28	31	24	14	25
16	18	20	19	21	27	22	24	26	36
30	38	38	34	33	28	15	32	23	23
27	23	34	21	26	24	27	28	25	23
17	29	19	18	31	25	26	31	33	24
13	25	23	30	31	24	46	25	21	21
27	24	24	28	21	15	28	28	31	14
26	29	27	22	28	25	21	31	30	35
24	31	29	35	29	35	29	29	25	31
22	29	24	28	23	25	28	27	24	34
33	26	22	27	29	27	21	28	31	19
22	25	13	17	8	25	21	30	29	22
28	35	25	25	30	29	32	34	16	27
32	31	33	26	29	28	30	30	23	28
29	24	24	19	29	28	23	29	33	21
23	30	31	24	27	31	29	27	19	33
19	24	27	25	30	26	27	27	24	18

INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD



GRUPO 7

Evaluación Superficial de La Carretera
Cañete - Yauyos - Huancayo
(Km 89+000 - Km 94+000)

Sección Km 91+500 - Km 91+100

Carril / Huella :Derecho

Operador Juan Carlos Gómez Vega

FECHA : 03/10/2009

ENSAYO N° 01

F = 1000

D = 78.75 mm

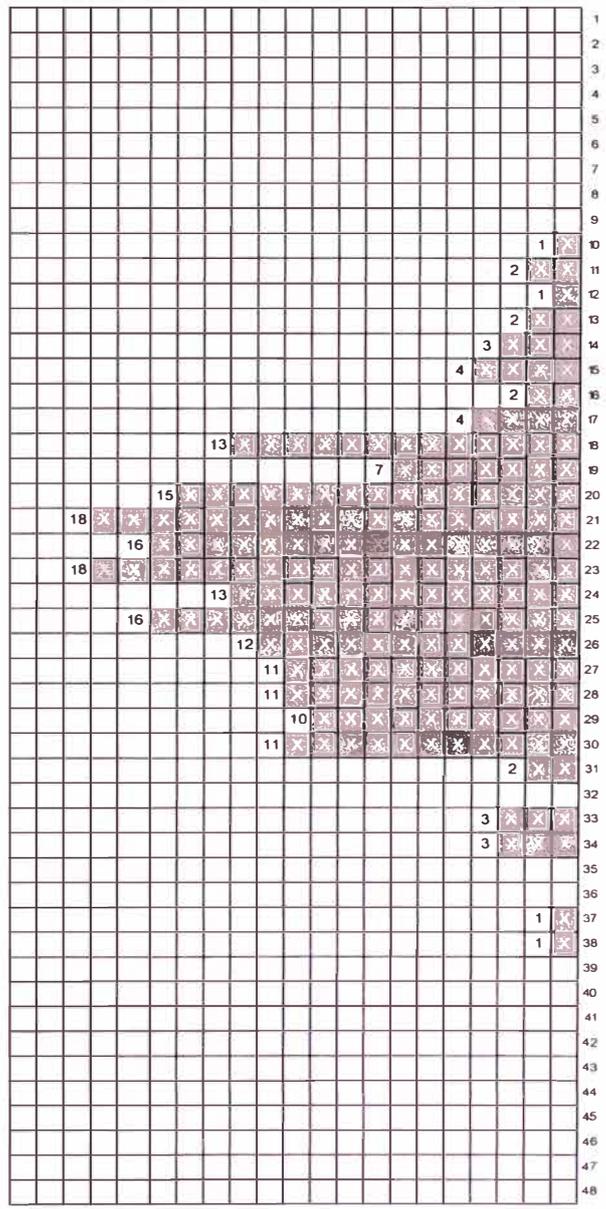
RUGOSID = 0.593 + 0.0471
= 4.30 IRI

OBSERVACIONES :

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

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

INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD



GRUPO 8

Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 94+000 - Km 99+000)	
Sección	Km 98+200 - Km 97+800
Carril / Huella	:Derecho
Operador	Renato Olaya
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO Nº	01

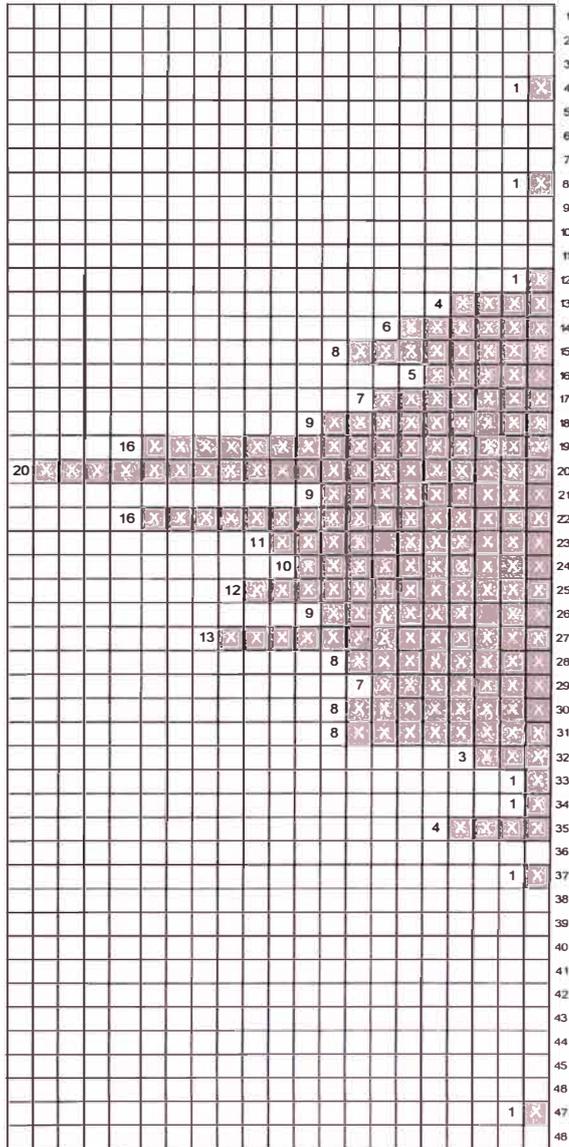
F =	1.000
D =	89.17 mm
RUGOSID = 0.593 + 0.0471 = 4.79 IRI	

OBSERVACIONES :

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
18	24	27	28	28	22	23	26	22	24		1
20	17	19	21	20	25	30	18	19	30		2
33	23	23	18	22	22	31	27	24	26		3
28	19	20	15	20	16	22	28	25	29		4
23	20	27	28	29	24	17	30	15	24		5
14	21	25	16	23	22	19	29	19	20		6
15	22	25	13	27	19	17	15	21	47		7
27	23	23	30	35	8	19	24	13	22		8
20	22	19	14	20	4	26	19	17	13		9
22	31	15	19	22	17	19	17	25	20		0
31	29	21	26	21	27	18	27	30	26		1
26	25	31	24	20	23	29	35	18	20		2
19	18	18	25	19	12	27	35	26	27		3
20	20	24	14	25	19	21	14	20	25		4
20	26	18	15	16	20	20	21	21	14		5
32	16	24	20	28	25	18	24	17	19		6
34	13	37	16	20	30	31	31	15	29		7
26	29	22	23	15	27	22	27	31	23		8
32	30	22	21	19	20	25	31	25	35		9
27	27	28	30	28	22	32	14	22	23		0

INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD



GRUPO 9

Evaluación Superficial de La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo (Km 99+000 - Km 104+000)	
Sección	Km 100+200 - Km 99+800
Camil / Huella	:Derecho
Operador	Rene Poma
FECHA	: 03/10/2009
ENSAYO N° 01	

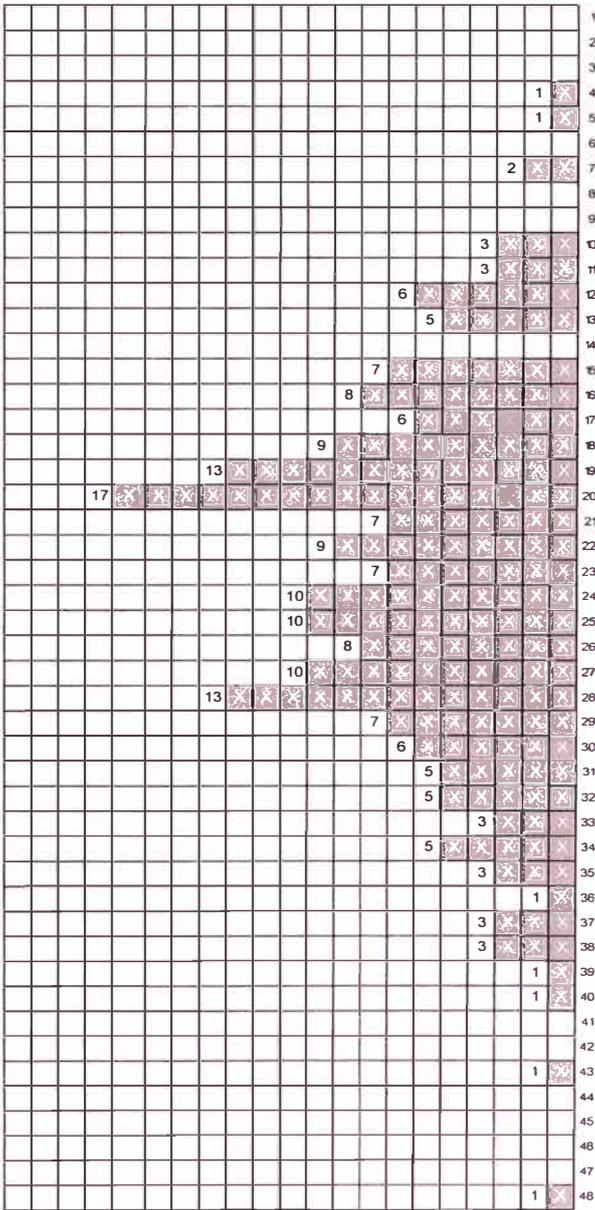
F = 1.000
D = 125.00 mm
RUGOSID = 0.593 + 0.0471 = 6.48 IRI

OBSERVACIONES :

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

1	2	3	4	5	8	7	8	9	10
19	26	17	15	25	16	13	10	17	22
32	16	20	15	16	7	13	26	22	27
20	17	7	12	10	32	18	29	15	29
24	18	22	13	20	18	11	18	22	19
15	15	12	12	17	20	23	25	20	28
24	26	17	24	26	30	28	23	26	17
11	19	20	25	25	24	19	20	25	33
26	19	16	22	16	25	18	12	18	10
19	23	23	21	16	12	25	12	13	19
19	19	16	28	15	15	27	19	20	20
24	32	19	28	34	31	34	31	28	38
23	30	22	35	26	43	28	35	28	40
31	28	28	32	33	27	27	21	27	34
37	19	28	29	32	20	30	31	29	35
24	30	30	25	25	31	28	22	21	21
18	39	20	24	22	30	24	23	22	23
27	27	20	20	25	27	37	21	37	20
28	36	48	20	5	13	34	38	21	29
29	33	28	24	27	27	38	20	4	20
26	34	19	11	18	18	16	24	21	29

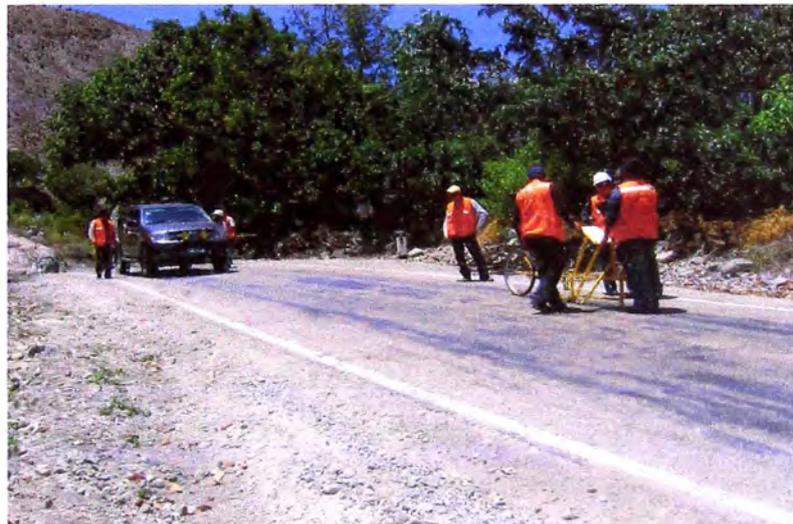
INFORME DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD



ANEXO 03:
PANEL FOTOGRAFICO



Km. 85 + 000
**Ubicación estratégica de la camioneta durante
la toma de datos**



Km. 85 + 000
Puesta en marcha del equipo MERLIN



Km. 84 + 900
Proceso de toma de datos



Km. 85 + 000
Medición de distancia de la huella al borde



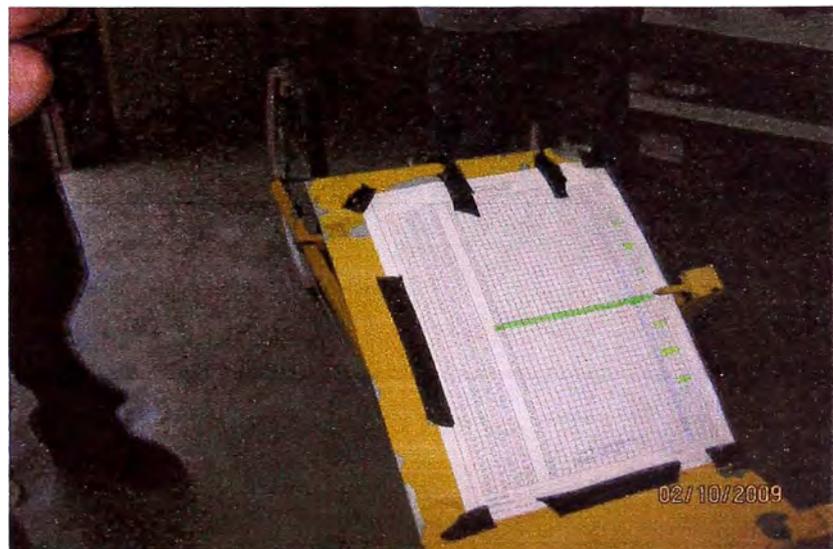
Km. 84 + 800
Cuadrilla de trabajo para tomar las medidas de rugosidad



Km. 80 + 500
**Cambio de operador del equipo MERLIN
Para evaluar el siguiente sector**



Gabinete de Prueba
Calibración del equipo MERLIN
Usando pastilla estándar



Gabinete de Prueba
Registro de medidas para calibrar
Equipo MERLIN

ANEXO 04:
FORMATO ORIGINAL DE TOMA DE DATOS



CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA
DEL KM. 89+000 AL KM. 94+000

TRAMO : 85+000 al 84+600

HUELLA : DERECHA
(YAUAYOS - CAÑETE)

OPERADOR : ANDRES CHUMBE
REGISTRO: PETERL CASTILLO

FECHA : 03/10/2009

ENSAYO N°

- 110m huella al borde
calzada
D = - 470mm ancho de r/c
- 620mm ancho de plataforma

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471 * D
=

OBSERVACIONES : hora 11:57 am
in 20
+ in 12:25 pm

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	51	19	29	37	34	34	37	34	24		1
39	44	30	34	28	19	24	23	36	32		2
26	26	21	22	30	29	24	17	24	27		3
25	26	31	24	22	28	31	24	14	25		4
16	18	20	19	21	27	22	24	26	36		5
30	38	38	34	33	28	15	32	23	28		6
27	23	34	21	26	24	27	28	25	23		7
17	29	19	8	31	25	26	31	33	24		8
13	25	25	30	31	24	46	25	21	21		9
27	22	24	28	21	15	28	28	31	14		10
26	29	27	22	28	25	21	31	30	35		11
24	31	29	35	29	35	29	29	25	31		12
22	29	24	28	23	25	28	27	24	34		13
33	26	22	27	29	27	21	28	31	19		14
22	25	13	17	8	25	21	30	29	22		15
28	35	25	25	30	29	32	34	16	27		16
32	31	33	26	29	28	30	30	23	28		17
29	24	24	19	29	28	23	29	33	21		18
23	30	31	24	27	24	29	27	19	33		19
19	24	27	25	30	26	27	27	24	18		20

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

GM

20

Dx =

ANEXO 05:
RESULTADOS DE RUGOSIMETROS ENCONTRADOS

N°	PROYECTO	SUBTRAMO	PAVIMENTO	Rpromedio	DESVIACION	COEFICIENTE	Rcaracterístico	SERVICIABILIDAD
1	PANAMERICANA SUR	KM 982+000-KM 1040+000	CARPETA ASFALTICA	6.11	0.99	16.20	7.	1.
2	PANAMERICANA SUR	KM 1140+000-KM 1213+000	ANTIGUA	6.48	1.44	22.22	74	22
3	PANAMERICANA SUR	KM 1213+000-KM 1291+000	CARPETA ASFALTICA	6.35	1.89	29.76	8.	1.
4	CARRETERA CENTRAL	KM 247+000-KM 323+500	ANTIGUA	4.89	1.50	30.67	85	00
5	CARRETERA CENTRAL	KM 2+400-KM 39+300	CARPETA ASFALTICA	3.87	1.23	31.78	9.	0.
6	CARRETERA CENTRAL	KM 39+300-KM 46+500	ANTIGUA	5.13	0.91	17.74	46	90
7	CARRETERA CENTRAL	KM 46+500-KM 83+500	CARPETA ASFALTICA	2.35	0.55	23.40	7.	1.
8	PANAMERICANA NORTE	KM 1018+700-KM 1093+300	ANTIGUA	5.01	1.75	34.93	36	31
9	PANAMERICANA NORTE	KM 1093+300-KM 1196+000	ANTIGUA	2.07	0.36	17.29	5.	1.
10	PANAMERICANA NORTE	KM 1093+300-KM 1196+000	TRATAMIENTO BICAPA	2.41	0.37	15.35	89	71
11	LA OROYA-TARMA-SATIPO	KM 1196+000-KM 1294+000	CARPETA ASFALTICA	2.44	0.33	13.52	6.	1.
12	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 1196+000-KM 1294+000	ANTIGUA	7.31	1.00	13.68	63	50
13	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 20+000-KM 32+500	CARPETA ASFALTICA	3.80	0.29	7.6	3.	2.
14	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 20+000-KM 32+500	ANTIGUA	7.59	1.35	3	25	77
15	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 122+000 - KM 127+000	CARPETA ASFALTICA	6.39	1.33	17.79	7.	1.
16	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 127+000 - KM 135+400	ANTIGUA	4.40	0.72	20.81	89	19
17	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 135+400 - KM 143+200	CARPETA ASFALTICA	4.40	0.72	20.81	2.	3.
18	PANAMERICANA NORTE	KM 143+200 - KM 165+400	ANTIGUA	4.61	0.71	16.36	66	08
19	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	KM 143+200 - KM 165+400	CARPETA ASFALTICA NUEVA	4.07	0.73	15.40	3.	2.
20	AREQUIPA-JULIACA-PUNO	KM 445+087-KM 668+055	CARPETA ASFALTICA	10.83	1.51	17.94	02	89
21	ÍLO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 0+000 - KM 11+000	ANTIGUA	3.16	0.15	13.94	2.	2.
22	ÍLO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 11+000 - KM 52+000	TRATAMIENTO BICAPA	5.33	0.74	4.7	98	91
23	ÍLO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 0+000-KM 7+200	CARPETA ASFALTICA	4.01	0.94	5	8.	0.
24	ÍLO-DESAGUADERO-LA PAZ	KM 7+200-KM 12+500	ANTIGUA	10.98	2.59	13.88	96	98
25	NAZCA-ABANCAY-CUZCO	KM 12+500-KM 42+700	CARPETA ASFALTICA	5.41	1.64	23.44	4.	2.
26	PANAMERICANA NORTE	KM 90+800-KM 99+700	ANTIGUA	12.19	0.15	23.59	28	30
27	PANAMERICANA NORTE	KM 99+700-KM 120+000	TRATAMIENTO BICAPA	1.19	0.14	30.31	9.	0.
28	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 90+000	CARPETA ASFALTICA	1.56	0.20	1.2	81	84
29	PANAMERICANA NORTE	KM 568+700-KM 573+870	ANTIGUA	4.22	1.51	3	8.	1.
30	PANAMERICANA NORTE	KM 573+800-KM 591+000	CARPETA ASFALTICA	1.33	0.16	11.76	58	05
31	PANAMERICANA NORTE	KM 591+000-KM 668+054	ANTIGUA	1.26	0.18	12.82	5.	1.
32	LIMA-CANTA	KM 0+000-KM 6+200	BASE GRANULAR O AFIRMADO	5.61	0.95	35.78	58	81
33	PANAMERICANA NORTE	KM 6+200-KM 23+600	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.90	0.44	12.03	5.	1.
34	PANAMERICANA NORTE	KM 21+000-KM 71+000	BASE GRANULAR O AFIRMADO	4.87	1.14	14.29	78	75
35	PANAMERICANA NORTE	KM 0+800-KM 8+000	AFIRMADO	1.81	0.30	16.93	5.	1.
36	PANAMERICANA NORTE	KM 8+000-KM 68+000	CARPETA ASFALTICA	6.56	0.83	15.17	27	92
37	PANAMERICANA NORTE	KM 68+000-KM 81+000	ANTIGUA	1.47	0.15	23.41	13.31	0.
38	PANAMERICANA NORTE	KM 81+000-KM 86+000	BASE GRANULAR O AFIRMADO	1.84	0.35	16.57	3.	44
39	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	AFIRMADO	1.30	0.20	12.65	41	2.
40	PANAMERICANA NORTE	KM 1196+000-KM 1224+000	TRATAMIENTO BICAPA	1.40	0.18	10.20	6.	69
41	PANAMERICANA NORTE	KM 1224+000-KM 1294+000	BASE GRANULAR O AFIRMADO	1.41	0.25	19.02	55	1.
42	PANAMERICANA NORTE	KM 1224+000-KM 1294+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.64	0.30	15.38	5.	52
43	PANAMERICANA NORTE	KM 574+000-KM 597+000	AFIRMADO	1.36	0.25	12.86	56	1.
44	PANAMERICANA NORTE	KM 597+000-KM 605+000	RECAPADO ASFALTICO	1.39	0.19	17.73	15.24	82
45	PANAMERICANA NORTE	KM 605+000-KM 611+000	CARPETA ASFALTICA	1.18	0.16	18.29	8.	0.
46	PANAMERICANA NORTE	KM 611+000-KM 617+000	ANTIGUA	1.18	0.16	18.29	8.	0.
47	PANAMERICANA NORTE	KM 617+000-KM 643+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.49	0.33	18.38	11	31
48	PANAMERICANA NORTE	KM 617+000-KM 643+000	CARPETA ASFALTICA	1.25	0.06	13.67	12.44	1.
49	PANAMERICANA NORTE	KM 643+000-KM 658+000	RECAPADO ASFALTICO	1.43	0.29	13.56	1.	14
50	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 658+000-KM 661+000	ANTIGUA	3.80	0.82	22.15	42	0.
51	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 661+000-KM 665+000	RECAPADO ASFALTICO	3.99	1.16	4.8	1.	52
52	PANAMERICANA NORTE	KM 665+000-KM 668+000	CARPETA ASFALTICA	2.91	0.60	0	89	3.
53	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000 - KM 35+000	ANTIGUA	2.14	0.38	20.28	6.	86
54	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 20+500	RECAPADO ASFALTICO	1.49	0.28	21.58	70	3.
55	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA ASFALTICA	1.21	0.14	29.07	1.	55
56	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 85+000	ANTIGUA	1.62	0.28	20.62	59	1.
57	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 85+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.62	0.28	17.76	1.	48
58	PANAMERICANA NORTE	KM 445+087-KM 447+250	CARPETA CON SELLO	1.35	0.17	17.76	56	3.

Cuadro N° 1
Resultados de Rugosidad y Serviciabilidad

N°	PROYECTO	SUBTRAMO	PAVIMENTO	Rpromedio	DESVIACION	COEFICIENTE	Característico	SERVICIABILIDAD
61	PANAMERICANA NORTE	KM 110-KM 149 (VIA IZQU.)	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.49	0.27	18.12	1.	3.
62	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA CON SELLO ASFALT.	2.64	0.28	10.61	93	5
63	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 86+000	RECAPADO ASFALTICO	1.77	0.36	20.34	3.	2
64	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.45	0.32	22.07	10	2.
65	CARRETERA CENTRAL	KM 0+000-KM 5+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.26	0.26	11.50	2.	8
66	CARRETERA CENTRAL	KM 5+000-KM 7+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.59	0.15	5	36	5
67	CARRETERA CENTRAL	KM 7+000-KM 10+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.30	0.25	79	1.	3.
68	CARRETERA CENTRAL	KM 10+000-KM 40+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.35	0.30	10.87	98	2
69	CARRETERA CENTRAL	KM 40+000-KM 72+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.26	0.36	12.77	2.	5
70	CARRETERA CENTRAL	KM 72+000-KM 86+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.87	0.25	15.93	69	3.
71	CARRETERA CENTRAL	KM 40+000-KM 86+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.13	0.37	13.37	2.	4
72	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 40+700-KM 52+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.58	0.24	17.37	84	9
73	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 52+000-KM 54+600	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.60	0.12	15.19	2.	3.
74	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 54+600-KM 60+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.60	0.16	7	71	0
75	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 60+000-KM 69+800	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.52	0.20	50	2.	7
76	CA1-SENSUNTEPEQUE	KM 69+800-KM 77	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.85	0.23	10.00	84	2.
77	TRONCAL CA1	KM 40+000-KM 50+000	RECAPADO ASFALTICO	2.68	0.39	13.16	2.	9
78	CA2 (DEL LITORAL)	KM 40+000-KM 60+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.32	0.24	12.43	85	9
79	CA2 (DEL LITORAL)	KM 60+000-KM 20+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.91	0.19	14.55	2.	3.
80	AUTOPISTA SUR	CALLE URBANA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.60	0.20	10.34	28	0
81	PANAMERICANA NORTE	KM 44+000-KM 66+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.90	0.34	4	74	2.
82	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	KM 127+100-KM 135+410	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.16	0.55	86	1.	9
83	PANAMERICANA NORTE	KM 143+000-KM 166+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.85	0.27	5	97	8
84	PANAMERICANA NORTE	KM 713+285-KM 766+624	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.98	0.45	56	1.	2.
85	PANAMERICANA NORTE	KM 766+624-KM 769+264	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.13	0.21	17.89	80	9
86	PANAMERICANA NORTE	KM 766+624-KM 769+264	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.64	0.49	17.41	1.	8
87	PANAMERICANA NORTE	KM 772+000-KM 782+119	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.37	0.73	14.59	86	3.
88	PANAMERICANA NORTE	KM 772+000-KM 782+119	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.28	0.58	22.73	1.	3
89	PANAMERICANA NORTE	KM 782+119-KM 784+383	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.24	0.23	9	85	0
90	HUANUCO-TINGO MARIA	KM 442+000 - KM 468+000	BASE GRANULAR	3.46	1.21	86	2.	3.
91	HUANUCO-TINGO MARIA	KM 432+000 - KM 440+000	TRATAMIENTO MICROPAVIM.	2.55	0.43	18.56	23	0
92	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	KM 0+000 - KM 96+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.41	1.20	30.80	3.	4
93	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	KM 0+000 - KM 96+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.66	1.39	25.44	32	3.
94	CUZCO-JULIACA-DESAGUADERO	KM 0+000 - KM 19+000 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.12	0.55	10.27	2.	4
95	AREQUIPA-JULIACA	KM 0+000 - KM 19+000 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	3.29	0.78	34.97	71	9
96	AREQUIPA-JULIACA	LA OROYA-HUANUCO C.D.	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.23	0.24	16.86	4.	3.
97	CARRETERA CENTRAL	LA OROYA-HUANUCO C.I.	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.24	0.28	35.19	22	6
98	CARRETERA CENTRAL	AYACUCHO-HUANTA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	6.65	0.10	37.98	3.	1
99	CARRETERA CENTRAL	HUANTA-MAYOCC	CARPETA ASFALTICA NUEVA	6.65	0.05	17.63	93	3.
100	HUANCAYO-AYACUCHO	PAMPAS-IMPERIAL	CARPETA ASFALTICA NUEVA	7.75	0.10	23.71	2.	5
101	HUANCAYO-AYACUCHO	PAMPAS-MAYOCC	CARPETA ASFALTICA NUEVA	11.00	0.10	19.51	46	6
102	HUANCAYO-AYACUCHO	KM 0+000 - KM 80+000 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.66	0.33	22.58	4.	3.
103	HUANCAYO-AYACUCHO	KM 80+000 - KM 80+000 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.38	0.33	1.	06	5
104	PISCO-AYACUCHO	KM 0+000 - KM 80+000 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.33	0.42	50	2.	7
105	PISCO-AYACUCHO	KM 0+000 - KM 80+000 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.36	0.39	0.	29	3.
106	RIO SECO-DESAGUADERO	KM 0+612-KM 72+750 CD	CARPETA ASFALTICA NUEVA	2.93	0.31	75	2.	3
107	RIO SECO-DESAGUADERO	KM 0+612-KM 72+750 CI	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.87	0.38	1.	72	3
108	PANAMERICANA NORTE	KM 0+000-KM 6+500	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.36	0.25	29	2.	7
109	PANAMERICANA NORTE	KM 6+500-KM 86+000	CARPETA ASFALTICA NUEVA	1.33	0.24	0.	48	3
110	PANAMERICANA NORTE	KM 86+000-KM 91+800	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	1.21	0.29	91	3.	3.
111	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR (CD)	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	1.70	0.59	19.88	45	0
112	HUANUCO-TINGO MARIA	HUANUCO-MIRADOR	CARPETA ASFALTICA	1.68	0.47	23.91	3.	5

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	3.6	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 06:
PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SECTOR EN ESTUDIO

	KM 84	KM 85	KM 86	KM 87	KM 88	KM 89	KM 90			
FENÓMENOS GEODINÁMICOS										
RUGOSIDAD										
CALICATA N°	CV-87	CV-88	CV-89	CV-90	CV-91	CV-92	CV-93	CV-94	CV-95	CV-96
PROGRESIVA	84+500	84+900	85+500	85+900	86+700	87+200	87+820	88+500	89+300	89+750
PROFUNDIDAD	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-0.30	0.00-0.20	0.00-1.50	0.00-1.50	0.00-0.40
HUMEDAD NATURAL										
L L	NT	NT	NT	17.4	24.0	NT	NT	NT	NT	NT
L P	NP	NP	NP	12.5	18.3	NP	NP	NP	NP	NP
I P	NP	NP	NP	4.9	5.7	NP	NP	NP	NP	NP
%PASA MALLA NRO 200	5.5	7.3	4.0	21.9	36.5	17.6	17.3	15.2	16.9	2.5
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-b(0)	A-4(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-c(0)
CLASIFICACION SUCS	GP-GM	GP-GM	GP	SC-SM	SC-SM	SM	GM	GM	GM	SP
PROCTOR (MDS)	2.063							2.244		
CBR (100%)	54.0							67.0		
PROFUNDIDAD						0.30-1.50	0.20-1.50			0.40-1.50
HUMEDAD NATURAL (%)										
L L						24.6	NT			NT
L P						17.8	NP			NP
I P						6.8	NP			NP
%PASA MALLA NRO 200						37.0	22.8			18.6
CLASIFICACION AASHTO						A-4(0)	A-1-b(0)			A-1-b(0)
CLASIFICACION SUCS						SC-SM	SM			GM
PROCTOR (MDS)						2.112				
CBR (100%)						23.9				

ANEXO 07:
MATRIZ DE TRABAJO DE CAMPO

ANEXO 08:
**ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CARRETERA “CAÑETE-DV. YAUYOS -
CHUPACA (RN 22)”**

CUADRO 2.-1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL

CÓDIGO	TRAMO	NOMBRE	TAREA
1.- Volumen y clasificación vehicular			
E 1	Cañete (Imperial)-Lunahuana	Lunahuana	Conteo Continuo
E 3	Lunahuana-Pacaran-Zuñiga	Pacaran	Conteo Continuo
E 3	Zuñiga-Dv. Yauyos-San José de Quero	Zuñiga	Conteo Continuo
E4	San Jose de Quero-Ronchas	Yauyos	Conteo Continuo
E5	Ronchas-Chupaca	Ronchas	Conteo Continuo
2.- Encuesta Origen-Destino			
OD 1	Pacaran-Zuñiga	OD Pacaran	VL + Ómnibus y camiones
OD 2	Dv, Yauyos-Ronchas	OD Yauyos	VL + Ómnibus y camiones
3.- Estudio Peatonal			
	Zuñiga-Dv. Yauyos		Ronchas
	Dv, Yauyos-Ronchas		Magdalena
4, Estudio de Velocidad			
	Pacaran-Zuñiga		Km 212-km 239

Elaboración CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

CUADRO 4-14 MOTIVO DE VIAJE DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

Motivo de Viaje	Tipo de Vehículo			
	Vehículos Ligeros	CR + Micros	Buses	Total
TRABAJO	117	108	5	230
PASEO	13	7		20
Total general	130	115	5	250

Fuente: Estudio de trafico 2008

CUADRO 3-7 RESUMEN CLASIFICADO POR GRANDES GRUPOS DE VEHICULOS DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día)

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

Fuente: Estudio de trafico 2008

CUADRO 3-8 RESUMEN DEL PORCENTAJE DESAGREGADO DEL IMDA POR ESTACION DE CONTROL (veh/día)

Tramo	Cañete-Lunahuana	Lunahuana-Pacaran	Pacaran-Zuñiga	Zuñiga-Dv. Yauyos-San Jose de Quero	San Jose de Quero-Ronchas	Ronchas-Chupaca	Chichicay-Pueblo Nuevo	Pueblo Nuevo-San Juan	Chichicay-Capilluca
Tipo Vehículo	E1	E 2	E 3	E 4	E5	E6	E7	E 8	E 7A
VL (Auto+SW+Camioneta)	70%	50%	53%	40%	63%	74%	51%	43%	26%
Camta Rural+Micro	22%	32%	29%	8%	12%	8%	23%	26%	11%
Ómnibus	1%	2%	2%	15%	2%	2%	2%	3%	6%
Camión Unitario (2,3,4 Ejes)	5%	12%	11%	38%	13%	9%	8%	12%	15%
Camión Acoplado	2%	4%	5%	0%	10%	7%	15%	14%	42%

Fuente: Estudio de trafico 2008

ENCUESTA DE OPINION SOBRE CONDICION DE LA VIA – VEHICULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

Que le parece la carretera	Origen Provincia	Destino Provincia							Opini3n	
		CAÑETE	CHUPACA	CONCEPCION	HUANCAYO	LIMA	YAUYOS	Total		
EXCELENTE	CAÑETE	3					1	4	Aprueba	
	YAUYOS	1				1		2		
BUENA	CAÑETE	15				2	2	19		
	CHUPACA		1	5			1	7		
	CONCEPCION		9	1	1			11		
	HUANCAYO			1			3	4		
	LIMA	2						2		
	YAUYOS	3			2			5		
								11.4%		
REGULAR	CAÑETE	105				1	9	115		Aprueba con restricciones
	CHUPACA		26	38			7	71		
	CONCEPCION		51	2	5			58		
	HUANCAYO		1	7			4	12		
	LIMA	3						3		
	YAUYOS	6	3		8	1		18		
REGULAR CON OBSERVACION	CAÑETE	43				4	7	54		
	CHUPACA		1	4			3	8		
	CONCEPCION		2					2		
	HUANCAYO		1				1	2		
	LIMA	4					6	10		
	YAUYOS	9	1		2			12		
								77.3%		
MALA	CAÑETE	3					1	4	Desaprueba	
	CHUPACA		10	1				11		
	CONCEPCION		3					3		
	LIMA						1	1		
	YAUYOS	2						2		
MUY MALA	CAÑETE	1				1	1	3		
	CHUPACA		8	1				9		
	CONCEPCION		3		1			4		
	HUANCAYO			2			1	3		
	LIMA						1	1		
	YAUYOS	1			1	2		4		
	CAÑETE	3					1	4		
	LIMA	1						1		
YAUYOS	3						3			
								11.2%		
Total general		208	120	62	20	12	50	472		

Fuente: Estudio de Trafico Mayo 2008

ENCUESTA DE OPINION SOBRE CONDICION DE LA VIA – VEHICULOS DE TRANSPORTE DE CARGA												
Que le parece la carretera	Origen Provincia	Destino Provincia									Total	Opini3n
		CALLAO	CAÑETE	CHINCHA	CHUPACA	CONCEPCION	HUANCAYO	LIMA	PISCO	YAUYOS		
BUENA	CALLAO									1	1	Aprueba
	CAÑETE		5					1		1	7	
	CHUPACA					3					3	
	CONCEPCION				1		1				2	
	LIMA		1			1				1	3	
	YAUYOS	1				1		1			3	
REGULAR	CALLAO		2							2	4	Aprueba con observaciones
	CAÑETE	1	9	1						3	14	
	CHUPACA					7		3			10	
	CONCEPCION				5		2	5		1	13	
	HUANCAYO					2				1	3	
	LIMA		1							2	3	
	YAUYOS		1					8			9	
REGULAR CON OBSERVACION	CAÑETE		1							2	3	Aprueba con observaciones
	CONCEPCION						3				3	
	LIMA		2								2	
	YAUYOS		4								4	
MALA	CAÑETE		6							1	7	Desaprueba
	CHINCHA		1								1	
	CHUPACA					1					1	
	CONCEPCION				2		1				3	
	LIMA					1				1	2	
	YAUYOS	3	1					2			6	
MUY MALA	CAÑETE		1						1		2	Desaprueba
	CONCEPCION						2				2	
	HUANCAYO									1	1	
	LIMA									1	1	
	YAUYOS	1	2								3	
Total general		6	37	1	8	16	5	24	1	18	116	

Fuente: Estudio de Trafico Mayo 2008